

Reunión Nacional de Investigación — AGRÍCOLA —

MEMORIA

COMPILADORES
Jesús Uresti Gil y Luis Reyes Muro

ISSN
En trámite



Reunión Nacional de Investigación

AGRÍCOLA

MEMORIA

Compiladores

Jesús Uresti Gil y Luis Reyes Muro

Ciudad de México, 10 al 12 de noviembre de 2021

Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Año 1. Núm. 1. Noviembre de 2021. Es una publicación anual editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Av. Progreso No. 5, Col. Barrio Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, CP. 04010, Tel. 5538718700, <https://www.gob.mx/inifap>, Editor Responsable: Jesús Uresti Gil. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2022-062312101600-102. ISSN: En trámite. Responsable de la última actualización de este número: Luis Reyes Muro. Av. Progreso No. 5, Col. Barrio Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, CP. 04010, Tel. 5538718700, <http://reunionescientificas2021.inifap.gob.mx/Sitio/VisorConv?C=13>

El contenido de los resúmenes incluidos en esta memoria aparece tal y como fueron enviados por sus autores, salvo algunas correcciones de formato para hacerlos coincidir con las indicaciones de la convocatoria y las necesidades de impresión.

Presentación

Las *Reuniones Científicas* son encuentros anuales de los subsectores pecuario, agrícola, forestal y acuícola-pesquero. Investigadores, docentes, técnicos, productores, técnicos, estudiantes, organizaciones y empresas relacionadas con el campo, dan a conocer los adelantos de la ciencia y la tecnología para la producción de los alimentos, materias primas y estrategias para la conservación de los recursos naturales.

Motivados por el lema *Ciencia para Vivir*, en un ambiente crítico ocasionado por el COVID-19, más de veinte instituciones decidieron organizar las *Reuniones Científicas 2021*, con sede virtual en la CDMX.

Las *Reuniones Científicas* brindan espacios virtuales, para ofrecer los resultados de la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación de las cadenas agroalimentarias y recursos forestales.

En 2021, las *Reuniones Científicas* llevarán a cabo las ediciones LVI, XI, XI y VII correspondientes a las Reuniones Nacionales de Investigación Pecuaria, Agrícola, Forestal y Acuícola-Pesquera, respectivamente, en un marco espléndido de colaboración institucional. El programa incluye conferencias magistrales ofrecidas por connotados investigadores, simposios temáticos, foros de trabajos científicos y diálogos de transferencia de tecnología.

Como ha sucedido en reuniones anteriores, las instituciones convocantes otorgarán los *Reconocimientos al Mérito* a destacados investigadores y organizaciones, cuyo legado ha contribuido al acervo científico y tecnológico para el desarrollo rural. Además, estudiantes universitarios recibirán el *Reconocimiento al Talento Joven*, por su aporte a la ciencia.

En diversas situaciones difíciles, los mexicanos hemos sacado la casta, y el desarrollo de la ciencia y tecnología para el campo, Orgullo de México, no es la excepción. La ciencia no se detiene, como se muestra en la vasta cantidad y calidad de resúmenes que integran las respectivas Memorias.

Muchas gracias a las instituciones que hicieron posible la realización de estas *Reuniones Científicas 2021* en beneficio de la sociedad mexicana.

Dr. Victor Manuel Villalobos Arámbula
Presidente del Comité Organizador

COMITÉ DIRECTIVO

PRESIDENCIA

Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula

Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural

VICEPRESIDENCIA

Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque

Encargado del despacho de los asuntos correspondientes a la Dirección General del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

VOCALÍAS

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers

Rector de la Universidad Nacional Autónoma de México

Dr. Juan Antonio Villanueva Jiménez

Director General del Colegio de Postgraduados

Dr. José Solís Ramírez

Rector de la Universidad Autónoma Chapingo

Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo

Rector de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro

Dr. Fernando de León González

Rector de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco

Dr. Gustavo Urquiza Beltrán

Rector de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos

Sr. Oswaldo Guillermo Cházaro Montalvo

Presidente de la Confederación Nacional de Organizaciones Ganaderas

Dr. Leobigildo Córdova Téllez

Director General del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas

Dr. Pablo Roberto Arenas Fuentes

Director General del Instituto Nacional de Pesca y Acuacultura

Dr. Francisco Javier Trujillo Arriaga

Director General del Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

Lic. Luis Meneses Murillo

Director General de la Comisión Nacional Forestal

Lic. Raymundo Vázquez Gómez

Director General del Inca Rural

Act. Jesús Alan Elizondo Flores

Director General de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura

Dra. María Elena Trujillo Ortega

Presidenta de la Academia Veterinaria Mexicana A.C.

M.V.Z. José de Jesús Palafox Uribe

Presidente del Consejo Técnico Consultivo Nacional de Sanidad Animal

Ing. Carlos Enrique González Vicente

Presidente de la Academia Nacional de Ciencias Forestales A.C.

Dr. José Sarukhán Kermez

Coordinador Nacional de la Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

M.C. Ignacio Tovar Cortez

Presidente de la Asociación Mexicana de Profesionales Forestales A.C.

COMITÉ ORGANIZADOR NACIONAL

| | | |
|--|---|--------------------------------------|
| PRESIDENCIA | Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula Secretario de Agricultura y Desarrollo Rural | AGRICULTURA |
| VICEPRESIDENCIA | Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque Encargado del despacho de los asuntos correspondientes a la Dirección General del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias | INIFAP |
| COORDINACIÓN GENERAL | Dr. César Augusto Mejía Guadarrama | INIFAP |
| COORDINACIÓN DE LA REUNIÓN CIENTÍFICA | Dr. Francisco Suárez Güemes Dra. Gabriela Gómez Verduzco | UNAM UNAM |
| COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO PECUARIO | Dr. Luis Ortega Reyes Dr. Miguel Enrique Arechavaleta Velasco | INIFAP INIFAP |
| COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO AGRÍCOLA | Dr. José Antonio Cueto Wong Dr. Jesús Uresti Gil | INIFAP INIFAP |
| COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO FORESTAL | Dr. Rogelio Flores Velázquez | INIFAP |
| COORDINACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO ACUÍCOLA-PESQUERO | Ocean. Juan Carlos Lapuente Landero M.C. Hiram Castro Garibay | INAPESCA INAPESCA |
| COMPILACIÓN DE MEMORIA CIENTÍFICA | Dr. Luis Reyes Muro Dr. Miguel Arechavaleta Velasco Dr. Ana María Anaya Escalera Dr. Jesús Uresti Gil | INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP |

| | | |
|---|---|--|
| | Dr. Rogelio Flores Velázquez | INIFAP |
| | Ing. Elba Rojas Díaz | INIFAP |
| | M.C. Hiram Castro Garibay | INAPESCA |
| COORDINACIÓN DE LAS CONFERENCIAS MAGISTRALES | Dra. Edith Rojas Anaya | INFAP |
| COORDINACIÓN DE LOS SIMPOSIOS | Dra. Edith Rojas Anaya | INFAP |
| COORDINACIÓN DEL DIÁLOGO CONVERSATORIO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA | Dr. Luis Reyes Muro | INIFAP |
| COORDINACIÓN DEL RECONOCIMIENTO A LOS MÉRITOS PECUARIO, AGRÍCOLA, FORESTAL Y ACUÍCOLA PESQUERO | Dr. Luis Ortega Reyes Dr. José Antonio Cueto Wong Dr. Rogelio Flores Velázquez Ocean. Juan Carlos Lapuente Landero | INIFAP INIFAP INIFAP INAPESCA |
| COORDINACIÓN DE LA EXPOSICIÓN DE STANDS VIRTUALES | Dr. Luis Reyes Muro | INIFAP |
| COORDINACIÓN DE LA CONVOCATORIA TALENTO JOVEN | Mtra. Sindy Laura Campero Vega | INIFAP |
| COORDINACIÓN DE PROMOCIÓN, DIFUSIÓN Y PRENSA | Mtra. Sindy Laura Campero Vega Lic. Lucy Liliana Palacios Castellanos Lic. Nataly López López Lic. Blanca Pahola Santos Flores | INIFAP INIFAP INIFAP INIFAP |
| PÁGINA WEB Y PLATAFORMA VIRTUAL | LSC. José Manuel Rivera Perusquía Ing. Alejandro Pérez Pérez Ing. Enrique Rivera Perusquía | INIFAP INIFAP INIFAP |

| | |
|---|--------|
| C. Carlos Castillo Mendoza | INIFAP |
| C. Juan Manuel Guerrero Cruz | INIFAP |
| C. Luis Valentín Mata Mota | INIFAP |
| Ing. Luis Ángel López Martínez | INIFAP |
| C. Brian Ricardo Chávez García | INIFAP |
| Lic. Pablo Rodríguez Camacho | INIFAP |
| C. Roberto Antonio Trejo Valle | INIFAP |

OPERACIÓN Y LOGÍSTICA

| | |
|---|--------|
| Dr. Luis Ortega Reyes | INIFAP |
| M.C. Noemí Alejandra Corona González | INIFAP |
| Dr. Luis Reyes Muro | INIFAP |
| Lic. Roselina Armendáriz Sánchez | INIFAP |
| M.V.Z. José Israel Vázquez Pallares | INIFAP |
| Lic. Frida Eloísa Contreras Ramírez | INIFAP |
| Lic. Mario Guerrero González | INIFAP |

COMITÉ CIENTÍFICO

PRESIDENTE

Jesús Uresti Gil

COORDINADORES DE REVISORES CIENTÍFICOS

Benjamín Zamudio González
César del Ángel Hernández Galeno
Héctor Daniel Inurreta Aguirre
Jorge Herrera Martínez
José Antonio Espinosa García
José Isabel López Arroyo
Mario Martín González Chavira
Miguel Ángel Cano García

REVISORES CIENTÍFICOS

Alejandro Ledesma Miramontes
Alejandro Perez Rosales
Ana Aurora Fontes Puebla
Andrés Vázquez Hernández
Antonio Martínez Ruiz
Armando Aguado Santacruz
Aurelio Báez Pérez
Bernardo Villar Sánchez
Bertha Patricia Zamora Morales
Blanca Isabel Sánchez Toledano
Brenda Zulema Guerrero Aguilar
Carlos Hugo Avendaño Arrazate
Carlos Tinoco Alfaro
Casimiro Ordoñez Prado
Cecilia Rocío Juárez Rosete
Claudia Tania Lomas Barrié
Cruz Alfredo Tapia Naranjo
David Heriberto Noriega Cantú
Diana Uresti Durán
Edgar Couttolenc
Edgardo Bautista Ramírez
Edgardo Cortez Mondaca
Eduardo Garrido Ramírez
Eduardo Raymundo Garrido
Ramírez

Edwin Barrios Gómez
Edwin Javier Barrios Gómez
Elibeth Torres Benítez
Emiliano Loeza Kuk
Emiliano Villordo Pineda
Enrique González Pérez
Enrique Inoscencio Canales Islas
Enrique Noé Becerra Leor
Erica Muñiz Reyes
Ernesto González Gaona
Filiberto Anzures Olvera
Gabriel Díaz Padilla
Hugo Ernesto Flores López
Hugo Tosquy Valle
Ignacio Orona Castillo
Ignacio Sánchez Cohen
Isaac Meneses Márquez
Isidro Humberto Almeyda León
Ismael Fernando Chávez Díaz
Itzel Galaviz Villa
Jaime López Martínez
Jaime Mena Covarrubias
Javier Ireta Moreno
Jeremías Nataren Velazquez
Jesús Asunción López Guzmán

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Jesús Martínez Sánchez | Mercedes Borja Bravo |
| Jhibran Ferral Piña | Miguel Ángel Cano García |
| Jorge López Collado | Misael Martínez Bolaños |
| José Concepción García Preciado | Moisés Felipe Victoriano |
| José de Jesús Maldonado Méndez | Mónica Lozano Contreras |
| José Joaquín Velázquez Monreal | Nicolás Maldonado Moreno |
| José Luis Jolapa Barrera | Octavio González Chávez |
| José Luis Pons Hernández | Oscar Martín Antunez Ocampo |
| Juan Ángel Quijano Carranza | Pablo Zaldívar Martínez |
| Juan Apolinar Aguilar Castillo | Patricia Rivas Valencia |
| Juan Eduardo Murillo Hernández | Puente Valenzuela Cristo Omar |
| Juan Estrada Avalos | Rafael Ariza Flores |
| Juan Jasso Argumedo | Rafael Gómez Jaimés |
| Juan José Pacheco Covarrubias | Rafael Guajardo Panes |
| Juan Manuel Martínez Reyna | Raúl Díaz Plaza |
| Karen Hernández Carmona | Raúl Rodríguez Guerra |
| Kenzy Iveth Peña Carrillo | Reyna I. Torres Acosta |
| Leodegario Osorio Alcalá | Ricardo Yañez López |
| Liliana Lara Capistrán | Rigoberto Zetina Lezama |
| Lily X. Zelaya Molina | Rocío Toledo Aguilar |
| Lizette Cicero Jurado | Rogelio Miranda Marini |
| Lorena Jacqueline Gómez Godínez | Romualdo Vásquez Ortiz |
| Lucila González Molina | Rosendo Hernández Martínez |
| Luis Antonio Gálvez Marroquín | Rubén García Silva |
| Luis Eduardo García Mayoral | Salvador Villalobos Reyes |
| Luis M. Hernández Fuentes | Sandra Eloisa Rangel Estrada |
| Luis Mario Tapia Vargas | Santiago Domínguez Monge |
| Manuel Fortis Hernández | Sergio R. Sánchez Peña |
| Manuel Mora Gutiérrez | Simitrio Ortiz Curiel |
| María Alejandra Mora Avilés | Veronica Mariles Flores |
| Maríanguadalupe Hernández Arenas | Víctor Hugo Díaz Fuentes |
| Mario A. Miranda Salcedo | Víctor Manuel Coria Avalos |
| Mario A. Rocha Peña | Víctor Montero Tavera |
| Mario A. Urías López | Víctor Rodríguez Moreno |
| Mario Orozco Santos | Virgilio Arenas Fuentes |
| Mario Rafael Fernandez Montes | William Zárate Martínez |

ÍNDICE DE SECCIONES

| SECCIÓN | Páginas |
|--|----------------|
| AGUA, SUELO, AGROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO | 1 – 83 |
| BIOTECNOLOGÍA Y GENÓMICA | 84 – 190 |
| FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL | 191 – 280 |
| MANEJO AGRONÓMICO | 281 – 418 |
| RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORAMIENTO | 419 – 663 |
| SANIDAD VEGETAL | 664 – 850 |
| SOCIOECONOMÍA Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA | 851 – 966 |
| BIOENERGÍA | 967 – 970 |

ÍNDICE DE RESUMENES

| | |
|---|----------|
| AGUA, SUELO, AGROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO..... | 1 |
| DENSIDAD APARENTE COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA CON USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS | 2 |
| PRONÓSTICO QUINCENAL DE LLUVIA PARA EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL ALTIPLANO MEXICANO: PERIODO DE LA CANÍCULA..... | 6 |
| RENDIMIENTO RELACIONADO CON LA PRECIPITACION PLUVIAL OCURRIDA DURANTE LAS ETAPAS DE DESARROLLO DE LA SOYA EN EL SUR DE TAMAULIPAS..... | 10 |
| PARÁMETRO BIOFÍSICO DE UN HIBRIDO DE MAÍZ DETERMINADO A PARTIR DE IMÁGENES AÉREAS | 14 |
| LOCALIZACIÓN ESPACIAL DE REGIONES CON POTENCIAL PRODUCTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE MORINGA EN MÉXICO..... | 18 |
| AGUAS RESIDUALES TRATADAS: UNA FUENTE DE AGUA, NUTRIENTES Y ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE CEBADA EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS..... | 22 |
| MODELO DE CLASIFICACION DE SERIES DE TIEMPO PARA GENERAR UN INDICE DE SEQUÍA | 26 |
| TURBIDEZ, SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN Y SOBRE EL LECHO EN EL SISTEMA LAGUNAR CHACAHUA-PASTORÍA, OAXACA, MÉXICO | 31 |
| AJUSTE LATITUDINAL AL VALOR INDIRECTO DE EVAPOTRANSPIRACION (ET) EN MEXICO | 34 |
| CRITERIOS DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE CEBOLLA (<i>Allium cepa</i> L.) BASADOS EN EL MONITOREO DE LA HUMEDAD DEL SUELO..... | 39 |
| PRODUCCIÓN DE GRANO DE DOS VARIEDADES DE CEBADA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN CONDICIONES DE TEMPORAL..... | 43 |
| BAGAZO COMO ALTERNATIVA DE CONSERVACION DE HUMEDAD EN EL CAMPO CAÑERO DEL INGENIO LA MARGARITA S.A. DE C.V. | 47 |
| PERIODO DE HELADAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA | 51 |
| DIVERSIDAD FÚNGICA DE CEPAS NATIVAS EN SUELOS CAFETALEROS ORGÁNICOS DE OAXACA..... | 54 |
| USO DEL AGUA EN PITAHAYA (<i>Hylocereus undatus</i>) EN DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO | 57 |
| CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS..... | 61 |
| ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA USANDO DATOS DE REANÁLISIS..... | 64 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 66 |
| ANALISIS DEL RENDIMIENTO DE AJO CON RELACIÓN A LA ACUMULACIÓN DE FRÍO EN AGUASCALIENTES | 69 |
| EL ESTRÉS TÉRMICO EN TOMATE PARA DEFINIR HORARIO DE RIEGO..... | 72 |
| EVALUACIÓN DE VARIABLES INVOLUCRADAS EN RIEGO SUPERFICIAL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN EL MÓDULO 004 “DON MARTÍN” | 76 |
| PRONÓSTICO DE NIVELES DE AGUA EN EL ACUÍFERO DEL SISTEMA LAGUNAR CHACAHUA-PASTORÍA | 80 |

| | |
|---|-----|
| BIOTECNOLOGÍA Y GENÓMICA | 84 |
| PROTEÍNAS DE UNIÓN A OLORES Y QIMIOSENSORIALES DEL DESCORTEZADOR DE LAS ALTURAS <i>Dendroctonus adjunctus</i> (Curculionidae: Coleoptera)..... | 85 |
| IDENTIFICACIÓN DE PROTEÍNAS ACARREADORAS DE OLORES EN EL PICUDO DEL CHILE <i>Anthonomus eugenii</i> | 90 |
| EXPRESIÓN GÉNICA DE EXPANSINAS DURANTE LA MADURACIÓN DEL FRUTO DE GUANÁBANA (<i>Annona muricata</i> L.) | 94 |
| IDENTIFICACIÓN DE SNP'S EN ESPECIES DEL GÉNERO <i>Phaseolus</i> PARA CREACIÓN DE PANEL DE CARACTERIZACIÓN GENOTÍPICA | 98 |
| SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA RESISTENTE A <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> | 102 |
| APLICACIÓN <i>IN VITRO</i> DE QUITOSANO Y ETANOL CONTRA EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE <i>RHIZOPUS STOLONIFER</i> AISLADO DE FRUTOS DE YACA..... | 105 |
| Inducción de callos y regeneración de <i>Brassica oleracea</i> var. Capitata cultivar Blue Vantage en cultivo <i>in vitro</i> | 109 |
| ¿ES POSIBLE MONITOREAR CALIDAD EN CERVECERÍA ARTESANAL?..... | 113 |
| EFECTO DE LA PRESENCIA DE IMPUREZAS SOBRE EL PESO MOLECULAR DE β -GLUCANOS EXTRAÍDOS DE CEBADA..... | 117 |
| INDUCCIÓN DE TOLERANCIA A CRIOGENIA EN <i>Solanum tuberosum</i> MEDIADA POR ENZIMAS ANTIOXIDANTES Y CONTENIDO DE PERÓXIDO DE HIDROGENO..... | 120 |
| EL ÁCIDO SALICÍLICO INDUCE TOLERANCIA A HELADA Y LAS TEMPERATURAS ULTRABAJAS EN <i>Solanum tuberosum</i> L" | 124 |
| microRNAs EN EL ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA TUNA (<i>Opuntia spp</i>)..... | 128 |
| EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA REPRODUCCIÓN VEGETATIVA DE <i>Echeveria</i> | 132 |
| POTENCIAL ANTAGÓNICO DE TRES ESPECIES DE STREPTOMYCES CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS | 136 |
| EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE EMULSIONES DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA EL GUSANO DEL FRUTO, EN TOMATE CULTIVADO EN TRASPATIO..... | 139 |
| GENES INVOLUCRADOS CON LA FIJACIÓN DE NITRÓGENO EN RHIZOBACTERIAS, IDENTIFICADOS CON DIFERENTES SOFTWARE ESTADÍSTICOS DE DATOS OBTENIDOS CON RNA-SEQ..... | 142 |
| EVALUACIÓN DE SEGMENTOS DE HOJA DE <i>Laelia autumnalis</i> PARA USO EN ORGANOGÉNESIS MEDIADO POR ÁCIDO SALICÍLICO | 146 |
| EXPRESIÓN DIFERENCIAL DE LOS GENES <i>PL15</i> Y <i>GUN</i> EN FRUTO MADURO DE GUANÁBANA (<i>Annona muricata</i> L.) | 150 |
| TÉCNICA SQUASH UTILIZADA EN MERISTEMOS APICALES EN CEBOLLA (<i>Allium cepa</i>) Y CHILE (<i>Capsicum annuum</i>) | 154 |
| EFECTO DE MICRORNAs EN LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE CULTIVO DE RAÍCES <i>IN VITRO</i> DE CEMPAXÚCHITL (<i>Tagetes erecta</i>)..... | 157 |

| | |
|--|-----|
| VARIACIONE GENOTÍPICA A LA ORGANOGÉNESIS EN PLANTAS DE PLÁTANO MACHO (<i>Musa AAB subgrupo Plantain</i>) SELECCIONADAS POR RENDIMIENTO | 161 |
| EFFECTO FITOTOXICO DE METABOLITOS DE ACTINOMICETOS | 164 |
| ACLIMATIZACIÓN Y DESARROLLO FENOLÓGICO DE PLANTAS SELECTAS DE TOMATE DE CASCARA (<i>Physalis ixocarpa</i> Brot. ex Horm.) OBTENIDAS POR CULTIVO <i>in vitro</i> | 168 |
| DESARROLLO DE UN EFICIENTE Y REPRODUCIBLE METODO DE EXTRACCIÓN DE ADN DE CHILCUAGUE (<i>Heliopsis longipes</i>)..... | 171 |
| COMPARACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ESTRUCTURAS VEGETALES DE DOS ÁRBOLES DE AGUACATE EN CONDICIONES <i>in vitro</i> | 175 |
| USO DE FITORREGULADORES EN LA GENERACIÓN DE BROTES PARA ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO <i>In vitro</i> DE PLANTAS DE AGUACATE | 178 |
| EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE ANTICUERPOS IgY CONTRA EL ANTÍGENO C6XFB8 OBTENIDO DE <i>Candidatus Liberibacter asiaticus</i> | 182 |
| HEREDABILIDAD GENÓMICA DE CARACTERÉS DE INTERÉS AGRONÓMICO EN UNA POBLACION F2 DE MAÍZ | 186 |
| FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL | 191 |
| CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL DE <i>Opuntia ficus- indica</i> (L.) Mill, VARIEDAD MILPA ALTA..... | 192 |
| APLICACIÓN DE FUENTES ACIDIFICANTES AL SUELO Y SU EFECTO EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.. | 196 |
| INNOVACIONES TECNOLÓGICAS SUSTENTABLES PARA NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE LIMÓN MEXICANO, EN LA REGIÓN DE TIERRA CALIENTE, MICHOACÁN..... | 199 |
| VARIABLES QUÍMICAS Y FÍSICAS EN EL COMPOSTAJE DE MEZCLAS DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN EL BAJÍO, MÉXICO | 204 |
| Fertilización foliar con Calcio y Silicio en el crecimiento y nutrición del cultivo de arándano, <i>Vaccinium corymbosum</i> L. var. Biloxi..... | 208 |
| NUTRICIÓN QUIMICA EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE AGUACATE CULTIVAR HASS EN MICHOACÁN. | 212 |
| EXTRACCIÓN DE NITROGENO DEL CULTIVO DE CHÍA (<i>Salvia hispánica</i> L.) BAJO FERTILIZACIÓN ORGANOMINERAL Y USO DE MICORRIZA | 216 |
| Dosis óptima de fertilización para <i>Heliconia latispatha</i> en fase de vivero | 219 |
| FERTILIDAD DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS | 222 |
| EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL Y ORGÁNICA SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO DE MAIZ EN TEMPORAL Y CARBON ORGANICO DEL SUELO..... | 225 |
| EVALUACIÓN DE INOCUIDAD DE PRODUCTOS ORGÁNICOS ELABORADOS ARTESANALMENTE POR PRODUCTORES PARA SU AUTOSUFICIENCIA EN SU SISTEMA PRODUCTO | 229 |
| EXTRACCIÓN DE FÓSFORO EN EL CULTIVO DE CHÍA (<i>Salvia hispánica</i> L.) BAJO FERTILIZACIÓN ORGANOMINERAL Y USO DE MICORRIZA | 232 |

| | |
|---|-----|
| FERTILIZACIÓN CON COMPOSTA Y BIOL EN LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE CILANTRO (<i>Coriandrum sativum</i> L.) | 235 |
| RELACIÓN NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺ Y SU EFECTO EN ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN PIMIENTO | 239 |
| BACTERIAS ENDÓFITAS DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum officinarum</i>) COMO POTENCIALES BIOFERTILIZANTES | 242 |
| FERTILIDAD DE SUELOS CAÑEROS EN LA ZONA SUR DEL ESTADO DE MORELOS | 245 |
| ¿WALKLEY-BLACK CUANTIFICA CARBÓN ORGÁNICO O ELECTRONES? | 249 |
| EVALUACIÓN DE LIXIVIADO EN LA PRODUCCIÓN DE FRESAS, ACELGAS Y LECHUGA DE BOLA BAJO UN SISTEMA ORGÁNICO | 253 |
| ROTACIÓN DE CULTIVOS Y APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS PARA MANEJO EFICIENTE DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE TRIGO EN EL BAJÍO | 257 |
| PROPAGACIÓN DE FRESAS MEXICANAS EN AGRICULTURA PROTEGIDA. | 262 |
| EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZANTE PARA CÉSPED EN TRES GENOTIPOS DE ZACATE BÚFALO (<i>Bouteloua dactyloides</i>) | 265 |
| EFECTO DE <i>Erwinia tasmaniensis</i> SOBRE EL CRECIMIENTO DE CHILE SERRANO EN CONDICIONES LIMITATIVAS DE FOSFATO | 269 |
| EFECTO DE <i>Bacillus Mojavensis</i> SOBRE EL CRECIMIENTO DE CHILE SERRANO EN CONDICIONES LIMITATIVAS DE HIERRO (Fe) | 273 |
| ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL DE HONGOS FILAMENTOSOS EN UN SUELO CON RESIDUOS DE SORGO | 277 |
| MANEJO AGRONÓMICO | 281 |
| EMPLEO DE QUITOSANO COMO ALTERNATIVA AL CONTROL QUÍMICO DE <i>BOTRYTIS CINEREA</i> EN ARÁNDANO (<i>Vaccinium corymbosum</i>) POSTCOSECHA | 282 |
| DINÁMICA TEMPORAL DEL ESTATUS HÍDRICO DE TRIGO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO EVALUADA POR IMÁGENES RGB OBTENIDAS POR DRON | 285 |
| EVALUACIÓN DE INDICES DE VEGETACIÓN DE LUZ VISIBLE Y SU CORRELACION CON COBERTURA Y RENDIMIENTO DE TRIGO | 289 |
| USO DE FUENTES ORGANOMINERALES EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE JITOMATE | 293 |
| MANEJO AGRONÓMICO DE ÁRBOLES DE LIMÓN MEXICANO EN PRODUCCIÓN CON HLB | 297 |
| RESPUESTA DE MAZ, FRIJOL Y TRIGO BAJO AGRICULTURA DE CONSERVACION, EN CONDICIONES LIMITANTES DE HUMEDAD, EN LA MIXTECA DE OAXACA. | 300 |
| PRODUCTIVIDAD DE CHILES NATIVOS (<i>Capsicum</i> spp.) CULTIVADOS EN INVERNADERO | 304 |
| SUSTENTABILIDAD REGIONAL: CONSERVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD EN AGRICULTURA DE TEMPORAL. . | 307 |
| EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE SANDÍAS REGULARES (<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. y Nakai) EN PRIMAVERA | 311 |

| | |
|--|-----|
| EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MINISANDÍAS (<i>Citrullus lanatus</i> (Thunb.) Matsum. y Nakai) CON Y SIN PORTAINJERTO | 314 |
| EL CONSUMO DE FRIJOL OBTENIDO BAJO RESTRICCIÓN HÍDRICA DISMINUYE EL PESO CORPORAL DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETA ALTA EN GRASA | 317 |
| Determinación del sustrato óptimo para <i>Heliconia latispatha</i> en fase de vivero | 321 |
| PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS DE TUNA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE RIEGO Y ALMACENAMIENTO POSCOSECHA..... | 324 |
| ACUMULACIÓN DE PROLINA EN CLADODIOS PRODUCTIVOS DE NOPAL TUNERO SOMETIDO A RIEGO SUPLEMENTARIO..... | 327 |
| REVALORACIÓN DE PÉRDIDA DE MASA Y CALIDAD POSTCOSECHA DE LA TUNA..... | 331 |
| CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HONGOS FITOPATÓGENOS ASOCIADOS A ORÉGANO CULTIVADO BAJO CUBIERTA | 335 |
| EFFECTIVIDAD DE HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES CON NIVELES DE FÓSFORO EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE <i>Stevia rebaudiana</i> Bertoni..... | 338 |
| CAPACIDAD DE REBROTE DE <i>GLIRICIDIA SEPIUM</i> EN EL ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL..... | 342 |
| POTENCIAL PRODUCTIVO DE DIFEENTES VARIEDADES DE MAIZ EN LA ZONA PRODUCTORA DE CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA..... | 346 |
| CRECIMIENTO Y DESARROLLO FOLIAR DE LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i> L.) TIPO BATAVIA EN INVERNADERO | 350 |
| Productividad del material de arroz Lombardía FLAR 13, adaptado a la zona arroceras del Valle de Apatzingán Michoacán | 355 |
| PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE HIGUERILLA EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES | 359 |
| CAPTURA DE CARBONO CON PRÁCTICAS DE MANEJO AGRONÓMICO EN MAÍZ PARA GRANO DE TEMPORAL..... | 363 |
| INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN <i>SOLANUM TUBEROSUM</i> L. BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA | 367 |
| Caracteres ecofisiológicos y numéricos del rendimiento en haba afectados por el cultivar, densidad de población y sistema de siembra | 371 |
| MODIFICACION DE COSECHA E INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL MANGO 'ATAULFO' MEDIANTE LA PODA | 375 |
| HÍBRIDOS VARIETALES NO CONVENCIONALES DE MAÍZ AMARILLO PARA VALLES ALTOS DE TLAXCALA | 379 |
| PLANTAS DE ALGODONERO (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO Y TRATADAS CON OSMOPROTECTORES..... | 383 |
| Papaya injertada y cultivada a campo abierto en el pacífico de México | 387 |
| ESTRATEGIAS DE MANEJO AGRONÓMICO EN SOYA DE SIEMBRAS TARDIAS EN CAMPECHE | 391 |
| Líneas seleccionadas de papaya para la conservación de características..... | 395 |

| | |
|---|-----|
| INFLUENCIA DE OCHO ESPECIES DE SOMBREADO EN EL RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE CAFÉ COSTA RICA-95 | 399 |
| RENDIMIENTO DE MATERIALES GENÉTICOS DE MAÍZ EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN SUELOS PROFUNDOS DE YUCATÁN, MÉXICO..... | 403 |
| INCIDENCIA DE AFLATOXINAS EN GRANO DE MAÍZ BLANCO POR EL MÉTODO DE LABRANZA..... | 407 |
| EFFECTO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACION EN LA FERTILIZACIÓN N-P-K Y PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS..... | 411 |
| EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS. | 415 |
| RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE GARBANZO EN SIEMBRA TARDÍA EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS. | 417 |
| RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORAMIENTO | 419 |
| EFFECTO DEL TAMAÑO DE FRUTO EN ALGUNOS CARACTERES MÉTRICOS DE LA SEMILLA DE CALABAZA CHIHUA (<i>Cucurbita argyrosperma</i> Huber) COLECTADA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO. | 420 |
| COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CRUZAS EXPERIMENTALES DE TRIGO BAJO SISTEMA DE RIEGO LIMITADO | 423 |
| DIVERSIDAD DEL GERMOPLASMA DE FRIJOL CRIOLLO E INTRODUCIDO EN EL SUR DE NUEVO LEÓN..... | 428 |
| DIVERSIDAD DEL GERMOPLASMA DE AGUACATE CRIOLLO EN EL SUR DE NUEVO LEÓN | 432 |
| CARACTERES CUANTITATIVOS DE PLANTAS M ₁ DE TRES GENOTIPOS DE CHILE APAXTLECO POR LA IRRADIACIÓN GAMMA | 436 |
| CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN ELOTE DE CRUZAS DE MAÍZ MORADO CULTIVADAS EN DOS LOCALIDADES | 439 |
| MEJORAMIENTO CONVERGENTE MASIVO EN LÍNEAS TROPICALES Y SUBTROPICALES DE MAÍZ..... | 442 |
| EVALUACIÓN DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MAÍZ EN EL SUBTRÓPICO DE GUERRERO..... | 445 |
| “PLÉYADES”, VARIEDAD DE AJO BLANCO TIPO PERLA” | 448 |
| EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE GRANO EN GENOTIPOS DE CEBADA IMBERBE | 451 |
| CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE LA ESPECIE <i>Gossypium hirsutum</i> EN EL ESTADO DE OAXACA | 454 |
| PRODUCCIÓN DE PEPITA DE ACCESIONES NATIVAS DE CALABAZA EN EL ESTADO DE TLAXCALA | 457 |
| DIVERSIDAD GENÉTICA BASADA EN RASGOS MORFOLÓGICOS EN ACCESIONES DE RAZAS DE MAÍZ PIGMENTADO | 461 |
| CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE GRANO Y CALIDAD TORTILLERA EN POBLACIONES DE MAÍZ DE LA SIERRA DE MANANTLÁN, JALISCO | 464 |
| EFFECTO DE NIVELES DE ÁLCALI EN EL CONTENIDO DE FENOLES EN TORTILLAS DE MAÍCES CON PIGMENTOS ANTOCIANO DURANTE SU ALMACENAMIENTO..... | 468 |
| COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE NUEVOS HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (<i>Saccharum spp.</i>) BAJO TEMPORAL EN LA REGIÓN DE COLIMA | 472 |
| VIRULENCIA DE AISLAMIENTOS DE <i>Fusarium spp.</i> , ASOCIADOS A LA PUDRICIÓN DE TALLO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) EN AGUASCALIENTES, MÉX. | 476 |

| | |
|--|-----|
| VARIACIÓN DE CARACTERES CUANTITATIVOS EN CHILES POBLANOS CRIOLLOS DEL BAJÍO | 480 |
| EL BANCO DE GERMOPLASMA DE CÍTRICOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL GENERAL TERÁN: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL..... | 484 |
| CONSERVACIÓN DE AJO (<i>Allium sativum</i> L.) VARIEDAD HUERTEÑO EN DIFERENTES CONDICIONES DE CRECIMIENTO MÍNIMO | 487 |
| VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD RÍO BRAVO C2018 EN EL NOROESTE DE MÉXICO | 490 |
| DURAZNO “BRIZNA” PARA REGIONES CON BAJA OCURRENCIA DE HELADAS..... | 493 |
| PRODUCTIVIDAD DE CHILE XCAT IK EN INVERNADERO Y VARIABILIDAD EN LA FORMA DE FRUTO..... | 498 |
| VCS-FUEGO: VARIEDAD DE SORGO DOBLE PROPÓSITO PARA EL ESTADO DE SINALOA..... | 502 |
| RUBI, VARIEDAD DE AVENA (<i>Avena sativa</i> L.) PARA SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO RUBI, OAT CULTIVAR (<i>Avena sativa</i> L.) FOR SEASONAL PLANTING IN MEXICO..... | 505 |
| RAVI F2021: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA ÁREAS DE RIEGO EN MÉXICO | 508 |
| TERRE F2021: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO..... | 512 |
| CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y NUTRICIONAL DE 10 ACCESIONES DE <i>Phaseolus vulgaris</i> L.: BUSCANDO LA BIOFORTIFICACIÓN..... | 516 |
| INCREMENTO DEL RENDIMIENTO DEL TRIGO EN VIVEROS DE RASGOS ADAPTADOS AL ESTRÉS (SATYN) | 520 |
| RENDIMIENTO EN VARIEDADES DE TRIGO FUERTE CON TRES DOSIS DE FERTILIZACIÓN | 524 |
| COMPORTAMIENTO EN RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO A TRAVÉS DE CINCO CICLOS..... | 528 |
| HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ, PRODUCTO DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO REALIZADO EN CHIAPAS | 531 |
| ADAPTACIÓN DE NUEVAS LÍNEAS DE TRIGO DESARROLLADAS PARA EL BAJÍO..... | 535 |
| MAÍCES AMARILLOS, OTRA OPCIÓN PARA CULTIVAR EN CHIAPAS | 538 |
| EVALUACION DE GENOTIPOS DE GARBANZO EN TERRENOS INFESTADOS CON <i>Fusarium</i> spp EN SISTEMA DE GOTEIO..... | 541 |
| INDICADOR DE TOLERANCIA A ESTRÉS POR SEQUÍA Y SALINIDAD EN ARROZ..... | 545 |
| EVALUACIÓN DE VARIEDADES E HÍBRIDOS DE HIGUERILLA <i>Ricinus communis</i> L. EN EL VALLE DE APATZINGAN, MICHOACAN..... | 549 |
| REPRESENTATIVIDAD AMBIENTAL Y DE APTITUD AGROCLIMÁTICA DE LA COLECCIÓN DE FRIJOL (<i>Phaseolus</i> spp.) DEL CENTRO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS | 553 |
| IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO GRANO, PARA TAMAULIPAS Y REGIONES PRODUCTORAS DE MÉXICO..... | 557 |
| PARÁMETROS GENÉTICOS EN PROGENITORES Y PROGENIES DE CRUZAS DE CHILE (<i>Capsicum annuum</i> L.) GUAJILLO POR PUYA Y ÁRBOL..... | 560 |
| XOCHITL F2021: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO . | 564 |

| | |
|--|-----|
| EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO EN SEMILLAS DE <i>Phaseolus vulgaris</i> L..... | 568 |
| RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AZUL Y SU ADAPTABILIDAD EN LOCALIDADES DE ALTA, MEDIANA Y BAJA PRODUCTIVIDAD DE LOS VALLES ALTOS | 572 |
| APTITUD COMBINATORIA PARA EL RENDIMIENTO DE POBLACIONES DE MAÍZ AZUL DE VALLES ALTOS | 576 |
| DOSIS DE RADIACIÓN GAMMA Y SU RELACIÓN CON LA SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS EN VARIEDADES DE SORGO (<i>Sorghum bicolor</i> Moench)..... | 580 |
| VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD ISABEL ORO C2018 EN EL NOROESTE DE MÉXICO | 583 |
| CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE UNA COLECTA DE PARIENTES SILVESTRES DE FRIJOL EN LA REGIÓN DEL BAJÍO, MÉXICO | 586 |
| PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DE GRANO DE CRUZAS TRILINEALES COMBINANDO DOS PATRONES HETEROTICOS DE MAÍZ | 590 |
| EVALUACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE CHILE POBLANO BAJO INVERNADERO EN EL SURESTE DE COAHUILA..... | 594 |
| POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE GRANO DE AVENA (<i>Avena sativa</i> L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA | 597 |
| CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA EN AGUA DE TRES VARIEDADES EN COCOTERO (<i>Cocos nucifera</i> L.) | 601 |
| EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA DE QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> willd.) EN LOS VALLES ALTOS DEL CENTRO DE MÉXICO | 604 |
| VARIABILIDAD GENÉTICA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN EN QUINUA (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)..... | 608 |
| CALIDAD INDUSTRIAL GALLETERA DE MEZCLAS DE HARINA INTEGRAL DE AMARANTO Y TRIGO | 612 |
| H-391 Y H-392, NUEVOS HIBRIDOS TRILINEALES DE MAIZ DE ENDOSPERMO BLANCO PARA LA REGION CENTRO-OCCIDENTE DE MEXICO | 615 |
| UNA APROXIMACION AL DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE FERMENTACIÓN EN 13 GENOTIPOS DE CACAO | 618 |
| CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA Y DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE VARIEDADES CRIOLLAS Y CHILES SILVESTRES (<i>Capsicum</i> spp) EN CAMPECHE, MÉXICO | 621 |
| HONGOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL ASOCIADOS A LA RAZA DE MAIZ “ELOTES CÓNICOS” | 625 |
| determinación de INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SABOR EN FRUTOS DE DIVERSOS GENOTIPOS DE GUAYABO | 629 |
| CARACTERIZACIÓN de la DIVERSIDAD DE GERMOPLASMA DE GUAYABO CON | 632 |
| CAPACIDAD DE DOCE VARIEDADES DE FRIJOL PARA PRODUCIR GRANO EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO, MÉXICO | 637 |
| COLECTA DE PARIENTES SILVESTRES DE FRIJOL EN LA REGIÓN DE EL BAJÍO..... | 640 |
| DETERIORO DE LA SEMILLA EN VARIEDADES DE AJONJOLÍ Y SU EFECTO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA.. | 644 |

| | |
|--|-----|
| CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE GERMOPLASMA NATIVO DE JITOMATE | 648 |
| DESCRIPCIÓN VARIETAL DE UN NUEVO MATERIAL DE NOCHEBUENA PARA DECORAR ESPACIOS DE INTERIOR, DENOMINADA NAOMI | 651 |
| DETERMINACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN GUAYABO | 655 |
| VALIDACIÓN DE CRUZAS ELITE DE LÍNEAS HAPLOIDE DUPLICADO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i>) CON ALTO ACEITE EN EL NORTE DE SINALOA | 660 |
| SANIDAD VEGETAL | 664 |
| EFFECTO DE CONTROL DE LA APLICACIÓN DE AGENTES GRAS SOBRE EL HONGO <i>Colletotrichum asianum</i> AISLADO DE FRUTO DE MANGO..... | 665 |
| EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA APLICANDO QUITOSANO Y SALES ORGÁNICAS E INORGÁNICAS EN FRUTOS DE JITOMATE (<i>Lycopersicon esculentum</i> L.)..... | 669 |
| INTERACCIONES MULTITROFICAS PUTATIVAS EN PLANTACIONES DE COCOTERO CON AMARILLAMIENTO LETAL | 673 |
| HIDROCARBUROS CUTICULARES COMO HERRAMIENTA PARA DETECTAR VARIACIÓN INTRAESPECÍFICA EN INSECTOS..... | 677 |
| IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO TOLERANTES AL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO <i>MELANAPHIS SACCHARI</i> (ZEHTNER) BAJO CONDICIONES DE INFESTACIÓN ARTIFICIAL. | 681 |
| RESPUESTA DE HÍBRIDOS COMERCIALES DE SORGO AL PULGÓN AMARILLO <i>MELANAPHIS SACCHARI</i> (ZEHTNER) Y MANEJO INTEGRADO DE LA PLAGA..... | 684 |
| PRUEBAS DE PATOGENICIDAD EN DOS POBLACIONES DE <i>Phakopsora pachyrhizi</i> (UREDINALES: PHAKOPSORACEAE) EN LABORATORIO..... | 687 |
| CONTROL QUÍMICO DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES DE LA CEBADA PRODUCIDA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL | 690 |
| EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS SELECTIVOS PARA EL CONTROL DE ÁCARO PLANO DE LOS CÍTRICOS..... | 693 |
| OCURRENCIA DE APHIDIDAE EN ETAPAS FENOLÓGICAS DE <i>Chenopodium quinoa</i> Willd. | 697 |
| EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS SELECTIVOS PARA EL CONTROL DE MINADOR DE LA HOJA Y GUSANO DE LA CÁPSULA EN GARBANZO..... | 700 |
| MANEJO INTEGRADO DE MANGO: ANTRACNOSIS | 704 |
| MAPAS DE CALOR DE CONCENTRACIONES DE <i>Candidatus Liberabacter asiaticus</i> EN SU VECTOR <i>Diaphorina citri</i> EN SONORA. | 709 |
| SUPRESIÓN DE POBLACIONES DE TRIPS CON UNA FORMULACIÓN COMERCIAL DE <i>Beauveria bassiana</i> EN EL CULTIVO DE AGUACATE..... | 712 |
| USO DEL MUESTREO SECUENCIAL EN LA TOMA DE DECISIONES PARA EL MANEJO DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS..... | 716 |
| EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS PARA EL MANEJO DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS EN LIMÓN MEXICANO..... | 720 |

| | |
|--|-----|
| EVALUACIÓN DE TRAMPAS PARA LA CAPTURA DE <i>Rhynchophorus palmarum</i> L. EN COCOTERO | 723 |
| CAPACIDAD DE CONSUMO DE ENEMIGOS NATURALES SOBRE EL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO <i>Melanaphis sacchari</i> (HEMIPTERA: APHIDIDAE) | 726 |
| CEBOS Y TRAMPAS PARA EL MONITOREO DE <i>DROSOPHILA SUZUKII</i> Y <i>ZAPRONIUS INDIANUS</i> (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EN HUERTAS DE HIGO EN MORELOS. | 730 |
| ESPECIES DE LARVAS DE LEPIDÓPTEROS BARRENADORES Y ESTIMACIÓN DE SUS DAÑOS EN FRUTOS DE <i>Macadamia integrifolia</i> EN GUATEMALA..... | 733 |
| <i>Metarhizium</i> sp. CONFIERE PROTECCIÓN CONTRA <i>Fusarium</i> EN PLANTAS DE MAÍZ: DE ENTOMOPATÓGENO A COLONIZADOR DE TEJIDOS VEGETALES | 737 |
| VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA CONTRA EL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ EN GUANAJUATO. | 741 |
| INHIBICIÓN <i>in vitro</i> DE <i>Fusarium oxysporum</i> CON EXTRACTO DE HOJA DE MEZQUITE | 744 |
| EFFECTO ANTIFÚNGICO DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE MAÍZ SOBRE <i>Fusarium verticillioides</i> ENSAYO “ <i>in vitro</i> ” | 747 |
| QUITOSANO Y FERMENTOS BACTERIANOS DE EXOSQUELETOS DE JAIBAS COMO ALTERNATIVA DE CONTROL PARA <i>FUSARIUM OXYSPORUM</i> PATÓGENO DE <i>VANILLA PLANIFOLIA</i> JACKS..... | 751 |
| RECONOCIMIENTO AUTOMATIZADO A BAJO COSTO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LA AGRICULTURA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL..... | 755 |
| CONTROL DE <i>Bactericera cockerelli</i> Sulc. (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) CON NANOPARTICULAS DE DIOXIDO DE TITANIO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO | 759 |
| REPELENCIA DE <i>Bactericera cockerelli</i> (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) A ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA <i>Ocimum basilicum</i> INTEGRADO EN PELÍCULA PLÁSTICA POR NANOTECNOLOGÍA..... | 763 |
| EVALUACIÓN <i>in vitro</i> DEL POTENCIAL ANTAGÓNICO DE ACTINOMICETOS PARA EL CONTROL DE ANTRACNOSIS EN <i>Musa paradisiaca</i> | 766 |
| MODELACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA CONCHUELA DEL FRIJOL <i>Epilachna varivestis</i> MULSANT EN GUANAJUATO. | 770 |
| ETIOLOGÍA Y EVALUACIÓN <i>IN VITRO</i> DE ACTINOBACTERIAS PARA EL CONTROL DE <i>Monilinia</i> spp. EN DURAZNO | 774 |
| EVALUACIÓN <i>IN VITRO</i> DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i> | 777 |
| SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA DE POBLACIÓN DE <i>Plutella xilostella</i> UTILIZANDO MODELOS DINÁMICOS | 781 |
| PERFIL ENZIMÁTICO COMO INDICADOR DE POTENCIAL DE CONTROL BIOLÓGICO EN DOS CEPAS MICROBIANAS | 784 |
| IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE HONGOS FILAMENTOSOS CAUSANTES DEL MARCHITAMIENTO FÚNGICO (<i>Damping-off</i>) MEDIANTE LA SECUENCIACIÓN DE ITS y EF-1 α | 788 |
| EFFECTO DE TRATAMIENTOS A LA SEMILLA EN PARÁMETROS DE CALIDAD EN TRIGOS DE RIEGO | 794 |
| PRINCIPALES ENFERMEDADES DE FRIJOL EN YUCATÁN..... | 797 |

| | |
|--|-----|
| EFFECTO DE EXTRACTOS VEGETALES CONTRA PATÓGENOS QUE OCASIONAN LA MARCHITEZ DE CHILE (<i>Capsicum annuum</i> L.)..... | 801 |
| RESPUESTA DE TOLERANCIA GENÉTICA EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE SORGO-GRANO A PULGÓN AMARILLO DEL SORGO (<i>Melanaphis sacchari</i> Zehntner), EN MORELOS. | 804 |
| CALIDAD FISIOLÓGICA Y SANITARIA DE SEMILLA DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L) ALMACENADA EN BOLSAS SILO CON BOLDO (<i>Peumus boldus</i> Molina). | 807 |
| INTROSPECCIÓN DEL CONTROL DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA EN YUCATÁN | 811 |
| SUSCEPTIBILIDAD DE ÁFIDOS DE IMPORTANCIA CITRÍCOLA A CONDICIONES TÉRMICAS RESTRICTIVAS | 815 |
| TIERRA DE DIATOMEAS: UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA PROTECCIÓN DE MAIZ ALMACENADO. | 818 |
| BIOLOGIA, ECOLOGIA Y DAÑOS DEL TEMOLILLO DE LA GUAYABA, <i>Cyclocephala lunulata</i> BURMEISTER EN ZACATECAS | 821 |
| ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS ELATÉRIDOS (COLEOPTERA: ELATERIDAE) ASOCIADOS AL CULTIVO DE JAMAICA (<i>HIBISCUS SABDARIFFA</i> L.) OAXACA, MÉXICO | 825 |
| RECUPERACIÓN RÁPIDA DE LA INVERSIÓN CON ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN Y ACOLCHADO PLÁSTICO EN LIMÓN MEXICANO BAJO UN ESCENARIO DE HUANGLONGBING..... | 828 |
| IDENTIFICACIÓN DE UNA NUEVA ESPECIE PUTATIVA DE ALFAENDORNAVIRUS EN <i>Phaseolus lunatus</i> | 832 |
| EFICIENCIA DE FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE <i>Phakopsora pachyrhizi</i> (UREDINALES: PHAKOPSORACEAE) EN SOYA..... | 836 |
| ANTAGONISMO DE ACTINOBACTERIAS CONTRA <i>Fusarium</i> spp. DE MELÓN | 839 |
| LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR DE CULTIVOS DE ACTINOBACTERIAS MANTIENE ACTIVIDAD ANTAGÓNICA CONTRA <i>Sclerotium rolfsii</i> | 843 |
| RAZAS DE ROYA LINEAL AMARILLA (<i>P. striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>) EN GENOTIPOS DE TRIGO EN SINALOA ... | 847 |
| SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA | 851 |
| CARACTERIZACIÓN DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PALMA DE ACEITE DE CAMPECHE | 852 |
| GANANCIAS ECONÓMICAS INDUCIDAS CON LA VARIEDAD DE TRIGO CORTAZAR EN EL BAJÍO..... | 856 |
| ESTRATEGIA REGIONAL PARA APOYAR EL DESARROLLO RURAL EN GUANAJUATO | 860 |
| IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA PANDEMIA POR COVID-19 SOBRE OCHO COMUNIDADES AGRÍCOLAS DE YUCATÁN | 864 |
| VALIDACION DE LA VARIEDAD DE CEBADA <i>ESTELAR OH</i> EN EL ESTADO DE TLAXCALA..... | 867 |
| ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL SISTEMA APÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE FELIPE CARRILLO PUERTO, QUINTANA ROO. | 871 |
| CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN CITRÍCOLAS DE GÜÉMEZ E HIDALGO, TAMAULIPAS | 875 |
| PRODUCCIÓN DE MAÍZ (<i>ZEAMAYS</i>) NATIVO EN HUAMANTLA TLAXCALA | 878 |
| MADURACIÓN DE UNA RED DE ARTICULACIÓN PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MÉXICO | 882 |

| | |
|--|-----|
| VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA DISMINUCIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA DE TRIGO HARINERO EN TLAXCALA | 886 |
| DIFUSIÓN DE TECNOLOGÍA PARA FRIJOL DE TEMPORAL EN EL MUNICIPIO DE EL MARQUÉS, QRO..... | 890 |
| CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE AMARANTO EN TULYEHUALCO XOCHIMILCO, CIUDAD DE MÉXICO..... | 894 |
| FRIJOL INTERCALADO A HENEQUÉN EN YUCATÁN, MÉXICO | 898 |
| EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL EN YUCATÁN EN CONDICIONES DE SEQUÍA TERMINAL EXTREMA | 900 |
| VALIDACIÓN VARIEDADES DE LAVANDA (<i>Lavandula</i> spp.) EN TEQUISQUIAPAN, QUERÉTARO, MÉXICO | 903 |
| TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ H-384A y H-385A | 907 |
| IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE LA TRANSFERENCIA DEL MODELO DE CADENA DE VALOR EN UNA PEQUEÑA EMPRESA FRUTÍCOLA..... | 911 |
| TRANSFERENCIA DE COMPONENTES TECNOLÓGICOS ADECUADOS PARA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN LOS CAPULINES, CELAYA, GUANAJUATO..... | 915 |
| ANÁLISIS ESPACIAL DE LA UNIDAD PRODUCTIVA EJIDAL EN LA ZONA MAYA DE QUINTANA ROO, COMO ELEMENTO DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA DE LOS HOGARES RURALES 1978-2015. | 918 |
| EFFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y SU INTERACCIÓN CON EL AMBIENTE CON CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ AZUL EN TLAXCALA..... | 922 |
| DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y PRODUCTIVO EN UNIDADES DE PRODUCCION DE CAFÉ EN LA SIERRA NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA..... | 925 |
| Propuesta de diseño de MINI-PFAL (Plant Factory with Artificial Lighting) de bajo costo para siembra de cultivos verticales con interconexión IoT | 930 |
| METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO DE NIVELES DE AGUA | 935 |
| PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y SOCIOECONÓMICAS DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR EN EJUTLA, OAXACA..... | 940 |
| SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE TUNA EN LA ZONA ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO..... | 943 |
| VALIDACION DE LA FERTILIZACION FOLIAR EN EL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN QUERETARO.. | 947 |
| ANÁLISIS SENSORIAL DE UN TALLARÍN ENRIQUECIDO CON HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL..... | 950 |
| PREFERENCIAS HACIA EL CHILE JALAPEÑO DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONSUMIDOR SONORENSE | 953 |
| INCREMENTO EN EL INGRESO NETO DE LOS PRODUCTORES DE DURAZNO QUE UTILIZAN LA TECNOLOGÍA PROPUESTA POR INIFAP | 955 |
| RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE LA HIGUERILLA EN AGUASCALIENTES | 959 |
| INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA EN LA ADOPCIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DEL INIFAP | 963 |
| BIOENERGÍA | 967 |
| FERMENTACIÓN DE HIDROLIZADOS LIGNOCELULOSICOS DE <i>Jatropha curcas</i> PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOACEITE | 968 |

RESÚMENES

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

AGUA, SUELO, AGROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

**DENSIDAD APARENTE COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL SUELO
EN SISTEMAS INTENSIVOS DE PRODUCCIÓN FORRAJERA
CON USO DE ENMIENDAS ORGÁNICAS**

José Luis González Barrios^{1*}, Abigail Rivera Torres², Daniel Alejandro Mesta Nevarez³, Erika Nava Reyna¹, Vicenta Constante García¹

¹Investigador(a) INIFAP CENID-RASPA, ² Estudiante UJED-FCB, ³ Estudiante ITSRL

* gonzalez.barrios@inifap.gob.mx

Palabras clave: Agua, Suelo, Cambio Climático

INTRODUCCIÓN

Numerosos han sido los estudios propuestos para caracterizar la calidad del suelo en el mundo (Karlen *et al.*, 1997; Sojka y Upchurch, 1999, Ruiz-Camacho *et al.*, 2009; García *et al.*, 2012; Estrada-Herrera *et al.*, 2017). La mayor parte de estos estudios se basan en valorar la capacidad que tiene el suelo para cumplir una función (Doran y Parquin, 1994) lo cual lleva tiempo y recursos. A lo largo de su vida productiva, el suelo agrícola asegura numerosas funciones vitales para la producción vegetal; el abastecimiento de agua, la disponibilidad de nutrientes y el soporte físico para las plantas son algunas de las funciones más importantes que proporciona el suelo para los cultivos (Larson y Pierce, 1991). Estas funciones, sin embargo, pueden afectarse con el uso intensivo del suelo que imponen algunos sistemas productivos (Li *et al.*, 2009; Muhammad y Rattan, 2009). El objetivo de este trabajo es utilizar la densidad aparente del suelo como un indicador práctico y accesible para valorar la calidad del suelo agrícola y aplicarlo en tres sistemas intensivos para la producción de forrajes con uso o no de enmiendas orgánicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo se llevó a cabo en tres sistemas productivos característicos de la Comarca Lagunera, región árida dedicada a la agricultura de riego, donde existe producción intensiva de forrajes. Los sistemas productivos estudiados fueron: Sistema de producción 1: con 8 años de uso continuo de enmiendas orgánicas a base de efluentes de biodigestor de estiércol bovino combinado con estiércol bovino semi-compostado y fertilizantes químicos convencionales para la producción de forrajes durante todo el año (rotación de Maíz, Triticale y Avena). Sistema de producción 2: con 10 años de uso continuo de enmiendas orgánicas a base de lixiviados de lombricomposta de estiércol bovino, combinado con fertilizantes químicos convencionales para la producción de forrajes durante todo el año (rotación de Maíz, Triticale y Avena). Sistema de producción 3: con al menos 10 años de manejo convencional del suelo y uso únicamente de fertilizantes químicos para la producción de forrajes durante cada ciclo de primavera verano (Maíz). Los tres sistemas productivos se desarrollan en suelos aluviales de textura media con variantes granulométricas y de manejo (barbecho-subsoleo, rastreo, nivelación de terreno, siembra de alta densidad, fertilización, riego por gravedad y cosecha) que fueron valoradas en su conjunto.

En cada sistema productivo se seleccionó una parcela agrícola con maíz forrajero (con más de 90,000 plantas por hectárea) durante el ciclo primavera verano de 2018 para realizar un muestreo de la densidad aparente del suelo al final del cultivo. En cada parcela se realizaron 10 puntos de muestreo al azar para densidad aparente, con barrena de núcleos cilíndricos de volumen conocido, a una profundidad (0-10 cm). Todos los puntos de muestreo se realizaron en la línea de plantas evitando las zonas de tránsito de maquinaria o de pisoteo del suelo. Las muestras fueron procesadas en el Laboratorio del INIFAP CENID-RASPA donde se pesaron en húmedo y se secaron a 105°C hasta peso constante para determinar su densidad aparente en gramos de suelo por centímetro cúbico. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza y a una prueba de Tukey, con el programa SPSS 19.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos de maíz forrajero en los sistemas productivos 1, 2 y 3 fueron respectivamente de 17, 19 y 16.6 toneladas de biomasa seca por hectárea.

El cuadro I presenta los estadísticos de la densidad aparente del suelo obtenidos en el muestreo de las parcelas agrícolas: valor mínimo observado (Min), valor máximo observado (Max), promedio (Prom), valor de la mediana (Med), desviación estándar (DST), error estándar (ErrEst) y número de observaciones realizadas (n).

Cuadro I. Valores de densidad aparente del suelo (en g cm^{-3}) de 0 a 10 cm de profundidad.

| Sistema Productivo | Parcela | Min | Max | Prom | Med | DST | ErrEst | n |
|--------------------|---------|------|------|------|------|-------|--------|----|
| SP 1 | Tab-2 | 0.98 | 1.15 | 1.05 | 1.04 | 0.061 | 0.019 | 10 |
| SP 2 | Tab-3 | 1.06 | 1.20 | 1.13 | 1.12 | 0.047 | 0.015 | 10 |
| SP 3 | Tab-5 | 1.07 | 1.31 | 1.20 | 1.22 | 0.078 | 0.025 | 10 |

El análisis de varianza y la prueba de Tukey dan como resultado que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de densidad aparente del suelo superficial de los tres sistemas productivos ($F= 11.804$ $gl= 2, 27$; $P=0.000$). El sistema productivo 3 presenta el valor más elevado de DA (Prom = 1.20) seguido por el sistema productivo 2 (Prom = 1.13) y por último el sistema productivo 1 (Prom = 1.05).

Estos resultados permiten una comparación con la ayuda de la figura 1.

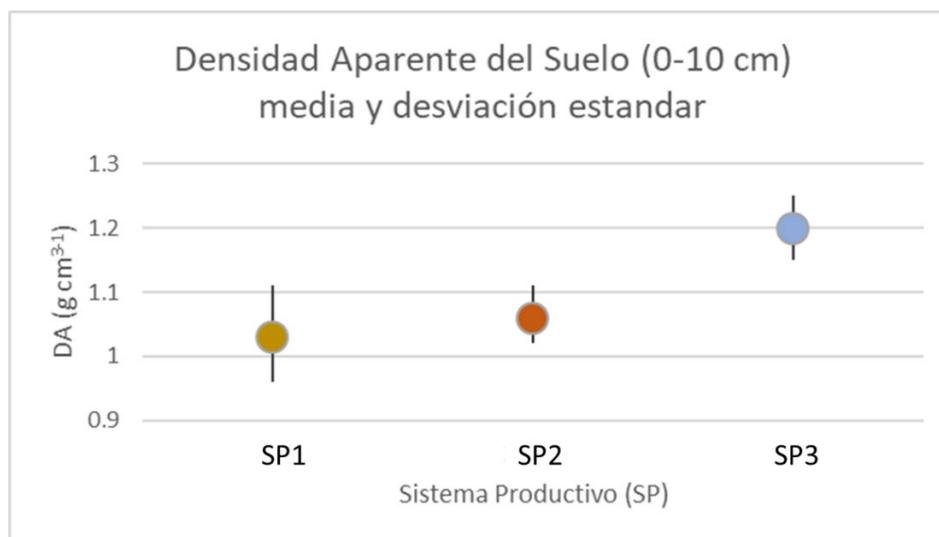


Figura 1. Densidad aparente del suelo superficial (0 a 10 cm) en los tres sistemas productivos comparados (valor de media y desviación estándar observados).

Los suelos cuya producción sostenida (de 8 a 10 años) con uso de enmiendas orgánicas, presentan un menor grado de compactación en la capa superficial del suelo que es la que está más expuesta al laboreo y destrucción de la estructura de agregados. Los suelos superficiales de los sistemas productivos 1 y 2 presentan los valores más bajos de densidad aparente aun cuando son suelos trabajados de manera intensiva durante todo el año. Por el contrario, el suelo del sistema productivo 3 con un manejo convencional sin uso de enmiendas orgánicas presenta los valores más elevados de densidad aparente a pesar de que solo se trabaja durante una temporada al año (primavera-verano). Este suelo está más compactado y menos estructurado para permitir el flujo del agua y nutrientes hacia la zona de raíces.

La densidad aparente permite ver que la intensificación del uso del suelo no es sinónimo de degradación si se realizan prácticas agrícolas como las hechas en los suelos de los sistemas productivos 1 y 2. Por otra parte, el manejo convencional del suelo sin uso de enmiendas orgánicas y con un largo periodo de reposo en barbecho, no asegura las mejores condiciones del suelo para mantener una buena estructura; esto se comprueba con los valores de densidad aparente del suelo observados en el sistema productivo 3.

Estos resultados ponen en evidencia las ventajas comparativas del uso de enmiendas orgánicas para disminuir la densidad aparente del suelo asociado a un bajo nivel de compactación física y a una buena estructura; se relacionan a las condiciones que permiten buen flujo de agua y gases en el espacio poroso del suelo lo cual impacta en su calidad productiva que propicia vigor, calidad y buen rendimiento en los cultivos. De igual forma estos resultados vinculan condiciones favorables para la captura de carbono estable en el suelo (Lal, 2011) ya que la actividad biológica promovida por el uso de enmiendas orgánicas es precursora del aumento de la materia orgánica y la formación de complejos órgano-minerales que son importantes para las funciones productivas y ambientales que realiza el suelo (Knicker y Staunton, 2021).

CONCLUSIONES

La densidad aparente constituye un indicador de la calidad de los suelos que producen forrajes de manera intensiva con o sin uso de enmiendas orgánicas. Los suelos superficiales de los sistemas productivos 1 y 2 que utilizan enmiendas orgánicas presentan los valores más bajos de densidad aparente aun cuando son suelos trabajados de manera intensiva durante todo el año. Por el contrario, el suelo del sistema productivo 3 con un manejo convencional sin uso de enmiendas orgánicas, presenta valores más elevados de densidad aparente a pesar de que solo es trabajado durante una temporada del año.

Se recomienda profundizar el estudio hacia otros parámetros asociados a la calidad del suelo (presencia de complejos y sustancias biogénicas) que puedan valorarse y compararse en los sistemas de producción; para cuantificar sus bondades y su impacto en la producción agrícola; así como también en la captura de carbono estable en el suelo que contribuye a mitigar los efectos del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al INIFAP por el apoyo otorgado a través de los proyectos fiscales “Mecanismos de secuestro de carbono en suelos agrícolas bajo diferentes prácticas de manejo” y “Mineralización de la materia orgánica del suelo con énfasis en la captura de carbono en suelos agrícolas bajo el manejo de buenas prácticas en la producción de maíz forrajero”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Doran, J.W. and T.B. Parquin, 1994. Defining and assessing soil quality for a sustainable environment. SSSA Special publication 35. Madison, Wisconsin, USA.
2. García, Y., W. Ramírez, S. Sánchez. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. Pastos y Forrajes Vol. 35 No. 2 125-138.
3. Karlen, D. L., M. J. Mausbach, J. W. Doran, R. G. Cline, R. F. Harris, and G. E. Schuman. 1997. Soil quality: A concept definition and framework for evaluation. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 4-10.
4. Knicker, H., S. Staunton. 2021. Editorial for the special issue on “Understanding soil interfacial reactions for sustainable soil management and climatic change mitigation” (ISMOM 2019). Eur J Soil Sci. 2021; 72: 1079-1082. <https://doi.org/10.1111/ejss.12972>
5. Lal, R. 2011. Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. Food Policy, 36(Supplement 1), S33-S39.
6. Larson, W. E. and F. J. Pierce. 1991. Conservation and enhancement of soil quality. Pp. 175-203. In: Int. Board Soil Re. Manage, J. Dumanski, E. Pushparajah, M. Latham, and R.J. K. Myers (eds.). Evaluation for sustainable land management in the developing world. IBSRAM Proceedings Vol. 2. Chiang Rai, Thailand.
7. Li, Y. X., J. N. Tullberg, D. M. Freebairn, and H. W. Li. 2009. Functional relationships between soil water infiltration and wheeling and rainfall energy. Soil Tillage Res. 104: 156-163.
8. Muhammad, A. and L. Rattan. 2009. Tillage and drainage impact on soil quality: II Tensile strength of aggregates, moisture retention and water infiltration. Soil Tillage Res. 103: 364-372.

9. Ruiz-Camacho, N., E. Velásquez, A. Pando, T. Decaens, et F. Dubs. 2009. Indicateurs Synthétiques de la qualité du sol. *Etu. Gest. Sols* 16: 323-338.
10. Sojka, R. E. and D. R. Upchurch. 1999. Reservations regarding the soil quality concept. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63: 1039-1054.
11. Estrada-Herrera, R., C. Hidalgo-Moreno, R. Guzmán-Plazola, J.J. Almaraz-Suárez, H. Navarro-Garza, J. Etchevers-Barra. 2017. Indicadores de calidad de suelo para evaluar su fertilidad. *Agrociencia* Vol. 51 No.8 813-831

Sección: Agua, suelo agrometeorología y cambio climático

PRONÓSTICO QUINCENAL DE LLUVIA PARA EL SECTOR AGRÍCOLA EN EL ALTIPLANO MEXICANO: PERIODO DE LA CANÍCULA

Miguel Angel González González*¹

Arturo Corrales Suastegui¹

Mario Primitivo Narváez Mendoza¹

Luis Antonio González Jasso¹

Arturo Cruz Vázquez¹

**¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)
Campo Experimental Pabellón. Carretera Aguascalientes-Zacatecas km 32.5, Pabellón de Arteaga,
Aguascalientes, México. C.P. 20660. gonzalez.miguelangel@inifap.gob.mx**

Palabras clave: precipitación, pronóstico quincenal, Distritos de Desarrollo Rural.

INTRODUCCIÓN

Las predicciones de lluvia a más largo plazo adquieren cada vez más importancia debido al impacto en desastres naturales y las actividades socioeconómicas de una zona o región, en especial, dentro del periodo inter-anual de sequía o estiaje (la canícula). Un claro ejemplo de su afectación es en la actividad agropecuaria, la cual está fuertemente ligada a la ocurrencia de periodos secos y altas temperaturas (Peralta-Hernández *et al.*, 2008). Por lo tanto, conocer el desarrollo del temporal de lluvias en las campañas agrícolas sobre el territorio semiárido del interior de México, muy sensible al cambio climático, es estratégico por tener grandes extensiones destinadas a los cultivos de maíz y frijol, solo por mencionar los principales.

Una de las mayores variaciones en las lluvias se le vincula a la tele-conexión de la temperatura y presión superficial del mar en los océanos Pacífico, Atlántico e Índico, *e.g.*, El Niño Oscilación Sur, la Oscilación del Atlántico Norte, el Dipolo del Océano Índico y otros indicadores globales de la misma índole. Con base en ello, el uso de técnicas empíricas y estadísticas permiten vincular aquéllos índices con la variabilidad estacional de las lluvias. Estos modelos proveen una herramienta en la producción de pronósticos climáticos a mediano-largo plazo, como los modelos de años análogos o similares (Gay-García, *et al.*, 2003).

Por lo que, el objetivo de este trabajo consistió en obtener un pronóstico quincenal de láminas brutas de lluvia durante el periodo de la canícula (julio-agosto 2021). A diferencia de los pronósticos oficiales del Servicio Meteorológico Nacional (SMN), el presente pronóstico delimita únicamente las áreas agrícolas de la región, además de consensar los resultados a escala de los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) del altiplano mexicano para una mayor interpretación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio abarca las áreas agrícolas de los DDRs del altiplano. El procedimiento fue en principio delimitar el área bajo estudio mediante los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La base de datos climáticos diarios en malla fueron los generados por Livneh *et al.* (2015), con una resolución espacial de aproximadamente 6.5km entre punto y punto, la cual fue estimada por medio de estaciones hidrometeorológicas del SMN. Se realizó un post-procesamiento de dicha información para convertirla en formato de lectura dentro de los SIG y extraer la información de lluvia histórica (1950 a 2013) de “las canículas” dentro de las áreas agrícolas de los DDRs (Figura 1). Para fines prácticos y determinar del periodo de la canícula, la información histórica se compiló en dos quincenas, la segunda quincena de julio y la primera quincena de agosto (sumatoria diaria del 15 al 31 de julio y del 1 al 15 de agosto) de cada uno de los años de 1950 a 2010. A su vez, la climatología fue calculada para ambas quincenas de 1980 hasta 2010 (30 años).

El procedimiento de pronóstico tomó como campo predictor el índice oceánico pronosticado de “El Niño 3.4” (<https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/ersst5.nino.mth.81-10.ascii>) para julio y agosto de 2021, así como los índices de seis meses anteriores al primer mes de pronóstico, lo anterior con el fin de incorporar tendencias del patrón océano-atmósfera en México (Magaña, 1998). Entonces, para el pronóstico de la segunda quincena de julio de 2021 y la primera quincena de agosto de 2021 se tomaron

los rezagos de los índices mensuales de enero de 2021 a junio de 2021, junto con los índices pronosticados de julio-agosto 2021, los cuales fueron comparados con los índices históricos de enero-agosto de 1950 a 2010 por medio de un árbol de decisión. De esta forma se extrajeron aquellas quincenas históricas de precipitación similares o análogas. Posteriormente, se calculó el promedio de lluvia (en centímetros) de las quincenas históricas identificadas, así como sus anomalías en porcentaje con respecto al promedio histórico o climatología.

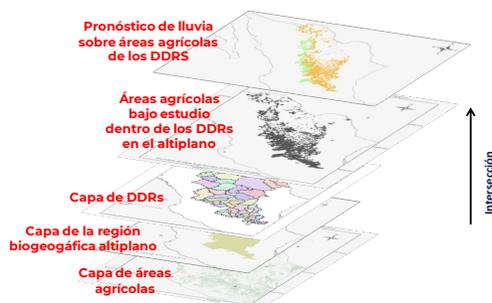


Figura 1. Esquema de capas de información para la obtención del pronóstico de lluvia durante la canícula en los DDRs del altiplano Mexicano.

Finalmente se calculó el promedio espacial (estadística zonal) en cada uno de los DDRs, a manera de obtener un panorama consensuado del comportamiento de la lluvia dentro de estas delimitaciones políticas, y asimismo, se clasificaron las precipitaciones pronosticadas en láminas brutas de lluvia de 2.5 a 5cm (25 a 50mm), de 5 a 7.5cm (50 a 75mm), y mayores a 7.5cm (>75mm).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las quincenas históricas similares que se identificaron para la segunda quincena de julio fueron en los años: 1951, 1960, 1961, 1967, 1976, 1986, 1996, 2001 y 2006; y para la primer quincena de agosto: 1960, 1961, 1962, 1979, 1981, 1984, 1996, 2000 y 2007.

En el 2021, a pesar de un buen inicio del temporal de lluvias en el altiplano, durante el periodo de la canícula se pronostica una tendencia hacia un déficit en las precipitaciones". Por ejemplo, en la segunda quincena de julio de 2021, se esperan anomalías negativas de lluvia en 32 de los 49 DDRs, con láminas brutas de lluvia de 2.5 a 5cm en poco más de la mitad de los DDRs (32). Entretanto, en la primer quincena de agosto se estiman anomalías negativas en 22 de los 24 DDRs, con láminas brutas de lluvia de 2.5 a 5cm en 30 DDRs. Lo anterior indica un ligero incremento en las precipitaciones para esta quincena, aunque la anomalía promedio de todos los DDRs apenas alcanza un +1% (Figura 2 y Cuadro 1).

Dicha condición de anomalías negativas, pronosticada por el modelo de años similares, es parecida a lo esperado en la segunda quincena de julio 2021 por el SMN (<https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form>) con el modelo CFS (Climate Forecast System) y el modelo GFS (Global Forecast System) en Pivotal Weather.com ([\); los cuales estiman condiciones de poca precipitación en el altiplano, en especial sobre importantes áreas del noreste, este y norte del país. Asimismo, el pronóstico del modelo ECMWF \(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts\) \(\[https://apps.ecmwf.int/webapps/opencharts/products/extended-anomaly-tp?base_time=202107190000&projection=opencharts_central_america&valid_time=202107260000\]\(https://apps.ecmwf.int/webapps/opencharts/products/extended-anomaly-tp?base_time=202107190000&projection=opencharts_central_america&valid_time=202107260000\)\) estima condiciones de precipitaciones por debajo de la climatología para ambas quincenas, pero con un incremento en las mismas para la primera quincena de agosto. Por lo tanto, el modelo de los años similares o análogos simula un patrón como los modelos geofísicos mencionados y tiene el potencial como un indicador eficaz en la predicción a mediano-largo plazo \(Gay-Gracia *et al.*, 2003; Tiscareño-Lopez *et al.*, 2005\).](https://www.pivotalweather.com/model.php?m=gfs&p=qpf_acc_mm&rh=2021070518&fh=loop&r=mx&dp_dt=&mc=)

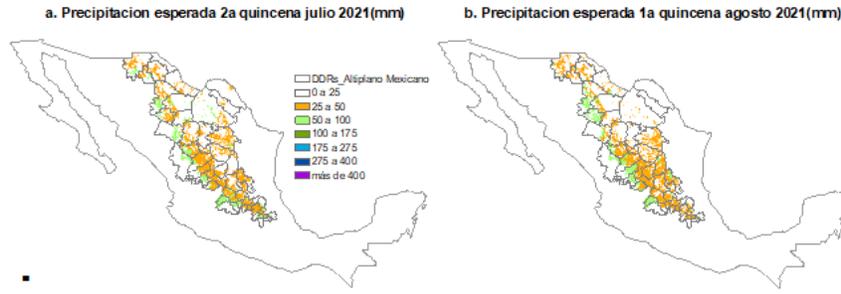


Figura 2. Mapa de pronóstico de precipitación (mm) para las áreas agrícolas de los DDRs del altiplano en México: (a) segunda quincena de julio y (b) primera quincena de agosto de 2021.

Cuadro 1. Láminas brutas de lluvia pronosticadas quincenalmente durante el periodo de la canícula para los DDRs del altiplano en México.

| # | NOMBRE DDR | ESTADO | SEGUNDA QUINCENA JULIO | | | | PRIMERA QUINCENA AGOSTO | | | | | | | | |
|---|--------------------|------------------|------------------------|-------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------|-------|-----------------------|-------------------|--------------|-----------------------------------|---------|-------|---|
| | | | LLUVIA ESPERAD A (mm) | CLIMATOLOGÍA (mm) | ANOMALÍA (%) | LAMINA BRUTA LLUVIA ESPERADA (cm) | | | LLUVIA ESPERAD A (mm) | CLIMATOLOGÍA (mm) | ANOMALÍA (%) | LAMINA BRUTA LLUVIA ESPERADA (cm) | | | |
| | | | | | | 2.5 a 5 | 5 a 7.5 | > 7.5 | | | | 2.5 a 5 | 5 a 7.5 | > 7.5 | |
| 1 | AGUASCALIENTES | AGUASCALIENTES | 49 | 62 | -20.01 | ✓ | | | 52 | 59 | -12.12 | ✓ | | | |
| 2 | ACUÑA | COAHUILA | 34 | 29 | 15.74 | ✓ | | | 11 | 16 | -23.71 | ✓ | | | |
| 3 | SABINAS | COAHUILA | 31 | 30 | 4.35 | ✓ | | | 18 | 21 | -14.23 | ✓ | | | |
| 4 | FRONTERA | COAHUILA | 50 | 35 | 42.22 | ✓ | | | 26 | 28 | -9.37 | ✓ | | | |
| 5 | SALTILLO | COAHUILA | 38 | 40 | -3.86 | ✓ | | | 32 | 30 | 4.42 | ✓ | | | |
| 6 | CASAS GRANDES | CHIHUAHUA | 40 | 47 | -14.84 | ✓ | | | 41 | 45 | -9.90 | ✓ | | | |
| 7 | BUENAVENTURA | CHIHUAHUA | 52 | 52 | -0.27 | ✓ | | | 42 | 44 | -5.58 | ✓ | | | |
| 8 | EL CAMEM | CHIHUAHUA | 35 | 42 | -15.32 | ✓ | | | 38 | 37 | 2.83 | ✓ | | | |
| 9 | VALLE DE JUAREZ | CHIHUAHUA | 24 | 33 | -29.20 | ✓ | | | 31 | 31 | 0.12 | ✓ | | | |
| 10 | CHIHUAHUA | CHIHUAHUA | 47 | 58 | -18.23 | ✓ | | | 56 | 50 | 10.64 | ✓ | | | |
| 11 | RIO CONCHOS | CHIHUAHUA | 33 | 39 | -16.67 | ✓ | | | 39 | 32 | 23.13 | ✓ | | | |
| 12 | PARRAL | CHIHUAHUA | 51 | 61 | -16.71 | ✓ | | | 68 | 55 | 22.46 | ✓ | | | |
| 13 | DELICIAS | CHIHUAHUA | 50 | 46 | 7.29 | ✓ | | | 51 | 39 | 30.94 | ✓ | | | |
| 14 | RIO FLORIDO | CHIHUAHUA | 54 | 40 | 35.05 | ✓ | | | 43 | 36 | 19.31 | ✓ | | | |
| 15 | DURANGO | DURANGO | 62 | 71 | -12.53 | ✓ | | | 72 | 68 | 5.44 | ✓ | | | |
| 16 | OPRECTORIA | DURANGO | 45 | 48 | -7.93 | ✓ | | | 46 | 41 | 12.35 | ✓ | | | |
| 17 | VILLA OCAMPO | DURANGO | 61 | 63 | -2.43 | ✓ | | | 61 | 55 | 9.70 | ✓ | | | |
| 18 | DOLORES HIDALGO | GUANAJUATO | 47 | 52 | -10.28 | ✓ | | | 35 | 44 | -21.21 | ✓ | | | |
| 19 | SAN LUIS DE LA PAZ | GUANAJUATO | 44 | 44 | -0.64 | ✓ | | | 39 | 35 | 10.38 | ✓ | | | |
| 20 | LEON | GUANAJUATO | 65 | 74 | -8.37 | ✓ | | | 59 | 65 | -9.10 | ✓ | | | |
| 21 | CELAYA | GUANAJUATO | 59 | 60 | -1.05 | ✓ | | | 43 | 53 | -19.77 | ✓ | | | |
| 22 | CORTAZAR | GUANAJUATO | 71 | 70 | 0.85 | ✓ | | | 57 | 63 | -9.32 | ✓ | | | |
| 23 | ZACUALTIPAN | HIDALGO | 77 | 81 | -5.91 | ✓ | | | 82 | 71 | 16.84 | ✓ | | | |
| 24 | PACHUCA | HIDALGO | 51 | 43 | 17.38 | ✓ | | | 37 | 39 | -5.87 | ✓ | | | |
| 25 | MIXQUIAHUALA | HIDALGO | 38 | 37 | 5.07 | ✓ | | | 28 | 33 | -12.86 | ✓ | | | |
| 26 | HUICHAPAN | HIDALGO | 41 | 48 | -15.03 | ✓ | | | 40 | 42 | -5.11 | ✓ | | | |
| 27 | ZACATLAN | PUEBLA | 139 | 112 | 23.72 | ✓ | | | 112 | 101 | 11.04 | ✓ | | | |
| 28 | CADEREYTA | QUERETEARO | 41 | 38 | 7.99 | ✓ | | | 36 | 36 | -0.46 | ✓ | | | |
| 29 | SAN JUAN DEL ROO | QUERETEARO | 43 | 43 | -0.93 | ✓ | | | 36 | 39 | -7.54 | ✓ | | | |
| 30 | QUERETARO | QUERETEARO | 53 | 49 | 7.36 | ✓ | | | 39 | 47 | -16.10 | ✓ | | | |
| 31 | SAN LUIS POTOSI | SAN LUIS POTOSI | 30 | 36 | -17.66 | ✓ | | | 29 | 29 | 0.37 | ✓ | | | |
| 32 | SALINAS | SAN LUIS POTOSI | 23 | 36 | -35.18 | ✓ | | | 36 | 34 | 7.53 | ✓ | | | |
| 33 | MATEHUALA | SAN LUIS POTOSI | 21 | 32 | -34.20 | ✓ | | | 38 | 30 | 25.70 | ✓ | | | |
| 34 | RIO VERDE | SAN LUIS POTOSI | 33 | 41 | -18.10 | ✓ | | | 41 | 32 | 23.71 | ✓ | | | |
| 35 | CIUDAD FERNANDEZ | SAN LUIS POTOSI | 34 | 40 | -15.99 | ✓ | | | 30 | 34 | -14.22 | ✓ | | | |
| 36 | CALPULALPAN | TLAXCALA | 67 | 59 | 14.40 | ✓ | | | 50 | 55 | -9.36 | ✓ | | | |
| 37 | FRESNILLO | ZACATECAS | 54 | 63 | -13.10 | ✓ | | | 75 | 61 | 22.16 | ✓ | | | |
| 38 | RIO GRANDE | ZACATECAS | 47 | 46 | -1.51 | ✓ | | | 50 | 46 | 9.53 | ✓ | | | |
| 39 | OJO CALIENTE | ZACATECAS | 33 | 46 | -27.05 | ✓ | | | 36 | 41 | -11.17 | ✓ | | | |
| 40 | JEREZ | ZACATECAS | 63 | 71 | -10.78 | ✓ | | | 67 | 66 | 0.85 | ✓ | | | |
| 41 | CONCEPCION DEL ORO | ZACATECAS | 33 | 36 | -8.73 | ✓ | | | 35 | 30 | 17.75 | ✓ | | | |
| 42 | ZACATECAS | ZACATECAS | 29 | 41 | -29.67 | ✓ | | | 40 | 40 | -1.40 | ✓ | | | |
| 43 | LAGUNA DURANGO | DURANGO | 34 | 38 | -11.46 | ✓ | | | 33 | 31 | 7.30 | ✓ | | | |
| 44 | LAGUNA COAHUILA | COAHUILA | 29 | 38 | -21.89 | ✓ | | | 24 | 26 | -7.20 | ✓ | | | |
| 45 | ZUMPANGO | ESTADO DE MEXICO | 60 | 63 | -13.47 | ✓ | | | 44 | 46 | -4.19 | ✓ | | | |
| 46 | TEXCOCO | ESTADO DE MEXICO | 63 | 57 | 9.64 | ✓ | | | 49 | 54 | -5.21 | ✓ | | | |
| PROMEDIO | | | 47 | 50 | -5 | | | | 45 | 44 | 1 | | | | |
| CANTIDAD DE DDRS LAMINAS BRUTAS DE LLUVIA | | | | | | 32 | 26 | 18 | 2 | | | | 30 | 10 | 3 |
| CANTIDAD DE DDRS ANOMALIAS NEGATIVAS | | | | | | | | | | | | 22 | | | |
| CANTIDAD DE DDRS ANOMALIAS POSITIVAS | | | | | | | | | | | | 24 | | | |

CONCLUSIONES

El presente trabajo es una crucial herramienta agroclimática en las fechas de acontecimiento de la canícula, además que extrae información de predicción climática solo sobre las áreas agrícolas en el interior de los DDRs del altiplano Mexicano, por lo que se previene el sesgo; es decir, evitar espacialmente la extracción de información de áreas no agrícolas como áreas rurales o áreas boscosas/forestales. Para efectos operacionales, la obtención de años climáticos similares con los índices oceánicos-atmosféricos es de una relativa rapidez para dar un panorama de las láminas de riego promedio a escala de DDR con meses de antelación. No obstante, al ser un estudio en proceso, su validación durante el 2021 será hasta la compilación de las observaciones (registros climáticos de ambas quincenas), además de que se realizará posteriormente una evaluación detallada con simulaciones históricas vs observaciones (hindcasts). En la mejora del presente modelo se recomienda experimentar con modelos híbridos (modelos geofísicos o aquellas técnicas estadísticas no lineales), debido a que existe la posibilidad de que este modelo de años similares no capture condiciones anómalas por el cambio climático experimentado en las últimas décadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gay-García, C., Hernández-Vázquez, M., Jiménez-López, J., Lezama-Gutiérrez, J., Magaña-Rueda, V.O., Morales-Alcotzi, T., & Orozco-Flores, S. (2004) Evaluation of climatic forecasts of rainfall for the Tlaxcala State (México):1998-2002. *Atmósfera* 17(3):127-150
2. Livneh, B., T.J., Bohn, D.S., Pierce, F., Munoz-Ariola, B., Nijssen, D., Cayan, R., Vose, & L.D., Brekki (2015) Development of a spatially comprehensive, daily hydrometeorological data set for Mexico, the conterminous U.S., and southern Canada: 1950-2013, *Nature Scientific Data*, 2, 150042,doi:10.1038/sdata.2015.42
3. Magaña V. O. (1998) Climatología de México. En: Los impactos de El Niño en México (V. Magaña, Ed.). Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM. México, 228 pp.
4. Peralta-Hernández, A. R, Barba-Martínez, L. R, Magaña-Rueda, V. O., Matthias, A. D., & Luna-Ruíz, J.J. (2008). Temporal and spatial behavior of temperature and precipitation during the canícula (midsummer drought) under El Niño conditions in central México. *Atmósfera*, 21(3), 265-280.
5. Tiscareño-López, M., Izaurralde, C., Rosenberg, N.J., Báez-González, A.D., & Salinas-García, J. (2003) Modelling El Niño Southern Oscillation climate impact on Mexican agriculture. *Geofísica Internacional* 42(3):331-339.

Sección: agrometeorología.

RENDIMIENTO RELACIONADO CON LA PRECIPITACION PLUVIAL OCURRIDA DURANTE LAS ETAPAS DE DESARROLLO DE LA SOYA EN EL SUR DE TAMAULIPAS

Guillermo Ascencio Luciano¹, Nicolás Maldonado Moreno¹, Cristóbal Ervi Bautista Pérez¹

¹Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP

ascencio.guillermo@inifap.gob.mx

Palabras claves: soya, fenología, clima

INTRODUCCIÓN

El sur de Tamaulipas es la principal región productora de soya en México donde se siembran alrededor de 94 mil hectáreas de las cuales el 80% se siembra bajo condiciones de temporal y se obtienen rendimientos en promedio de 1.27 t ha⁻¹. En los cultivos de temporal, la tasa de crecimiento está condicionada por la disponibilidad de lluvias, de ahí depende el potencial de rendimiento del cultivo. Sin embargo, otros factores que influyen en el rendimiento son las características físico químicas biológicas, profundidad del suelo y la pendiente del terreno (Van-Ittersum *et al.*, 2013). Las lluvias son afectadas por los fenómenos atmosféricos-oceánicos limitando las precipitaciones pluviales (Blain *et al.*, 2009), debido al aumento de la temperatura del aire y la alternancia de los regímenes pluviométricos que afectan principalmente los cultivos de temporal en diferentes etapas de su desarrollo. Por lo que en este trabajo se buscó cuantificar la relación del rendimiento de la soya con la Precipitación Pluvial (PP) que ocurre en ciertas etapas del cultivo de la soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

El cálculo de la relación del rendimiento con la PP se realizó con el Ensayo Uniforme Trópico Húmedo (EUTH) de los años 2004 al 2017 los cuales estuvieron conformados por 25 genotipos de soya sembrados bajo un diseño experimental Láttice cuadrado 5x5 balanceado con tres repeticiones; la parcela total fue de cuatro surcos de 5 m de longitud y la parcela útil para obtener el rendimiento fueron los dos surcos centrales menos medio metro de ambos extremos de los surcos. Para obtener la PP se utilizó el promedio de fenología de acuerdo al perfil ideado por (Fehr y Caviness, 1977). Se calculó para cada ensayo la PP del ciclo de cultivo (siembra a madurez fisiológica) y también la PP del periodo de R4 (vaina formada de 2 cm de largo) a R7 (inicio de madurez fisiológica), (Cuadro1). Para analizar los datos se utilizó el software Curve Expert 1.3.

Cuadro 1. Rendimiento y precipitación pluvial por ciclo (PPCICLO) en el periodo de R4-R7 (PPR4-R7) de 14 ensayos de rendimiento.

| Año | Fecha de siembra | Rendimiento (kg/ha) | PPCICLO (mm) | PPR4-R7 (mm) |
|-----------------|-------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------|
| 2004 | 5 de Jul | 3151.9 | 665.4 | 152.3 |
| 2005 | 12 de Jul | 3092.6 | 783.0 | 202.0 |
| 2006 | 6 de Jul | 1784.6 | 479.8 | 240.1 |
| 2007 | 19 de Jul | 2843.7 | 715.1 | 75.2 |
| 2008 | 17 de Jul | 2579.8 | 1178.1 | 151.3 |
| 2009 | 8 de Sep | 2377.3 | 481.9 | 30.5 |
| 2010 | 5 de Jul | 2396.4 | 608.4 | 65.1 |
| 2011 | 11 de Jul | 2203.8 | 720.3 | 68.0 |
| 2012 | 27 de Jun | 3854.5 | 827.8 | 230.4 |
| 2013 | 26 de Jun | 2642.4 | 925.4 | 250.2 |
| 2014 | 4 de Jul | 3355.0 | 860.3 | 272.8 |
| 2015 | 15 de Jul | 2294.7 | 597.6 | 72.6 |
| 2016 | 10 de Ago | 1761.0 | 397.6 | 70.5 |
| 2017 | 19 de Jul | 2756.9 | 1017.4 | 411.3 |
| Promedio | | 2649.6 | 732.7 | 163.7 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con un ajuste cuadrático de segundo grado de los 14 pares de datos de rendimiento y precipitación pluvial durante el ciclo de cultivo se correlacionaron ($r=0.74$) y con la precipitación pluvial de R4 a R7 se correlacionaron ($r=0.49$). Se buscó incrementar el ajuste de los 14 pares de datos lo cual se logró al forzar que la curva de segundo grado pasara por el origen añadiendo el dato 15 (0 mm de lluvia, 0 kg ha⁻¹ de rendimiento).

Con los 15 pares de datos el ajuste cuadrático de segundo grado se incrementó y se determinó que el rendimiento y la precipitación pluvial durante el ciclo del cultivo estuvieron correlacionados positivamente ($r=0.89$ Figura 1), de la misma forma se incrementó el ajuste del rendimiento con la precipitación pluvial con el periodo de R4 a R7 y la correlación fue de ($r=0.69$).

La ecuación de predicción del rendimiento de la soya con la lluvia en el ciclo de cultivo:

$$\text{Rendimiento} = -170.9857929 + (\text{PPCICLO}) 6.7724157 - (\text{PPCICLO})^2 0.0036499 \quad r=0.89$$

Por otro lado, es importante destacar que de los años analizados fue el 2012 cuando se obtuvo mayor rendimiento (3,854.5 kg/ha) con una PP durante el ciclo de 827.8 mm y una PP de 230.4 mm durante el periodo de R4 a R7. El menor rendimiento se obtuvo en el año 2016 (1,760.98 kg/ha) con una PP durante el ciclo de 397.6 mm y una PP de 70.5 mm durante el periodo de R4 a R7.

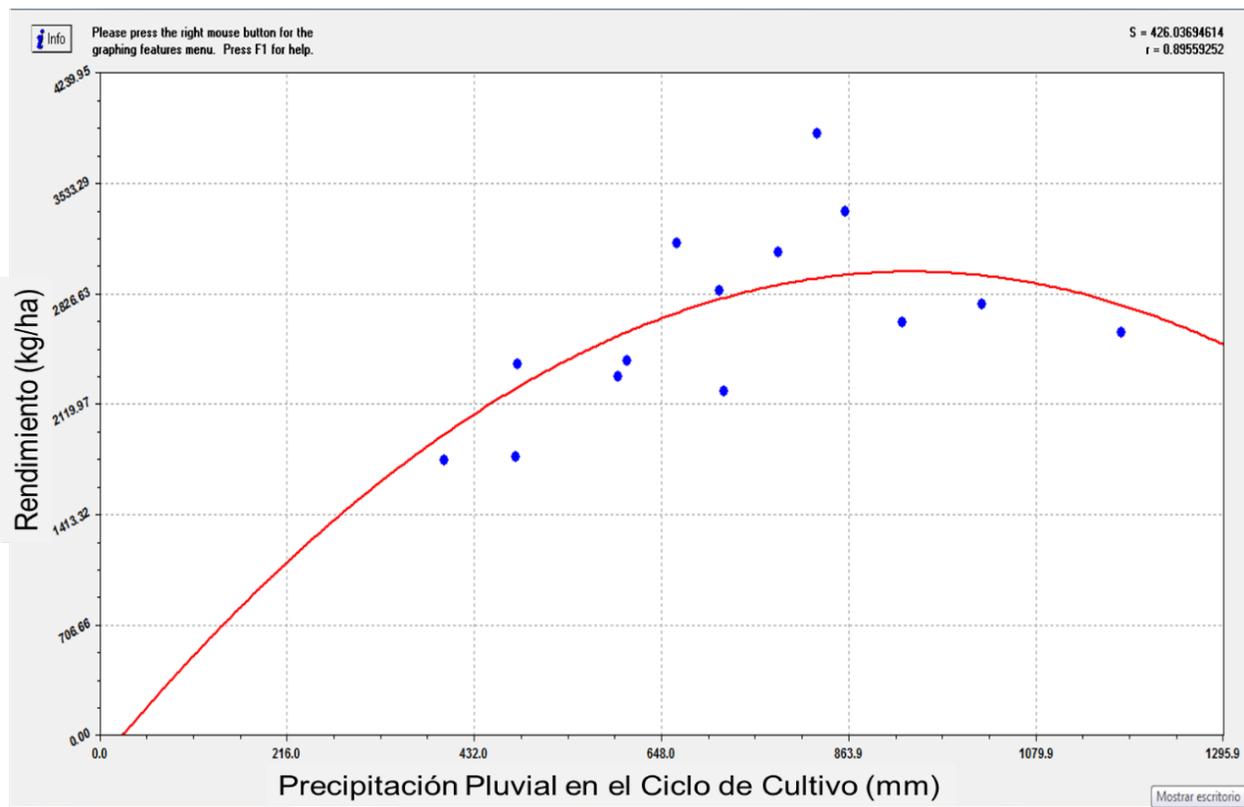


Figura 1. Relación del rendimiento (kg/ha) y precipitación pluvial (mm) en el ciclo de cultivo de 14 ensayos de rendimiento. Campo Experimental Las Huastecas-INIFAP.

Se tuvieron tres años con más de 3,000 kg/ha: estos fueron el 2004 (3,151.8 kg/ha) con PP en el ciclo de 665.4 mm y PP en el Periodo de R4 a R7 de 152.3 mm; el 2005 (3,092.6 kg/ha) con PP en el ciclo de 783.0 mm y PP en el Periodo de R4 a R7 de 202.0 mm; en el 2014 (3,355.0 kg/ha) con PP en el ciclo de 860.3 mm y PP en el Periodo de R4 a R7 de 272.8 mm.

También cabe señalar que además del 2016, otro año con bajo rendimiento fue el 2006 (1,784.6 kg/ha) con una PP durante el ciclo de 479.8 mm y una PP de 240.1 mm durante el periodo de R4 a R7, esto concuerda con (Kirnak *et al.* 2008) quienes informaron que cualquier estrés hídrico de R3 a R7 resulta en una reducción sustancial del rendimiento debido a la disminución del crecimiento vegetativo, el contenido relativo de agua de las hojas y el contenido de clorofila de las hojas, sin embargo, en dos años se presentaron lluvias excesivas que sin duda ocasionaron estrés impidiendo que se obtuvieran los mayores rendimientos esperados: 2008 (2,579.84 kg/ha) con una PP durante el ciclo de 1,178.1 mm y una PP de 151.3 mm durante el periodo de R4 a R7; otro año fue 2017 (2,756.9 kg/ha) con una PP durante el ciclo de 1017.4 mm y una PP de 411.3 mm durante el periodo de R4 a R7. El exceso de lluvias también reduce el rendimiento del cultivo de soya, en un trabajo realizado por (Vogel *et al.* 2019), obtuvieron una reducción del 20% en el rendimiento de grano de soya en el ciclo primavera-verano por exceso de lluvias durante diferentes etapas del cultivo.

CONCLUSIONES

El rendimiento se correlacionó positivamente con la lluvia ocurrida en el ciclo de cultivo ($r=0.89$). El rendimiento promedio de los 14 ensayos fue de 2,649.6 kg/ha; la PPCICLO fue un promedio de 732.7 mm y la PPR4-R7 fue de 163.7 mm. Los valores de lluvia por ciclo de cultivo mayores de 1000 mm no necesariamente se relacionaron con rendimientos altos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Blain GC, Kayano MT, Sentelhas PC, Lulu J. 2009. Possible influences of pacific decadal oscillation in the ten day based ratio between actual and potential evapotranspiration in the region of Campinas, São Paulo State, Brazil. *Bragantia*. 68 797–805.
2. Fehr, W.R. and C.E. Caviness. 1977. Stages of Soybean development. Iowa Agr. Exp. Sta. Special Report 80.
3. Kirnak H, Dogan E, Alpaslan M, Celik S, Boydak E and Copur O. 2008. Drought stress imposed at different reproductive stages influences growth, yield and seed composition of soybean. *Philipp. Agric. Sci.* 91 261-268.
4. Van Ittersum, MK, Cassman KG, Grassini P, Wolf J, Tittonell P, and Hochman Z. 2013. Yield gap analysis with local to global relevance: A review. *Field Crops Res.* 143: 4– 17.
5. Vogel E. *et al.*, 2019. The effects of climate extremes on global agricultural yields.

Sección: Agrometeorología

PARÁMETRO BIOFÍSICO DE UN HÍBRIDO DE MAÍZ DETERMINADO A PARTIR DE IMÁGENES AÉREAS

Mariana de Jesús Marcial^{1*}, Ernesto Sifuentes Ibarra², Sergio Iván Jiménez Jiménez¹, Jaime Macías Cervantes², Adolfo Ignacio Ruiz Muñoz³

¹ CENID RASPA-INIFAP, Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México.

² Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP. Carretera México-Nogales Km. 1609, Juan José Ríos, C.P. 81110, Sinaloa, México.

³ Bayer de México S.A. DE C.V. Blvd. Miguel de Cervantes de Saavedra 259, C.P. 11520, CDMX.

marcial.marianadejesus@inifap.gob.mx

Palabras claves: Imágenes aéreas, NDVI, cobertura vegetal.

INTRODUCCIÓN

Uno de los parámetros biofísico más importante en el monitoreo de los cultivos es la fracción de la cobertura vegetal (CV), el cual describe la fracción ocupada por la cubierta verde o la proporción de la superficie de suelo que es interceptada por la proyección vertical de la vegetación. La CV se ha utilizado para estudiar el estado fenológico y fisiológico de la vegetación, estimar rendimientos y monitorear las etapas de desarrollo de los cultivos (Nguy-Robertson et al. 2013).

La determinación de la cobertura vegetal efectiva y de otros parámetros biofísicos del cultivo suelen ser compleja y costosa, lo que exige la utilización de herramientas tecnológicas para determinar la CV de forma más precisa, rápida y con un bajo costo. En los últimos años, la CV se puede derivar de los sensores remotos de forma más eficiente mediante la adquisición de imágenes con vehículos aéreos no tripulados (VANTs) o drones; donde el análisis de las imágenes se realizado con índices de color (IC) e índices de vegetación (IVs) (Xiao & Moody, 2005).

En imágenes con alta resolución espacial como los son las imágenes adquiridas con los drones, se utilizan algoritmos de segmentación de imágenes para separar la vegetación de otros tipos de coberturas; estos algoritmos se han utilizado para clasificar a los cultivos. Existen estudios que relacionan índices de vegetación (IVs) para estimar CV a partir de modelos de regresión (Johnson & Trout, 2012; Xiao & Moody, 2005).

El objetivo del presente trabajo fue el desarrollo de una la relación entre la CV y el índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI) durante el desarrollo fenológico de un híbrido comercial de maíz de porte bajo de reciente introducción al mercado. La estimación de CV se realizó mediante la segmentación de imágenes basada en umbrales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y establecimiento de tratamientos

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021 en el campo experimental Valle del Fuerte (CEVAF) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en la zona árida del norte de Sinaloa en las coordenadas 25° 48' 53" N y 109° 01' 32" O, en un suelo plano de textura arcillosa con humedad aprovechable de 0.16 cm³ cm⁻³, pobre en materia orgánica y sin problemas de sales. El híbrido de maíz de porte bajo de reciente introducción al mercado se estableció el 23 de diciembre del 2020 en un terreno de 2,880 m² con una densidad de siembra de

100,000 semilla ha⁻¹, la separación entre surcos fue de 0.8 m con una longitud de 100 m. Previo a la siembra se aplicó un riego de asiento por gravedad para uniformizar la humedad en la zona radical.

Se establecieron cuatro tratamientos (T) de estrés hídrico: T1 consistió en la aplicación de cinco riegos de auxilio, T2 con cuatro riegos auxilios, T3 con tres riegos auxilios y T4 con dos riegos de auxilios. Cada tratamiento estuvo formado por ocho surcos divididos longitudinalmente en tres repeticiones. En todos los casos los riegos se aplicaron por gravedad en las etapas más sensibles del cultivo, cuya planeación se realizó mediante balance hídrico en tiempo real.

Obtención de las imágenes

Las imágenes aéreas se obtuvieron con el dron eBee y la cámara Parrot sequoia con las bandas del verde (G), rojo (R), borde rojo (REG) e infrarrojo cercano (NIR) y un sensor RGB. Se realizaron vuelos entre las 10:00 y 12:00 horas durante el crecimiento del cultivo. El procesamiento para la obtención de los ortomosaicos se realizó con el software Pix4D.

Índice de vegetación y fracción de la cobertura vegetal

Los índices de vegetación pueden ser definidos como parámetros calculados a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda con el fin de obtener información relacionada con la vegetación, minimizando la influencia de otros factores externos como las propiedades ópticas del suelo y la irradiación solar (Gilabert *et al.*, 1996). El IV más utilizados en la agricultura es el índice de vegetación de diferencias normalizadas (NDVI).

El NDVI se obtuvo de los ortomosaicos multiespectrales y se calculó mediante la ecuación (1) empleando el software QGIS:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R} \quad (1)$$

La CV se estimó usando las imágenes NDVI de cada fecha, para ello se aplicó el método de segmentación basado en umbrales para cada lote de interés la cual consta de dos etapas; en la primer etapa se estimó un valor umbral de la imagen NDVI y en la segunda etapa se aplicó este valor umbral a la imagen. En este caso para estimar el valor umbral de forma automática se usó el algoritmo de umbralización de Otsu (Otsu, 1979); los pixeles de NDVI que presentaron un valor mayor al umbral fueron clasificados como vegetación mientras que los pixeles con un valor menor al umbral fueron clasificados como “no vegetación”, después de realizar la clasificación de los pixeles con vegetación estos fueron supervisados y en su caso corregidos manualmente. Finalmente conociendo las zonas con vegetación, se determinó la fracción de la cobertura vegetal (CV) para cada lote durante el desarrollo del híbrido como la relación entre el área clasificada como vegetación y el área total delimitada.

Relación CV-NDVI

Usando NDVI, Johnson & Trout (2012) desarrollaron una relación lineal para determinar la cobertura vegetal de algunos cultivos a partir de los datos de sensores remotos. Durante el desarrollo del cultivo la CV y el NDVI presentaron comportamientos similares, lo que permite la relación entre estas dos variables. Para estimar la CV a partir del NDVI se realizó un modelo de regresión lineal entre estas variables, debido a que es más sencillo de obtener los IVs.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo del CV y NDVI

En la figura 1 se puede observar que la curva de CV y NDVI presentan comportamiento similares. El valor de la CV máxima promedio es de 0.83, mientras que el valor del NDVI es de 0.74; la dispersión de los datos de la CV y del NDVI se debe a las condiciones de riego presentadas en cada lote.

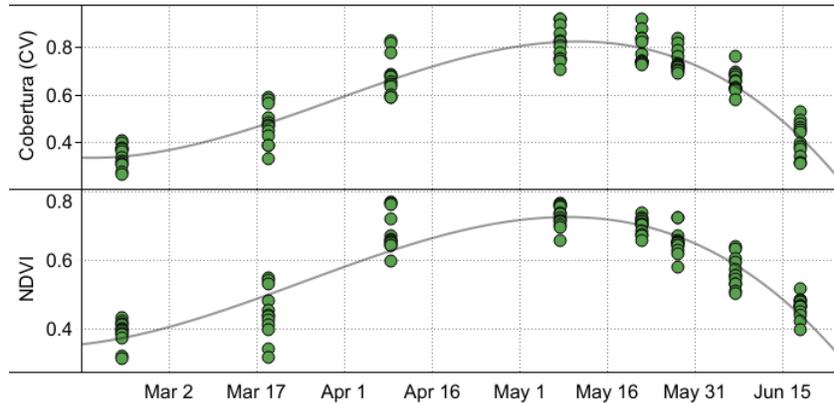


Figura 1. Evolución de la CV y del NDVI del hídrico de maíz.

Relación entre CV-NDVI

En la figura 2 se muestra la relación entre la CV y el NDVI con un coeficiente de determinación R^2 de 0.85, lo que indica que el NDVI puede explicar gran parte de la varianza de CV. La correlación de ambas variables es mayor para los valores bajos y altos y ligeramente menor para los valores intermedios, a esto se le atribuye que los valores se presentan después de obtener la cobertura máxima efectiva durante la etapa reproductiva del cultivo. Los valores del NDVI obtenidos son los valores promedio de cada lote analizado. Uno de los factores que pueden contribuir a la dispersión en la relación CV-NDVI es que parte del suelo expuesto sombreado por vegetación elevará el NDVI.

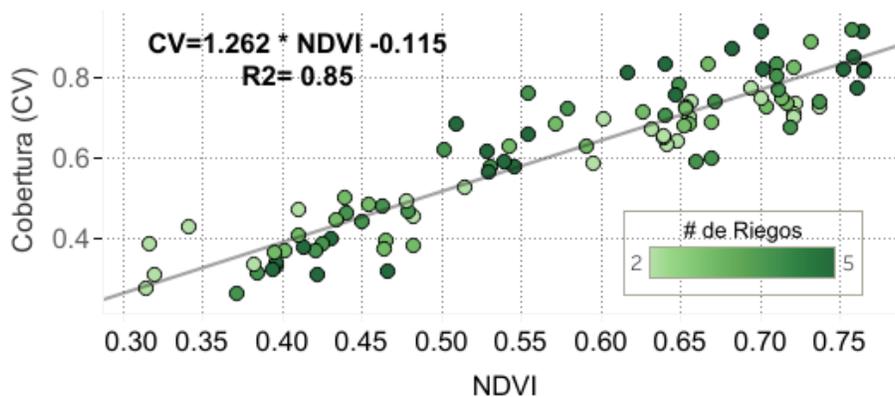


Figura 2. Relación entre la CV-NDVI.

CONCLUSIONES

Los índices de vegetación derivado del análisis de las imágenes aéreas son un apoyo para determinar las variables biofísicas de cultivo de manera indirecta como la CV, sin embargo, se requiere la validación mediante datos de campo.

Es posible obtener la variación espacial de la CV con la relación CV-NDVI, lo cual brinda información adecuada sobre todo en zonas agrícolas extensas.

Se cuenta con métodos de clasificación probados (algoritmos) para estimar la CV, variable biofísica de gran utilidad agrícola para estudios de estrés hídrico y modelación de cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gilabert, M. A., Gandía, S., & Melia, J. (1996). Analyses of spectral-biophysical relationships for a corn canopy. *Remote Sensing of Environment*, 55(1), 11-20.
2. Johnson, L. F., & Trout, T. J. (2012). Satellite NDVI assisted monitoring of vegetable crop evapotranspiration in California's San Joaquin Valley. *Remote Sensing*, 4(2), 439-455.
3. Nguy-Robertson, A., Gitelson, A., Peng, Y., Walter-Shea, E., Leavitt, B., & Arkebauer, T. (2013). Continuous monitoring of crop reflectance, vegetation fraction, and identification of developmental stages using a four band radiometer. *Agronomy Journal*, 105(6), 1769-1779.
4. Otsu, N. (1979). A threshold selection method from gray-level histograms. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9(1), 62-66.
5. Xiao, J., Moody, A. (2005). A comparison of methods for estimating fractional Green vegetation cover within a desert-to-upland transition zone in central New Mexico, USA. *Remote Sensing of Environment*, 98, 237-250.

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

LOCALIZACIÓN ESPACIAL DE REGIONES CON POTENCIAL PRODUCTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE MORINGA EN MÉXICO

Verónica Mariles Flores¹; Miguel A. Cano García¹; Víctor Hugo Díaz Fuentes²; Ana L. Reyes Reyes²

Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales, Agrícolas y Pecuarias

1CE Valles Centrales de Oaxaca CIRPAS-INIFAP; 2CE Rosario Izapa CIRPAS-INIFAP

mariles.veronica@inifap.gob.mx

Palabras Clave: *Moringa oleifera*, Potencial productivo

INTRODUCCIÓN

El árbol de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) es una especie con potencial para la producción de biodiesel y en alimentación humana y animal. Sin embargo, para introducirlo como un nuevo “cultivo” en regiones donde no se conoce, es necesario que se recopile y se revise información de sus requerimientos edafoclimáticos y comparar si en las nuevas áreas se cumple con los requerimientos, por ello, es indispensable una herramienta como son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales, constituyen una herramienta fundamental para que nos permitan realizar procesos con los que son factibles conocer aquellas áreas en las que es posible que el cultivo se desarrolle, por ello, a este proceso se le conoce como identificación espacial de áreas con potencial productivo. Esta actividad se realizó con el objeto de localizar espacialmente, las áreas que en México presenten condiciones adecuadas de suelo y clima para que *Moringa oleifera* se desarrolle adecuadamente o con algunas restricciones para su desarrollo. Para ello, se utilizó una base de datos georreferenciada de variables climáticas generada por el INIFAP y se utilizó también información obtenida de otras fuentes como el INEGI, específicamente el modelo de elevación digital y la cartografía de uso del suelo y vegetación. Los requerimientos edafoclimáticos considerados en este estudio se determinaron con base en una revisión de literatura.

OBJETIVOS

Localizar espacialmente, las áreas que en México presenten condiciones adecuadas de suelo y clima para que *Moringa oleifera* se desarrolle adecuadamente o con algunas restricciones para su desarrollo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con base en información obtenida mediante revisión de la literatura existente, información de pruebas preliminares y la consulta a investigadores en esta especie, se determinaron los requerimientos ambientales de altitud, pendiente del suelo, lluvia y temperatura necesarios para determinar áreas con potencial para el cultivo de moringa en México. Una vez definidos los requerimientos ambientales, se utilizó la base de datos georreferenciada edafoclimática generada por el INIFAP que tiene una resolución espacial de 90 m por píxel y que está formada por variables de temperatura, precipitación pluvial, altitud y pendiente del suelo. Se utilizaron las siguientes bases de datos edafoclimáticas georreferenciadas tipo “raster” con una resolución de 90 m por píxel (Modelo de elevación digital, Temperatura media anual, Precipitación media anual y Pendiente del suelo). Los procesos que se realizaron fueron los siguientes: 1. Reclasificación de cada una de las bases de datos de acuerdo a los rangos definidos; 2. Sobreposición de las capas reclasificadas; 3. Reclasificación de las imágenes generadas y 4. Software utilizado (GIS): IDRISI, ArcGis.

En una primera etapa, se generó la cartografía en la que se identificaron las áreas con grados de potencial (bueno, mediano y marginal o no apto) para expresar su producción de acuerdo a requerimientos de temperatura, lluvia, altitud, pendiente del suelo y cubierta vegetal. La cartografía se generó en diferentes escalas (1:500,000 a 1:50,000), de acuerdo a la extensión de la superficie. Los mapas digitales se elaboraron a nivel estatal, pero sobre ellos se sobrepuso la división municipal y las superficies por potencial productivo se reportaron a nivel municipio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Con base en información de literatura (National Research Council, (2006); Alfaro y Martínez, (2008); Falasca y Bernabé, (2009); Chali, (2011); Radovich, (2011)) y de expertos en el cultivo, se definieron los rangos y niveles de potencial utilizados para determinar áreas con potencial para el cultivo de moringa en México, que se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rangos de variables para determinar áreas con potencial para el cultivo de moringa en México

| Variable | Potencial productivo | | |
|------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------|
| | Bueno | Mediano | Marginal/No Apto |
| Altura (msnm) | 0 - 600 | 600 - 1200 | >1200 |
| Pendiente (%) | > o = 15 | 15 - 30 | >30 |
| Lluvia Anual (mm) | 700 - 1200 | 300 - 700 y 1200 - 1500 | <300 y >1500 |
| Temperatura media anual (°C) | 25 - 35 | 18 - 25 y 35 - 38 | <18 y >38 |

Adicionalmente a los requerimientos descritos en el Cuadro 1, se eliminaron áreas con suelos vertisoles, áreas urbanas y los cuerpos de agua. Sólo se consideraron aquellas áreas cuyo uso actual es la agricultura de temporal o se encuentran ocupadas con pastizales.

Las condiciones de altitud que corresponden a potencial bueno y mediano, se presentan principalmente en las planicies costeras del Golfo y del Pacífico, en la península de Yucatán y en Baja California. La variable de temperatura, no presenta restricciones de potencial productivo en las áreas mencionadas anteriormente, excepto por una zona importante en el norte de Baja California. Las condiciones de pendiente del suelo, reducen las áreas que por altitud tienen potencial productivo pues se presentan valores mayores al 30% principalmente en la planicie costera del Pacífico y en Baja California. Con respecto a las condiciones de lluvia, valores menores a 300 mm en Baja California y mayores de 1,500 mm en el sur de Veracruz, Norte y Costa de Chiapas y Tabasco, reducen también las áreas con potencial productivo. La restricción de suelos pesados (vertisoles) también redujo áreas con potencial principalmente, en la planicie costera del pacífico de los estados de Sonora y Sinaloa y en la planicie costera del Golfo, en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Quintana Roo.

Mediante la combinación de todas las variables analizadas anteriormente, se realizó la localización espacial de aquellas áreas que cumplen con las condiciones establecidas para que la producción de semilla de moringa se realice con niveles de productividad buenos y medianos y se encontró que prácticamente en toda la península de Yucatán, casi toda el área en los estados de Tamaulipas y Sinaloa y en áreas extensas de los estados de Nuevo León, Coahuila, Sonora y Colima se tienen condiciones para la producción de semilla de moringa con niveles de potencial bueno y mediano. Sin embargo, considerando que el uso actual del suelo es una variable importante de considerar, pues no se esperaba que áreas con vegetación de selva o de bosque pudieran ser utilizadas para el establecimiento de plantaciones de moringa y lo mismo puede decirse de las áreas con agricultura de riego, solamente se seleccionaron como factibles de ser utilizadas con plantaciones de moringa a aquellas áreas con agricultura de temporal o con pastizales y se redujeron considerablemente las zonas consideradas como adecuadas para la producción de semilla de moringa.

Como resultado del procesamiento de las variables discutidas anteriormente, se identificaron las áreas con potencial productivo para la producción de semilla de moringa cuya localización espacial se muestra en la Figura 1. Los resultados indican que, a nivel nacional, una superficie total de 2.38 millones de hectáreas presentan características consideradas como de buen potencial para la producción de semilla de moringa y 7.14 millones de hectáreas presentan condiciones de potencial mediano, mientras que, en el resto de la superficie del país, las condiciones de clima y suelo se consideran como marginales o no aptas. En términos de la superficie nacional, el 1.2 y 3.6 % corresponden a potencial bueno y mediano respectivamente. Resaltan los estados de Veracruz, Chiapas y Tamaulipas con más de un millón de hectáreas con potencial

mediano y alto cada uno y en conjunto agrupan el 43 % de la superficie total con potencial mediano y alto en el país. En contraparte, los estados de Aguascalientes, Baja California, Distrito Federal, Guanajuato, Tlaxcala y Zacatecas no cuentan con condiciones de potencial mediano o alto y en los estados de Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Morelos y Querétaro la superficie con potencial mediano o alto es mínima.

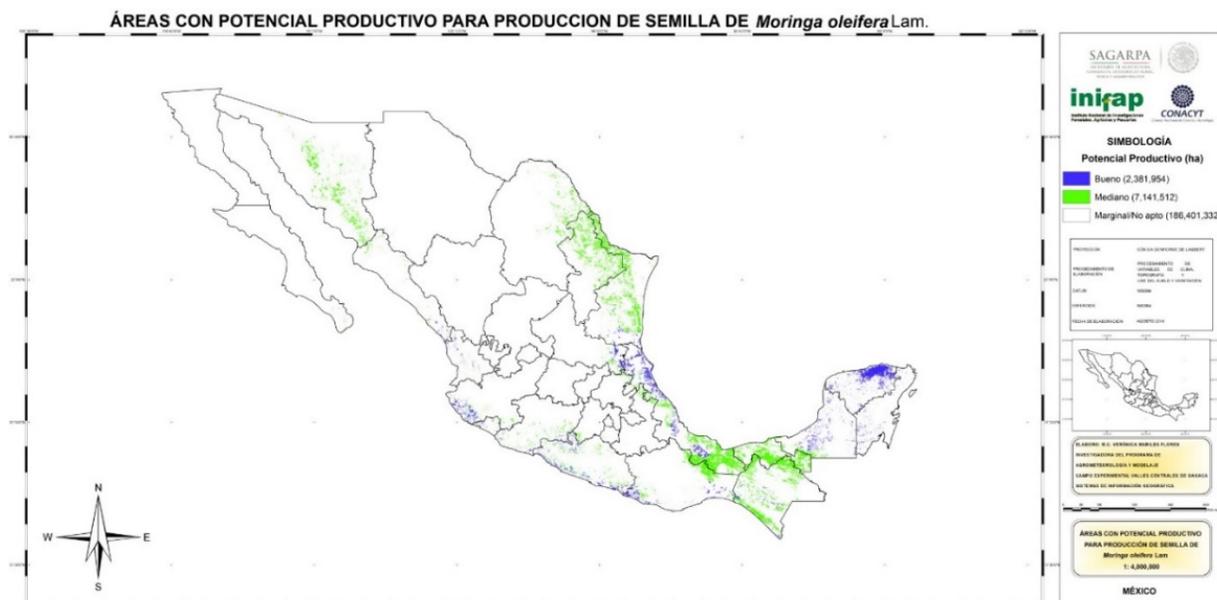


Figura 1. Áreas con potencial productivo para la producción de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en México

CONCLUSIONES

Los resultados generados por este estudio corresponden exclusivamente al potencial de producción independientemente de las condiciones actuales de otras actividades productivas e inclusive de vegetación natural.

La cartografía generada representa una guía ilustrativa y cuantitativa para tomadores de decisiones quienes deberán estar conscientes de la necesidad de realizar evaluaciones locales acerca de las condiciones actuales antes de definir el establecimiento de plantaciones nuevas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

SAGARPA - CONACYT

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfaro, N. C. y Martínez, W. W. 2008. Uso Potencial de la Moringa (*Moringa oleifera*, Lam) para la Producción de Alimentos Nutricionalmente Mejorados. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. Guatemala, C.A. 30 p.
2. Chali, M. R. Y. 2011. Moringa *Moringa oleifera* Lam: Una nueva alternativa en seguridad alimentaria en el municipio de La Unión, Zacapa. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 11 p.
3. Falasca, S. L y Bernabé, M. A. 2009. Zonificación agroclimática de la moringa (*Moringa oleifera*) en Argentina para producir biodiesel y bietanol. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 13(11): 65-70.

4. National Research Council. 2006. Lost Crops of Africa. Volume II: Vegetables. The National Academies Press, Washington, D.C. 345 p.
5. Radovich, T. 2011 (revised). Farm and Forestry Production and Marketing Profile for Moringa (*Moringa oleifera*). In: Elevitch, C.R. (ed.). Specialty Crops for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR), Holualoa, Hawai'i. <http://agroforestry.net/scps>

REUNIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN AGRÍCOLA
SECCIÓN: AGUA, SUELO, AGROMETEOROLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

AGUAS RESIDUALES TRATADAS: UNA FUENTE DE AGUA, NUTRIENTES Y ENERGÍA PARA LA PRODUCCIÓN DE CEBADA EN ZONAS ÁRIDAS Y SEMIÁRIDAS

Jesús Manuel Ochoa-Rivero^{1*}, Alan Álvarez-Holguín¹, Omar Castor Ponce-García¹, Gabriel Sosa-Pérez¹, Carlos R. Lara-Macías¹, Cristo Omar Puente-Valenzuela²

¹Campo Experimental La Campana, CIRNOC-INIFAP. ochoa.jesus@inifap.gob.mx

²CENID-RASPA, INIFAP.

Palabras clave: Eficiencia fotosintética, estomas, *Hordeum vulgare* L., rendimiento.

INTRODUCCIÓN

La utilización de aguas residuales tratadas (ART) para riego agrícola ha ganado atención a nivel global, debido a que permite preservar el agua subterránea y superficial para uso doméstico. Un gran número de estudios han sido realizados para estudiar los efectos del uso de ART sobre atributos agronómicos de cultivos de importancia económica, como es la cebada (*Hordeum vulgare* L.). La cebada es el cuarto cereal más importante en el mundo, cada año se producen cerca de 150 millones de Ton de este cultivo en el mundo (Samarah *et al.*, 2020). Estudios previos han demostrado que el riego con ART puede tener impactos benéficos sobre la productividad de cebada (Al-Karaki, 2011). No obstante, se desconocen las repercusiones fisiológicas y bioquímicas que puede tener la utilización de estas aguas sobre la producción de cebada. Por tanto, el objetivo fue evaluar el efecto del riego con ART sobre atributos agronómicos, fotosintéticos, estomáticos y nutricionales en cebada. Los resultados permitirán conocer la pertinencia de la utilización de ART para la producción agrícola en el zonas áridas y semiáridas de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un experimento en la propiedad de un productor cooperante, ubicada en el municipio de Aldama, Chihuahua, México. La parcela se identifica con el nombre de "Los Alamitos" y se localiza en una Latitud Norte 28° 44' 44.28" y una Longitud Oeste 105° 57' 28.52". El área de estudio se eligió debido a que ha sido irrigada durante 30 años con dos fuentes de agua, en una sección con agua de pozo (AP) y en otra con ART. Las ART provienen de la Planta Tratadora de Aguas Residuales (PTAR) - Sur de la ciudad de Chihuahua. La preparación del suelo para la siembra se llevó a cabo bajo las siguientes prácticas agrícolas: barbecho, rastreo, subsoleo y surcado. El experimento utilizó dos melgas de 10 m de ancho y 150 m de largo, con 0.84 m de separación entre surcos. Una melga fue irrigada con AP y otra con ART. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar. La siembra de cebada se realizó el 01 de febrero de 2020, con semilla de la variedad Alina. El área de estudio fue fertilizada con 100 kg h⁻¹ de urea (CO(NH₂)₂) 5 días después de la siembra (DDS), para ambos tratamientos. Durante el experimento, se aplicaron seis riegos en las siguientes fechas: 7 de febrero, 21 de febrero, 6 de marzo, 23 de marzo, 3 de abril y 17 de abril.

Las variables altura de planta (AP), índice de concentración de clorofila (ICC) e índice de área foliar (IAF) se evaluaron en cuatro fechas de muestreo; a los 25, 40, 60 y 90 DDS. El ICC se cuantificó mediante un dispositivo CCM-200 (Opti-Sciences, Inc.) y el IAF se estimó con ceptómetro ACCUPAR LP-80 (Decagon Devices, Inc.). La producción de forraje se determinó en las fechas antes mencionadas y en un muestreo más, a los 115 DDS. Para ello, se realizaron cortes en seis cuadrantes (n=6) de 0.25 m² a 5 cm del suelo. El

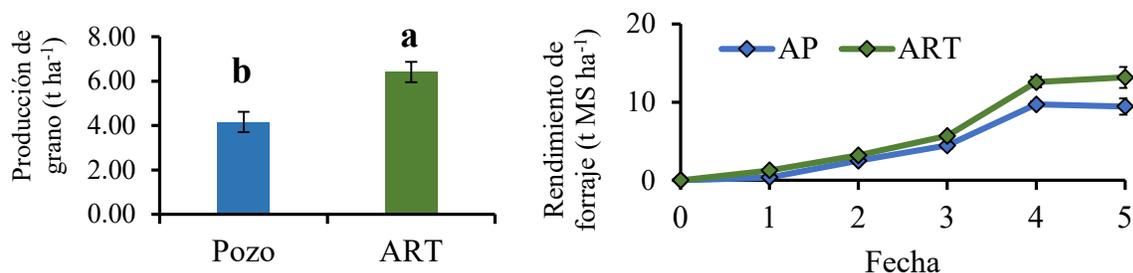
forraje obtenido se secó en estufa de a 65°C por 72 h. En el último muestreo, se separó la semilla del forraje y se pesó para estimar la producción de grano.

La eficiencia fotosintética se evaluó a los 80 DDS, a través de los parámetros de fluorescencia de las clorofilas: rendimiento cuántico máximo del fotosistema II (Fv/Fm), eficiencia fotoquímica del fotosistema II (Φ PSII) y tasa de transferencia de electrones (ETR). Estos parámetros fueron evaluados utilizando un fluorímetro portátil (Mini-PAM; Walz, Efeltrich, Alemania). Las características estomáticas evaluadas fueron densidad estomática (DE) y área estomática (AE), en 18 plantas por tratamiento. Estas se evaluaron mediante impresiones de la lámina foliar, con pegamento líquido de cianoacrilato. Las impresiones se observaron en microscopio de contraste de fases a 200x. Se contabilizó el número total de estomas y se midió el área de tres estomas de cinco campos ópticos por planta. Además, se cuantificó la concentración de nitrógeno total (N-t), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), y hierro (Fe), en raíz, tallo, hoja y grano. La determinación de estos elementos se realizó por absorción atómica (AAnalyst700 de la marca Perkin Elmer), en 12 plantas por tipo de agua de riego.

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza de múltiples factores (tipo de agua de riego, tiempo, bloque e individuo). Además, la prueba de comparación de Dunnett ($\alpha=0.05$) fue utilizada para comparar entre tipos de agua de riego, en cada fecha de muestreo. El análisis de datos fue realizado a través del paquete estadístico R versión 4.0.5.

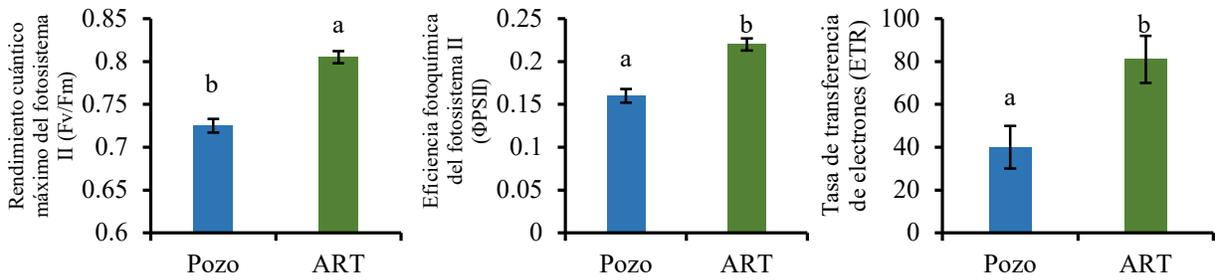
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas regadas con ART presentaron diferencias agronómicas, respecto a las regadas con AP. El riego con ART generó un incremento ($P<0.05$) de 54.3% en la producción de grano y forraje, en comparación con el riego con AP (Gráfica 1).

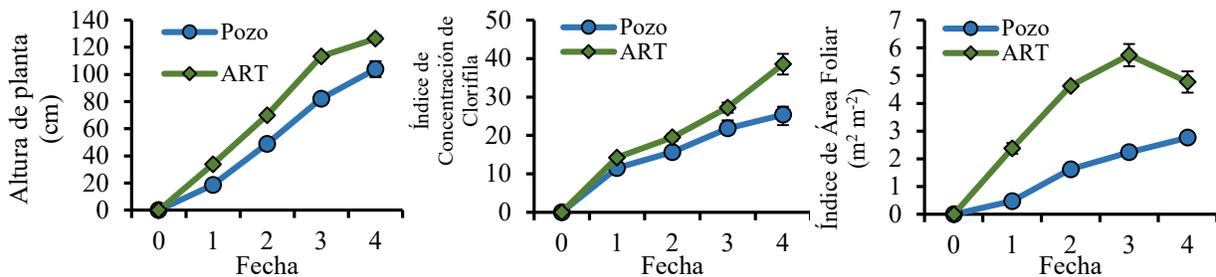


Gráfica 1. Producción de grano y rendimiento de forraje en plantas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) regadas con aguas residuales tratadas (ART) y agua de pozo (AP).

El riego con ART generó plantas con mayor ($P<0.05$) altura, ICC e IAF, en todas las fechas de evaluación (Gráfica 2). El tipo de agua de riego también generó diferencias ($P<0.05$) en todos los parámetros de eficiencia fotosintética (Gráfica 3). Las plantas regadas con ART presentaron mayor ($P<0.05$) eficiencia fotosintética que las regadas con AP. Este resultado concuerda con Palliotti *et al.* (2009), quienes encontraron que altas concentraciones de clorofila benefician la absorción de la luz y la eficiencia fotosintética, debido a que es el pigmento encargado de captar radiación solar para la fotosíntesis.

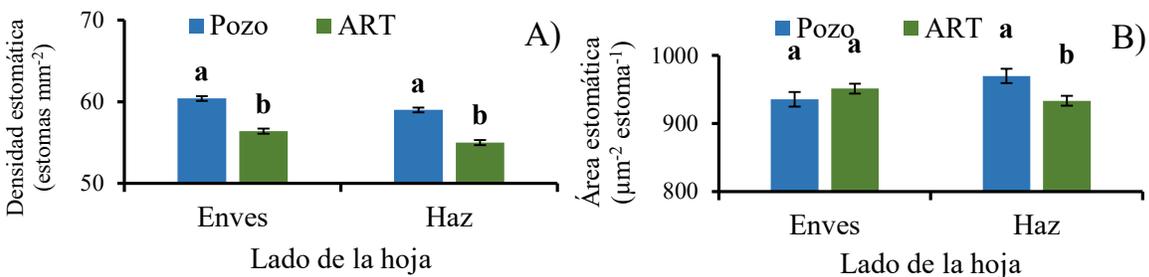


Gráfica 4. Parámetros de eficiencia fotosintética de plantas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) irrigadas con agua de pozo (AP) y aguas residuales tratadas (ART).



Gráfica 2. Altura, índice de concentración de clorofila e índice de área foliar de plantas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) regadas con aguas residuales tratadas (ART) y agua de pozo (AP).

El tipo de riego provocó un cambio significativo ($P < 0.05$) en DE y AE (Gráfica 3). Las plantas de cebada regadas con ART presentaron menor ($P < 0.05$) densidad de estomas que las de AP, tanto en haz como en envés. El AE no varió ($P > 0.05$) entre tipos de agua de riego en el envés, pero en el haz, las plantas regadas con ART tuvieron menor ($P < 0.05$) AE. Los resultados concuerdan con Hughes *et al.* (2017), quienes reportaron que líneas mutantes de cebada con baja DE presentaron mayor eficiencia fotosintética.



Gráfica 5. A) Densidad estomática y B) área estomática de plantas de cebada (*Hordeum vulgare* L.) regadas con agua de pozo (AP) y aguas residuales tratadas (ART).

Las plantas regadas con ART presentaron ($P < 0.05$) mayor concentración de P en tallos y raíz. Investigaciones previas han encontrado una estrecha relación entre la concentración de clorofila y el contenido de P en diversos cultivos (Ahmad *et al.*, 2017), lo que concuerda con los resultados del presente estudio. Las plantas irrigadas con ART mostraron mayor ($P < 0.05$) concentración de K en las hojas. Esto se atribuye a las diferencias encontradas entre tipos de agua de riego en DE y AE. Asimismo, a

que el K controla la entrada y salida de agua a las células guarda y, por lo tanto, la apertura y cierre de los estomas.

CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio demuestran que las ART son una fuente de agua, nutrientes y energía, ya que generan cambios bioquímicos, fisiológicos y agronómicos importantes en plantas de cebada. Dichos cambios generaron mayor producción de forraje y rendimiento de grano en las plantas irrigadas con ART. Por lo anterior, se considera que el uso de ART puede ser una alternativa sostenible/sustentable para la producción de cebada en regiones áridas y semiáridas. Se recomienda en trabajos futuros estimar la concentración de elementos tóxicos en agua, suelo y planta.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

A la Dirección de Desarrollo Rural del municipio de Chihuahua por el financiamiento del presente estudio. Asimismo, se externa un reconocimiento al Ing. Carlos Gustavo Monzón Burgos, al C. Abelardo Lugo Ochoa y al C. Romualdo Manuel Nieto González por sus valiosas aportaciones a esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ahmad Z, Waraich EA, Ahmad R, and Shahbaz M. Modulation in water relations, chlorophyll contents and antioxidants activity of maize by foliar phosphorus application under drought stress. *Pak. J. Bot.* 2017; 49:11-19.
2. Al-Karaki GN. Utilization of treated sewage wastewater for green forage production in a hydroponic system. *Emirates J. Food Agr.* 2011; 23:80-94.
3. Hughes J, Hepworth C, Dutton C, Dunn JA, Hunt L, Stephens, *et al.* Reducing stomatal density in barley improves drought tolerance without impacting on yield. *Plant Physiol.* 2017; 174:776-787.
4. Palliotti A, Silvestroni O, and Petoumenou D. Photosynthetic and photoinhibition behavior of two field-grown grapevine cultivars under multiple summer stresses. *AJEV.* 2009; 60:189-198.
5. Samarah NH, Bashabsheh KY, and Mazahrh NT. Treated wastewater outperformed freshwater for barley irrigation in arid lands. *Ital. J. Agron.* 2020; 15:183-193.

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático.

MODELO DE CLASIFICACION DE SERIES DE TIEMPO PARA GENERAR UN INDICE DE SEQUÍA

Victor M Rodríguez Moreno^{1*}, Jorge Ernesto Mauricio Ruvalcaba¹, Guillermo Medina García² José Grageda Grageda³

¹CE Pabellón CIRNOC-INIFAP;

²CE Zacatecas CIRNOC-INIFAP

³CE Costa de Hermosillo CIRNO-INIFAP

rodriguez.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave: Sequía, Pronóstico, Modelo de datos, Mitigación

INTRODUCCION

La Organización Meteorológica Mundial (OMM) señala además que la sequía es el desastre natural más perjudicial en cuanto a sus impactos socioeconómicos. La define como un periodo seco prolongado en el ciclo climático natural que puede ocurrir en cualquier parte del mundo. Es un fenómeno meteorológico de asentamiento lento causado por la ausencia de lluvia. Algunos factores agravantes que aumentan la vulnerabilidad son la condición de pobreza de la población, el uso inadecuado del suelo, y el uso ineficiente del agua. En 2016, OMM y la Asociación Mundial para el Agua (*Global Water Partnership*, GWP, por sus siglas en inglés) publicaron conjuntamente el Manual de indicadores e índices de sequía, cuyo objetivo es sustentar planes de preparación y políticas de manejo de sequías mediante el análisis y la descripción de los indicadores de sequía más comunes utilizados en regiones propensas a este fenómeno. Los indicadores son variables, factores o parámetros utilizados para describir condiciones de sequía. Los índices son representaciones numéricas informatizadas de la severidad de la sequía y tienen por objeto estimar y analizar el estado cualitativo de sequía en un entorno espacial y periodo determinados. Desde el punto de vista técnico, los índices también se consideran indicadores (OMM y GWP, 2016). Para los fines del presente manuscrito, el término indicadores de sequía se asigna genéricamente para referirse tanto a índices como a indicadores. Al mostrar de qué indicadores se dispone y cuáles se utilizan en todo el mundo, sin pretender dar a los diferentes indicadores una jerarquía o emitir recomendaciones sobre cuáles deben utilizarse, se pretende utilizar como referencia a profesionales en el campo de estudios sobre sequía (OMM y GWP, 2016).

Hay pruebas de que el calentamiento global está aumentando la frecuencia y la extensión de las sequías en muchos lugares del mundo (Sivakumar *et al.*, 2014). Además, la condición de sequía es un factor importante que contribuye a agravar los peligros en ecosistemas abiertos de incendios forestales lo que provoca mayores pérdidas que un evento de peligro individual. La vigilancia y la mitigación de la sequía pueden ser cada vez más necesarias en los próximos años.

El Monitor de Sequía de América del Norte (*North American Drought Monitor* –NADM, por sus siglas en inglés), ha sido probadamente exitoso en comunicar que el estado de la sequía es una mezcla de ciencia y arte y que no hay una manera más o menos correcta para medirla y detectarla. En su categorización utiliza una gama de índices en el entendido de que uno solo no explica todas las circunstancias de su presencia (Heim, 2002). Desde 1980, las mayores sequías y ondas de calor en los Estados Unidos han ocasionado pérdidas económicas del orden de 100 billones de dólares estadounidenses (Lott y Ross, 2000). Cuando el desabasto del agua y alimentos y es atribuido a la condición de sequía, en años recientes, las mayores tasas de mortalidad asociadas a la sequía ocurrieron en países con inestabilidad política y económica (Atlas de mortalidad y pérdidas económicas a causa del clima, OMM, 2014).

Según la extensión de la serie de tiempo y la frecuencia en el registro de datos, la condición de sequía y sus impactos en el uso del suelo, dan a lugar a un concepto ambiguo. A menudo es difícil identificar cuándo las condiciones ambientales están definiendo una determinada condición de sequía, debido a su naturaleza lenta y prolongada. En este sentido, a falta de información sobre indicadores críticos asociados a su prevalencia como: afectación a comunidades rurales y/o urbanas, aporte natural o inducido de quema de

biomasa a cielo abierto, agotamiento progresivo de las fuentes de agua superficial y subsuperficial, deterioro de la infraestructura de almacenamiento de agua y al aumento en la generación de hidroenergía por el aumento en la demanda de electricidad, por mencionar solo algunos. Es igualmente difícil de establecer una asociación directa de los efectos de la sequía en las personas, sus medios de subsistencia y el medio ambiente debido al papel omnipresente que desempeña el agua en el planeta.

Para superar las limitaciones de este enfoque de crisis, el paradigma de la gestión de riesgos de ocurrencia de la sequía (junto con los planificadores que se ocupan de otros peligros naturales), debe verse desde distintas ópticas. El objetivo de implementar las técnicas de modelado de datos por máquinas de aprendizaje automático (*machine learning*) es orientarlas hacia la aplicación de estrategias proactivas para estimar la probabilidad de ocurrencia de un periodo de sequía antes de que se produzca. Estas estrategias deben ampliarse a no solamente incluir acciones de emergencia reactivas durante una crisis, sino anticiparlas a través de la propuesta de programas específicos de acciones de mitigación de sus efectos. En el caso de la condición de sequía, esto incluye desarrollar sistemas de monitoreo en línea y proponer programas estratégicos de mitigación para crear sistemas de alerta a escala nacional, regional o local.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para entrenar el modelo de *Knn* se utilizó una estación de trabajo con 8 *cores* a 3.8 GHz y 96 Gb de RAM.

Se utilizó un conjunto de tres bases de datos- 1) La serie de tiempo del NADM de 2002 a la fecha del último archivo depositado en su servidor de alojamiento. Son datos mensuales de sequía clasificada según cinco categorías: D0, Anormalmente seco (rango percentil 30). D1, Sequía Moderada (rango percentil 20). D2, Sequía Severa (rango percentil 10). D3, Sequía Extrema (rango percentil 5). D4, Sequía Excepcional (rango percentil 2). D6, Sin datos. 2) Base de datos de lluvia mensual acumulada de CHIRPS. Base de datos histórica de 1981 a la fecha. Como matriz de referencia y salida, se utilizó un conjunto de 20,830 centroides, separados a una distancia regular de 10 km entre sí. El ecosistema de cómputo fue Python v. 3.8.5. Como técnica de análisis y pronóstico se utilizó el algoritmo KNN (*k-nearest neighbor*) de la librería *sklearn* 0.24.2. Es uno de los algoritmos no-paramétricos más simples con enfoque dual en clasificación y regresión. La salida de clasificación es una etiqueta de clase, y de regresión es un valor de propiedad del objeto. El algoritmo de basa en la teoría de tres de etapas. Primera, calcula la distancia de un nuevo punto de datos con relación a los puntos de entrenamiento. Segunda, selecciona el *k*-punto más cercano y donde *k* pues ser cualquier número entero. Tercera, asigna al punto de datos un valor de clase.

Para construir el modelo de pronóstico, la serie de tiempo se dividió en datos de entrenamiento y de prueba. Los datos de entrenamiento correspondieron al 70% de los datos y el resto se consideraron como prueba. El modelo de clasificación se entrenó utilizando la función de ajuste *k-nearest neighbors class*. Se declaró la siguiente configuración: 1) Número de vecinos cercanos. Son los que se utilizan para realizar la consulta; *n_neighbors=3*. 2) Número de puntos de peso por el inverso de la distancia (*weights: "distance"*); los vecinos más cercanos entre sí tendrán mayor influencia en el valor estimado que los vecinos más alejados. 3) *algorithm: "kd_tree"* esta opción resuelve generalizando para "*n*" número de puntos; *leaf_size=50*. 4) El tamaño de la hoja del árbol se declara con *BallTree* o *KDTree*. Esto puede afectar la velocidad de solución de la función y el manejo de las salidas de la consulta en términos de almacenamiento en disco duro. 5) El número de trabajos paralelos que se ejecutarán para la búsqueda de vecinos "-1" significa usar todos los procesadores; *n_jobs=-1*. Para pronosticar los valores de la función se utilizó la función *predict*. Para evaluar la precisión del modelo se utilizó la matriz de confusión y los indicadores *accuracy*, *precision*, *recall* (sensibilidad), *f1-score*, y *soporte*. *accuracy* es la medida más intuitiva; es la relación entre las observaciones pronosticadas correctamente sobre el total de observaciones. *precision* es la relación entre las observaciones positivas correctamente pronosticadas con relación al total de observaciones pronosticadas; un valor alto se relaciona con una tasa baja de falsos positivos. *recall* es la relación entre las observaciones positivas pronosticadas correctamente y el total de observaciones en la clase. *f1-score* es la precisión del clasificador en clasificar los puntos de datos de esa clase en particular en comparación con las demás clases. *soporte* es el número de ocurrencias en cada clase cuando la variable pronosticada es verdadera.

RESULTADOS Y DISCUSION

La serie de tiempo se caracterizó por ser no lineal e inestable. La fase de entrenamiento alcanzó una precisión global de 1.00, mientras que la fase de prueba resultó en 0.87 (Cuadro 1). Es por esta razón que las técnicas lineales de la función de pronóstico no son lo suficientemente robustas para capturar las características de las series de tiempo utilizadas.

Cuadro 1. Resumen de indicadores de precisión del modelo de función de pronóstico de sequía.

| | FASE DE ENTRENAMIENTO | | | | FASE DE PRUEBA | | | |
|-----------------|-----------------------|---------------|-----------------|----------------|------------------|---------------|-----------------|----------------|
| | <i>Precisión</i> | <i>Recall</i> | <i>f1-score</i> | <i>soporte</i> | <i>Precisión</i> | <i>Recall</i> | <i>f1-score</i> | <i>soporte</i> |
| clase D0 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 555762 | 0.85 | 0.91 | 0.88 | 238665 |
| clase D1 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 319617 | 0.72 | 0.67 | 0.77 | 137595 |
| clase D2 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 168782 | 0.92 | 0.77 | 0.84 | 72762 |
| clase D3 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 83317 | 0.96 | 0.94 | 0.95 | 35531 |
| clase D4 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 20702 | 0.94 | 0.84 | 0.89 | 8905 |
| clase D6 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1477353 | 0.90 | 0.91 | 0.90 | 631771 |
| <i>accuracy</i> | 1.00 | | | | <i>accuracy</i> | 0.87 | | |

Del Cuadro 1, la clase menos robusta de pronosticar fue la D1, Sequía moderada (*precision*=0.72; *recall*=0.67; *f1-score*=0.77), mientras que la clase más robusta fue D3, Sequía extrema moderada (*precision*=0.96; *recall*=0.94; *f1-score*=0.95).

La precisión global del modelo de función estimó un 87% de confianza en el valor pronosticado asociado al par coordenado (Figura 1).

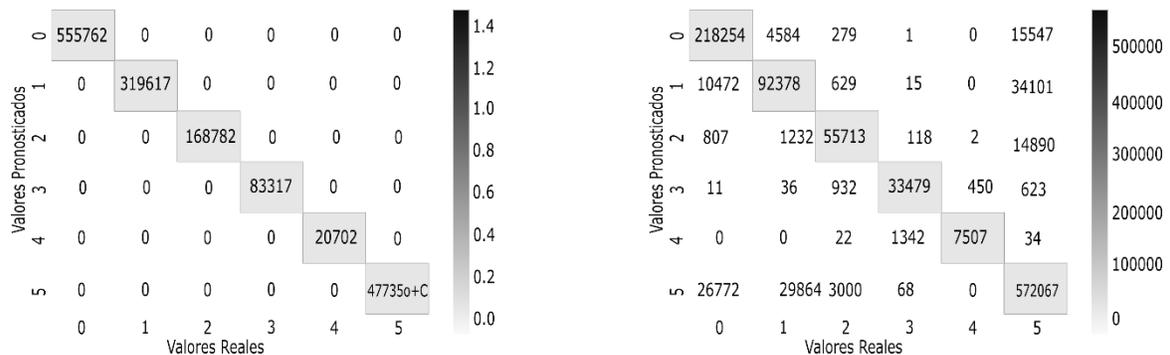


Figura 1. Matriz de confusión para las fases de entrenamiento (izquierda) y de prueba (derecha) del modelo de función.

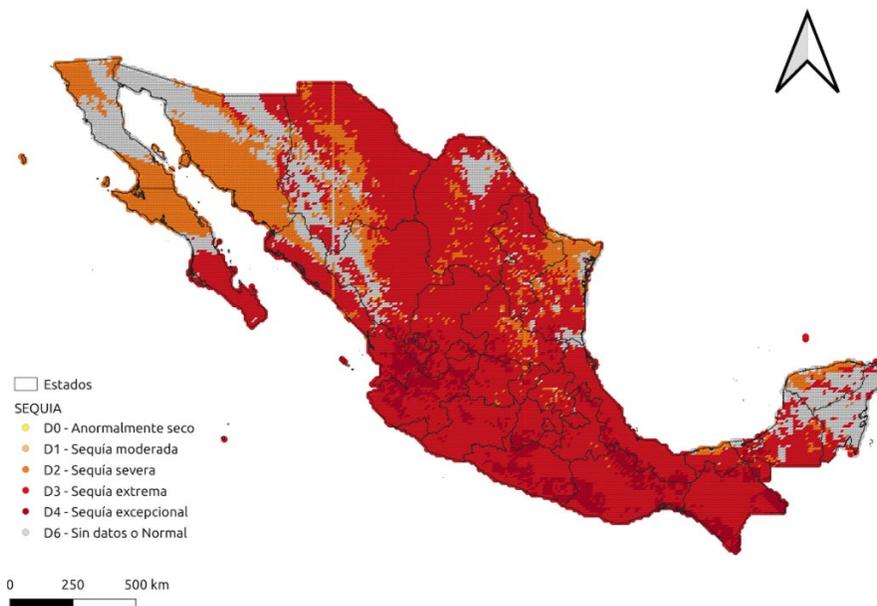


Figura 2. Matriz de solución al modelo de función del pronóstico de sequía

De la Figura 2, cada centroide representa una solución del modelo implementado.

El pronóstico de sequía se ha considerado parte integral de los programas de planeación de sequía y de acciones de mitigación a escala nacional, regional y local. Para prevenir o mitigar los efectos de la ocurrencia de sequía, es necesario implementar un sistema de alertamiento efectivo y de corto plazo. Las sequías hidrológica, meteorológica o climática y agrícola, han aumentado su frecuencia y periodo de prevalencia. Sus efectos se ven agravados por el aumento de la demanda de agua y la variabilidad meteorológica debido al cambio climático. La condición de sequía ha sido reconocida por ser un fenómeno ambientalmente incremental, con efectos a largo plazo, y de asentamiento lento en el uso del suelo. Se han aplicado diversos conceptos a la modelización de las sequías, desde enfoques simplistas hasta modelos más complejos. Es importante comprender los diferentes enfoques de modelización, así como sus ventajas y limitaciones (Mishra y Singh, 2011). Es necesario seguir investigando para comprender la complejidad espacio-temporal de las sequías con relación al cambio climático debido a los cambios en la variabilidad espacio-temporal de la lluvia.

CONCLUSIONES

Por la complejidad de factores que inciden en su severidad, pronosticar la condición de sequía en los sistemas de producción constituye uno de los mayores desafíos en términos de manejo de bases de datos, funciones de pronóstico, y ecosistemas de computo. La no linealidad y la no estacionalidad de la serie de tiempo de datos de sequía se modeló adecuadamente por el algoritmo de aprendizaje supervisado *KNN*. Sin embargo, será necesario evaluar un mayor número de técnicas de aprendizaje automático para mejorar la precisión del pronóstico.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los autores manifiestan su agradecimiento al INIFAP por las facilidades administrativas y financieras otorgadas para la obtención de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. OMM y GWP (2016) Manual de indicadores e índices de sequía, M. Svoboda y B. A. Fuchs (eds.), Organización Meteorológica Mundial y Asociación Mundial para el Agua, Programa de Gestión

Integrada de Sequías, serie 2 de herramientas y directrices para la gestión integrada de sequías, Ginebra; disponible en: www.droughtmanagement.info/literature/WMO-GWP_Manual-de-indicadores_2016.

2. Sivakumar, M.V.K., Wilhite, D., Pulwarty, R., Stefanski, R., 2014. The high-level meeting on national drought policy. Bull. Am. Meteorol. Soc. , <http://dx.doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00159.1>.
3. Heim, Jr., R. R (2002) A review of Twentieth-Century drought indices used in the United States. Bulletin of the American Meteorological Society, 83, 1149-1165.
4. Lott, N., y Ross, T (2000) NCDC Technical Report 2000-02, A Climatology of Recent Extreme Weather and Climate Events. [Asheville, N.C.]: National Climatic Data Center.
5. World Meteorological Organization WMO (2014) Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2012). WMO- No.1123. ISBN: 978-92-63-11123-4
6. Mishra AK, Singh VP (2011) Drought modeling – A review, Journal of Hydrology, 403(1–2):157-175, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.03.049> (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169411002393>)

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

TURBIDEZ, SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN Y SOBRE EL LECHO EN EL SISTEMA LAGUNAR CHACAHUA-PASTORÍA, OAXACA, MÉXICO

José Rafael Contreras Hinojosa^{1*}, Finlandia Barbosa Moreno¹, José Antonio Cueto Wong², Rafael Guajardo Panes³

¹CE Valles Centrales de Oaxaca-CIRPAS-INIFAP; ²Campo Experimental La Laguna-CIRNOC-INIFAP;

³Campo Experimental Cotaxtla-CIRGOC-INIFAP
contreras.jose@inifap.gob.mx

PALABRAS CLAVE: cieno, *Chione*, salinidad

INTRODUCCIÓN

Las lagunas costeras se formaron al terminar la era de hielo y descongelarse el mar, quedando atrapadas por barreras de arena y piedras y se implementan arriba del nivel de la marea (pleamar). Las “Lagunas de Chacahua” se encuentra dentro de un Área Natural Protegida y están integradas por dos grandes cuerpos de agua denominadas Laguna Pastoría y Laguna Chacahua. Los extremos del sistema se ubican en 638500° y 1770700° con 638500° y 1770700° de latitud norte y longitud oeste, respectivamente. En todo su contorno se encuentra vegetación, principalmente de mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y “a cielo abierto” las aguas ocupan 2,677 hectáreas, con una profundidad promedio de 2.37 m. El cuerpo de agua presenta un adelgazamiento que mantiene unidas las dos lagunas y este permite el flujo de agua y sedimentos entre ellas. Ambas lagunas tienen una conexión con el mar, sin embargo, actualmente solo la entrada a la Laguna Chacahua se encuentra abierta. Aparte de las aguas del mar, las aguas de la laguna son alimentadas por los escurrimientos de los ríos Chacalapa y San Francisco, de los cuales, sus estuarios son marismas, de tal modo, que no hay descarga directa. En tiempos pasados, el Río Verde, que se origina en la Mixteca y que pasa por los Valles Centrales las aguas de su estuario alimentaban a las lagunas (Goman *et al.*, 2005). Considerando los obstáculos por las marismas, la entrada de sedimentos a las lagunas puede ser por la fluidez del material que se mueve como un flujo de dos fases (levantamiento del lecho y suspensión), así como aquellos que una vez suspendidos, descansan en la suspensión durante el transporte completo (Gyr y Hoyer, 2006). Con base en un muestreo superficial de sedimentos en la laguna de Chacahua, Ríos *et al.* (2005) determinan la distribución espacial de tres *facies*, la primera caracterizada por las olas y mareas que transportan y acumulan sedimentos gruesos; en la segunda *facie* domina el asentamiento de partículas pequeñas por bajo hidrodinamismo que favorece la acumulación de cieno con gran cantidad de materia orgánica y aguas del fondo pobremente oxigenadas. La última *facie* representa un ambiente caracterizado por baja energía por la descarga del Río San Francisco y la laguna Pastoría donde hay asentamiento de partículas en suspensión, pero con tasas de descomposición de materia orgánica más rápida. Mendoza *et al.*, (2015) en la laguna Chacahua-Pastoría evaluaron la presencia de metales pesados en sedimentos del lecho y encontraron solo trazas, no existiendo riesgo de contaminación, sin embargo, encontraron contenidos de hasta 37% de materia orgánica en la parte donde se adelgaza la laguna. En un tiempo dado, el sistema lagunar hay tres tipos de agua como son las aguas que contiene la laguna, a estas se les adiciona las aguas que se derivan de la lluvia y el escurrimiento (aguas dulces o frescas) y la otra parte, es la que viene del mar, que puede entrar mediante las olas o las mareas, esta situación forma un agua salobre y por las condiciones de vegetación, climáticas y de profundidad se crean condiciones que dan varias tonalidades de color a las aguas.

OBJETIVOS

Cuantificar los sedimentos en suspensión y determinar el tipo de sedimentos que se encuentran depositados sobre el lecho de las lagunas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los puntos de muestreo de sedimentos en suspensión fueron 63 fueron distribuidos equidistantemente, los cuales se caracterizaban geográficamente. La profundidad del agua se midió con un estadal, con aproximación al centímetro. La turbidez se midió con el disco de Secchi, que es un disco circular de 20 cm de diámetro, con colores alternados de blanco y negro y la turbidez o claridad del agua se determina como la profundidad hasta la que el disco es visible. Para medir la velocidad del agua se utilizó un medidor de flujo

marca Flowatch, modelo FW450 (JDC Electronic, Suisse) con resolución de 0.1 m/seg. La muestra de sedimentos en suspensión se obtenía a 6/10 de la profundidad y se utilizó el medidor DH-48 (Spectrum Technologies, USA), al cual se le acoplaba un envase plástico o de vidrio donde se almacena la muestra de agua con sedimentos. El instrumento tiene una forma de pez, con una boquilla con orificio de entrada de agua isocinéticamente. La salinidad del agua fue estimada mediante la conversión de la Conductividad Eléctrica, considerando que 1 dS m^{-1} es equivalente a 640 ppm, tomando como referencia que el agua de mar contiene aproximadamente 34.6 g l^{-1} o $54,000 \mu\text{S cm}^{-1}$ (Eamus *et al.*, 2006). Para procesar las muestras, estas se metían a la estufa a secarse a $105 \text{ }^\circ\text{C}$, posteriormente los sedimentos se despegaban del vaso de precipitado y se pesaban en una báscula con aproximación a 1 mg. La dirección de la corriente se consideró como la que tomaban las burbujas al salir del envase en los ocho puntos cardinales de la rosa de los vientos.

La toma de muestras para ver el tipo de sedimentos había sobre el fondo de las lagunas se tomaron con una barrena para muestras inalteradas, caracterizando geográficamente los puntos de muestreo, determinando la densidad aparente mediante el cilindro de volumen conocido y el color comparando con la Tabla de Colores Munsell.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De los sedimentos en suspensión la profundidad de los sitios de muestreo osciló desde 0.50 m hasta los 4.20 m, mientras que la turbidez se asoció con la coloración del agua, alcanzando valores desde 0.20 hasta 2.20 m. La velocidad del agua en la laguna fue desde “calma” hasta 0.3 m/seg, mientras que la dirección del flujo se asociaba a la dirección de las mareas y/o por influencia del viento. La salinidad en el agua osciló desde 7.4 mg/L hasta 39.2 mg/l, considerada esta última como hipersalina, con un promedio de 20.8 mg/L, que es considerada un agua salobre. La cantidad de sedimentos en suspensión osciló desde 10.2 mg/L hasta 552.4 mg/L con un promedio de 107.0 mg/L, no encontrando una tendencia de dominancia en alguna parte de las lagunas.

De los sedimentos en el fondo, de los 50 puntos de muestreo en ninguno de ellos se encontraron indicios de vegetación marina, mientras que en el 20 % se encontró en la superficie arena, ubicando estos puntos de muestreo cerca de las conexiones con el mar. Aun cuando una de ellas está cerrada, se asume que el uso de una draga alteró las condiciones originales. En el 34 % de los sitios se encontró material vivo y restos de “tichinda”, especies de almejas de los géneros *Chione* y *Mytella* (Goman *et al.*, 2005), las cuales también se desarrollan sobre los tallos del mangle. El material que domina en distribución superficial fue el cieno (mud), en el 66 % de los puntos, material que se encuentra integrado por arcillas y limos, así como material orgánico. En muestras que se obtuvieron en forma inalterada la densidad aparente osciló desde 0.66 hasta 0.99 g/cc, siendo los colores dominantes los grises (5Y 5/1, 10YR 5/1) y una muestra analizada tuvo 14.3% en contenido de materia orgánica, pero pueden alcanzar valores hasta de 37% (Mendoza *et al.*, 2015). Los valores anteriores evidencian que las marismas que funcionan como estuario de los ríos no permiten la entrada de arenas ni gravas que descargan los ríos, y que solo aquellas partículas pequeñas, como las arcillas y limos son los materiales inorgánicos que alcanzan a depositarse, que sumados con la materia orgánica forman el cieno. Cabe indicar que cuando baja la marea aparecen “islas” de “tichinda”, la cual empieza a cubrir la laguna. Ríos *et al.* (2005) en muestreos similares no reportan haber encontrado estos moluscos en abundancia, los cuales, pueden ser un medio para capturar contaminantes en las aguas.

CONCLUSIONES

En lo que respecta a los sedimentos en suspensión, los valores de las variables evaluadas no se consideran anormales. Destaca el tipo de sedimentos que están depositados superficialmente en el fondo de las lagunas y a que una tercera parte esté cubierta por “tichinda”, lo cual enmarca una invasión natural y que con el tiempo se convierta en un proceso similar a la eutroficación de un cuerpo de agua.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA: Los resultados son parte del proyecto: “*Caracterización biofísica* y estudio hidrodinámico y transporte de sedimentos a nivel de cuenca del complejo lagunar *Chacahua-Pastoria*, Oaxaca, financiado por el INIFAP y el Fondo CONAGUA-CONACYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eamus, D., T. Hatton, P. Cook and C. Colvin. 2006. *Ecohydrology*. CSIRO Publishing. Australia. 348 p.
2. Goman, M., A. Joyce and R. Mueller. 2005. Stratigraphic evidence for anthropogenically induced coastal environmental change from Oaxaca, Mexico. *Quaternary Research* 63:250– 260.

3. Gyr, A. and K. Hoyer. 2006. Sediment Transport. A Geophysical Phenomenon. Springer. The Netherlands. 283 p.
4. Mendoza A., E., J.A. Seim, L. Contreras R. y V.M. Martínez R. 2015. Distribución de elementos traza y materia orgánica en los sedimentos del sistema lagunar Chacahua-Pastoría. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias* 6(13):20-29.
5. Ríos F., G. Sandoval y A. Frías. 2005. Recognition of environmentally vulnerable depositional facies in the Chacahua lagoon, Oaxaca, Mexico. *Pesquisas em Geociências* 32(2):17-28.

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

AJUSTE LATITUDINAL AL VALOR INDIRECTO DE EVAPOTRANSPIRACION (ET) EN MEXICO

Victor M Rodríguez Moreno^{1*} Guillermo Medina García², José Grageda Grageda³

¹CE Pabellón. CIRNOC-INIFAP

¹CE Zacatecas. CIRNOC-INIFAP

¹CE Costa de Hermosillo. CIRNO-INIFAP

rodriguez.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave: ETo, Ajuste, Latitud, Temporada

INTRODUCCION

La Evapotranspiración (ET) es un parámetro relevante en el cálculo de los requerimientos de agua de la cubierta vegetal del suelo. Este parámetro constituye la referencia fundamental en el uso eficiente del agua en todos los sistemas de producción. Por ejemplo, el diseño de infraestructura hidráulica como: sistemas de riego, redes de canales, obras de contención de bajadas, redes de tuberías, grandes obras de almacenamiento de agua. Intrínsecamente, es fundamental en delinear programas de planeación y operación de donde proviene el calendario de riegos y en general la eficiencia en la gestión del recurso agua.

Una sobreestimación de ET producirá diseños de obras sobre-dimensionadas con costos elevados (construcción y mantenimiento), y una subestimación, en cambio, ocasionará diseños de obras pequeñas, las cuales no permitirán cubrir la demanda de agua de los cultivos (Ortíz y Chile, 2020). Las implicaciones de una sobre estimación en el valor de ET influyen en un aumento irreal de la lamina de riego recomendada. Esta es la razón fundamental para estimar ET con precisión. Por la continuidad en el registro de datos y la representación de su valor asociado a dinamismo del uso del suelo, los conjuntos de datos adquiridos por un número de plataformas satelitarias, han sido reconocidos como los mas confiables para caracterizar el espacio geográfico temporal y espacialmente.

Un número de trabajos científicos de investigación han documentado marcadas diferencias entre los métodos de cálculo de ET. Es evidente que las propuestas se enfocan en proponen desde aplicar parámetros de ajuste más o menos empíricos sobre los conjuntos de datos disponibles, hasta métodos teóricos que utilizan valores de referencia basados en constantes como, por ejemplo, gradiente latitudinal. Es evidente entonces que las calibraciones son en respuesta al entorno local y tienen un alcance limitado a escala regional y global. Algunos de los métodos más populares son: Blaney-Criddle, métodos de Penman modificados por el tanque evaporímetro, método de Thornthwaite, método de Hargreaves, por mencionar algunos. El método de Blaney-Criddle es un método teórico para calcular ET cuando no se tienen datos del tanque evaporímetro a escala local. A la pregunta de cuál método utilizar, la respuesta necesariamente debe asociarse a si se tienen puntos de verificación a escala local; por ejemplo, una red de estaciones meteorológicas con registro de datos asociados al cálculo de ET; por ejemplo, humedad relativa, viento (velocidad y dirección), presión de vapor, temperatura, calor latente, calor sensible. El fin de

todos los métodos, teóricos, de ajuste empírico, es calcular la evaporación del suelo y la transpiración de la cubierta vegetal del suelo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) recomienda utilizar el método estándar Penman-Monteith para determinar ETo, debido a que este método se ajusta tanto a zonas áridas como templadas y tropicales (Allen et al. 2006). Este método determina ETo con base en tres componentes: i) resistencia aerodinámica (demanda evaporativa de la atmósfera estimada en función de las variables climatológicas: temperatura promedio, máxima y mínima, humedad relativa, horas de luz solar, viento, altitud y latitud); ii) resistencia superficial del cultivo (flujo del agua por difusión desde las raíces hasta los estomas de la planta y de la evaporación directa del agua desde el suelo), y iii) albedo (radiación solar reflejada por el cultivo); para el cultivo de referencia (pasto) de una altura de 0.12 m, bien regado y con una cobertura total de la superficie del suelo, la resistencia superficial estimada es de 70 s m⁻¹ y la radiación solar reflejada o albedo de 0.23 (Allen et al. 2006). Sin embargo, no obstante que se considera que conlleva el mínimo error posible con respecto al pasto como superficie de contraste, varios estudios confirman una sobrestimación en el valor calculado de ETo. El objetivo es obtener una matriz mensual de parámetros de ajuste al valor de ETo por el método de radiación (gradiente latitudinal) que no requiera datos de velocidad del viento y humedad relativa del aire.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la matriz de datos a 500 m de resolución espacial del producto de Evapotranspiración neta (ET) MODIS MOD16A3 - *MODIS/Terra Net Evapotranspiration Yearly L4 Global 500m SIN Grid*. La serie de tiempo inicia en enero de 2000 y se actualiza cada 8 días (0.1mm/8días) a la fecha actual. El valor reportado en la imagen tiene un rango válido de -32761 a 32767. Los valores se asocian según el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valores de ET del producto MODIS MOD16A3 asociados al uso del suelo.

| ASIGNACIÓN | USO DEL SUELO |
|------------|--|
| 32767 | Fuera de la plataforma continental |
| 32766 | Cuerpo de agua |
| 32765 | Vegetación rala, suelo pobremente vegetado |
| 32764 | Capa con hielo y nieve permanente |
| 32763 | Humedales |
| 32762 | Áreas urbanas |
| -32761 | Área sin clasificar |

El producto MODIS MOD16A3 se actualiza cada 8 días, es la suma de ET del periodo de ocho días. Los datos registrados no corresponden necesariamente con todos los usos del suelo, son solamente una referencia general delineada por los generadores del producto satelitario.

El valor de ET incluye evaporación del suelo húmedo y seco, agua de lluvia interceptada por el dosel antes de alcanzar el suelo, y la transpiración estomatal en hojas y tallos. La evaporación del agua interceptada por el dosel es muy importante para la caracterización del flujo de humedad en los ecosistemas con valores altos de cobertura vegetal del suelo. Los archivos de datos se pueden recuperar de NASA DAAC (*Distributed Active Archive Center*). Para una mejor descripción del producto, consultar: <https://ladsweb.modaps.eosdis.nasa.gov/missions-and-measurements/products/MOD16A3/>

Se propone aplicar la tabla de parámetros de ajuste del Cuadro 2.

Cuadro 2. Porcentaje promedio diario (p) del periodo de insolación por latitud. Parámetros propuestos de ajuste latitudinal.

| LIMITE INFERIOR | LIMITE SUPERIOR | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SEP | OCT | NOV | DIC |
|-----------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 14.5 | 18.144 | 0.2575 | 0.2600 | 0.2700 | 0.2800 | 0.2900 | 0.2925 | 0.2925 | 0.2825 | 0.2800 | 0.2675 | 0.2575 | 0.2500 |
| 18.144 | 21.788 | 0.2500 | 0.2600 | 0.2700 | 0.2817 | 0.2917 | 0.3000 | 0.3000 | 0.2883 | 0.2800 | 0.2617 | 0.2517 | 0.2483 |
| 21.788 | 25.432 | 0.2425 | 0.2600 | 0.2700 | 0.2875 | 0.2975 | 0.3075 | 0.3075 | 0.2900 | 0.2800 | 0.2600 | 0.2500 | 0.2425 |
| 25.432 | 29.076 | 0.2400 | 0.2575 | 0.2700 | 0.2900 | 0.3025 | 0.3125 | 0.3100 | 0.2925 | 0.2800 | 0.2600 | 0.2475 | 0.2375 |
| 29.076 | 32.72 | 0.2350 | 0.2500 | 0.2700 | 0.2900 | 0.3100 | 0.3200 | 0.3150 | 0.3000 | 0.2800 | 0.2550 | 0.2350 | 0.2250 |

Del Cuadro 2, los límites superior e inferior son en grados latitud Norte. Los datos de ajuste mensual se obtuvieron a partir del promedio diario porcentual del periodo luminoso. Es el p valor aproximado al valor de latitud.

RESULTADOS Y DISCUSION

La matriz de datos del producto MODIS MOD16A3 se convirtió a formato .CSV. Los datos coordinados de los pixeles corresponden con la posición del centroide del pixel. La base de datos resultante de estratificarla por rango latitudinal se muestra en la Figura 1

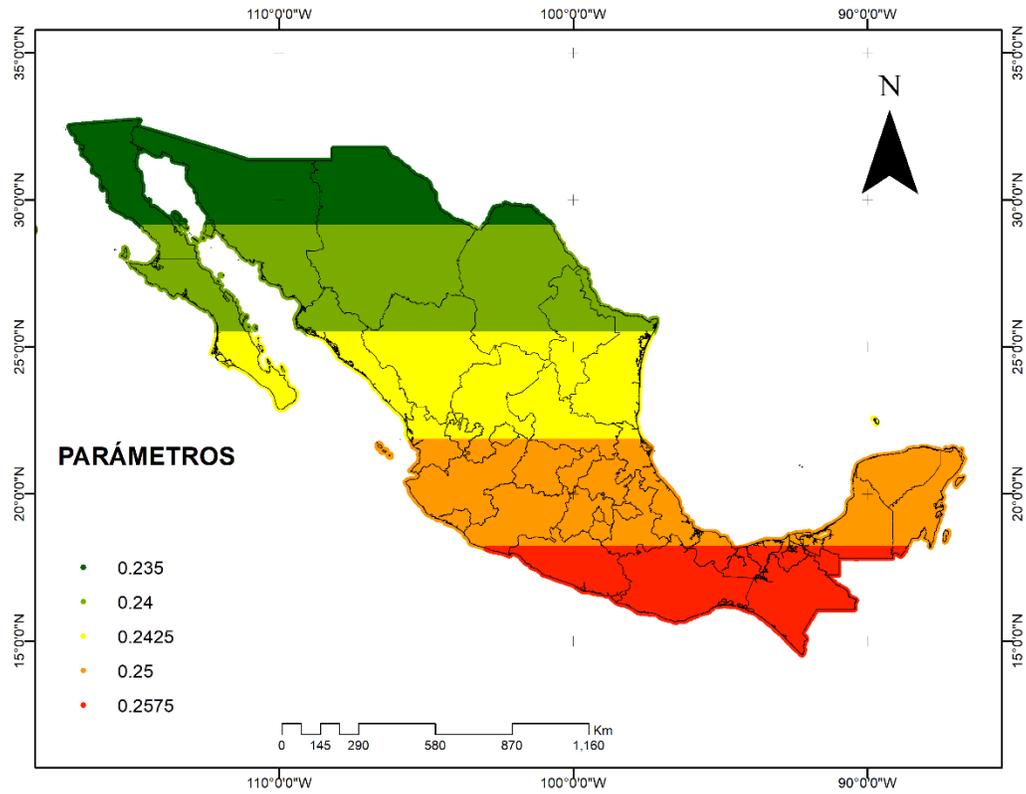


Figura 1. Representación geográfica de la matriz de datos estratificada.

La matriz de salida es estratificada según el rango de datos propuesto en el Cuadro 1. La matriz estratificada contiene los datos coordenados de 10,039,569 píxeles. En la Figura 2 se muestra un acercamiento de la imagen.

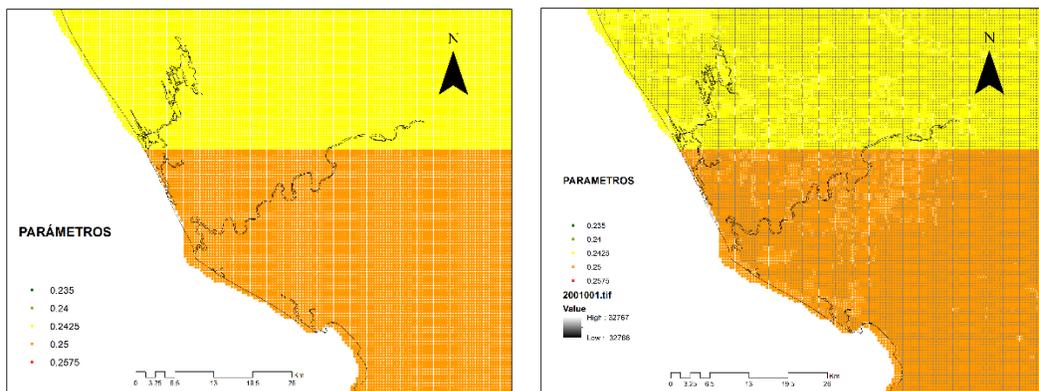


Figura 2. Acercamiento de la matriz de centroides estratificada. En la imagen a la derecha se muestra como fondo la imagen de ET del producto MODIS MOD16A3.

Los parámetros mensuales reportados en el Cuadro 2 están directamente asociados con el periodo de insolación de la temporada del año calendario.

La importancia de calibrar las imágenes de salida de ET del producto MODIS MOD16A3 es mejorar la precisión del valor de RT. El método de Blaney-Criddle es un método simple, teórico, que estima el valor de ET usando solo datos de temperatura (máxima y mínima). Los conjuntos de datos de origen satelital no son medidos directamente y requieren ser ajustados con referencias adicionales para acercarse al mundo real. La intención de utilizar las imágenes en estudios multiescala (local, regional o nacional) no es una opción sino una necesidad. El motivo es que no se tienen datos directos de temperatura con la cobertura espacial suficiente para proponer un método de cálculo de ET con la precisión suficiente. Será necesario plantear realizar pruebas de validación con un número de puntos de monitoreo e involucrando otras variables conocidas que afectan el valor de ET para evaluar mejor el alcance de las salidas del modelo de ajuste. Se ha reportado una sobre estimación de hasta el 60% en el valor de ET en zonas geográficas con prevalencia de vientos fuertes, regiones de baja precipitación, y áreas con exceso de insolación. Se reporta también una subestimación de hasta el 40% en zonas de viento calmo, húmedas y con periodos frecuentes de nublado.

CONCLUSIONES

Se proponen parámetros de ajuste por gradiente latitudinal al valor de ET obtenido de imágenes de satélite. Dada la importancia de agregar precisión al dato de ET, será necesario correr una serie de pruebas de validación de las salidas del modelo de función para reducir la incertidumbre del valor generado. Los parámetros mensuales propuestos son la base para, una vez ajustada la serie de tiempo, explorar las relaciones a escala local y regional del uso del suelo en el contexto del cambio climático.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los autores manifiestan su agradecimiento al INIFAP por las facilidades administrativas y financieras otorgadas para la obtención de este trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ortiz RS, y Chile AM (2020) Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. *Siembra*, 7(1):070–079. <https://doi.org/10.29166/siembra.v7i1.1450>
2. Allen R, Pereira L, Raes D, y Smith M (2006) Evapotranspiración del cultivo. Roma: FAO.
3. FAO (1986) Irrigation Water Management: Irrigation Water Needs. Part I. Chapter 3. Crop water needs.

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

CRITERIOS DE RIEGO PARA EL CULTIVO DE CEBOLLA (*Allium cepa* L.) BASADOS EN EL MONITOREO DE LA HUMEDAD DEL SUELO

Juan Manuel Barrios Díaz^{1*}, Luciano Velázquez Vázquez¹, Benjamín Barrios Díaz²,
Fabiél Vázquez Cruz¹, Guillermo Jesuita Pérez Marroquín¹, Pablo Zaldivar Martínez¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, BUAP; ²Complejo Regional Norte, BUAP.

juan.barrios@correo.buap.mx

Palabras clave: Sensor de humedad del suelo, Riego por goteo, Cebolla.

INTRODUCCIÓN

El manejo preciso de la humedad del suelo en los cultivos intensivos es esencial para optimizar la producción, eficientizar el uso del agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar recursos económicos. Además, permite tomar mejores decisiones en la programación del riego, esto es, determinar la cantidad de agua y cuándo aplicarla, evitando pérdidas excesivas por percolación profunda, escurrimientos o bien aplicar una cantidad insuficiente (Enciso *et al.*, 2007). La distribución homogénea del agua en una parcela de cultivo puede solucionarse con sistemas de riego localizados, los cuales ponen a disposición de las plantas el agua necesaria para su desarrollo y producción de forma más uniforme. Los sistemas de riego por goteo apoyados con herramientas tecnológicas para definir la programación del riego como son sensores de humedad del suelo, potencializan sus ventajas en cultivos de alto valor económico como la cebolla debido al mejor manejo de fertilizantes, menor uso de agua, mejor control de plagas y malezas, y mayor tamaño y uniformidad de los bulbos cosechados. La cebolla es el segundo cultivo hortícola más cultivado del mundo y la quinta hortaliza más importante cultivada en territorio mexicano pues cubre aproximadamente 48801 ha (SIAP, 2020) y las principales entidades que más la producen son: Chihuahua, Guanajuato, Zacatecas y Puebla. Sin embargo, la disponibilidad de agua, inundaciones, aumento de la temperatura y salinidad, son los principales factores ambientales que limitan la productividad de este cultivo en todo el mundo. El cultivo de la cebolla es más sensible al estrés hídrico durante la formación y crecimiento del bulbo que durante la etapa vegetativa, de ahí la importancia de establecer criterios de manejo del riego por goteo mediante el monitoreo continuo de la humedad del suelo. Con base a lo anterior, la investigación tuvo como objetivo: evaluar la respuesta de tensiómetros y sensores de matriz granular (SMG) para el monitoreo de la humedad de un suelo franco arenoso irrigado por goteo y establecer criterios de riego para el cultivo de cebolla en el municipio de Acatzingo de Hidalgo, Puebla, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en una parcela agrícola comercial del municipio de Acatzingo de Hidalgo Puebla, México, a 2,200 msnm con clima templado subhúmedo y lluvias en verano, la temperatura media anual oscila de 12 a 18 °C y precipitación de 600 a 900 mm (INEGI, 2009). Algunas características fisicoquímicas del suelo del sitio experimental son: textura franco arenosa (74.4 % arena, 10.4 % limo y 15.2 % arcilla), densidad aparente de 1.31 g cm⁻³, contenido gravimétrico de humedad a capacidad de campo (H_{CC}) de 18 % y al punto de marchitamiento permanente (H_{PMP}) de 10 %, pH en relación agua-suelo 2:1 de 7.2, capacidad de intercambio catiónico de 23 cmol_c kg⁻¹ y conductividad eléctrica en extracto de saturación de 3.3 dS m⁻¹. Se utilizó cebolla híbrida cv. Cirrus (Seminis[®]) de día corto y bulbos grandes en forma de globo con alta tolerancia al verdeo, uniformes y de color blanco brillante, con tamaño promedio de 3.75 a 4.0 pulgadas. El marco de plantación fue de 0.1 m x 0.1 m entre hileras y plantas, con seis hileras de plantas por cama de cultivo de 0.8 m de ancho. Cada cama de cultivo fue acolchada con plástico bicolor negro-plata de 1.4 m de ancho y para el riego fueron instaladas tres cintillas de goteo (Toro[®]) localizadas entre

dos hileras de plantas. La cintilla fue de 16 mm de diámetro, separación entre emisores de 0.2 m y caudal nominal de 1.0 L h⁻¹ para 55 kPa de presión. La fertirrigación del cultivo fue de acuerdo a la meta de rendimiento de 55 t ha⁻¹ con las siguientes cantidades en kg ha⁻¹: 155 N, 70 P₂O₅, 240 K₂O, 95 CaO y 40 MgO. El control fitosanitario fue de acuerdo a las prácticas de manejo que realizan los productores de la región.

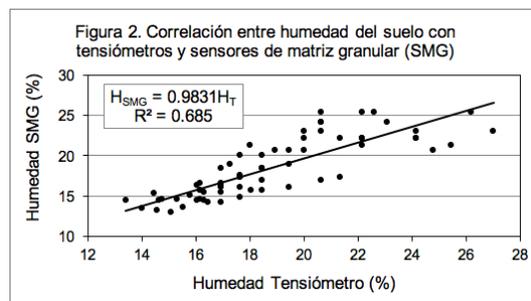
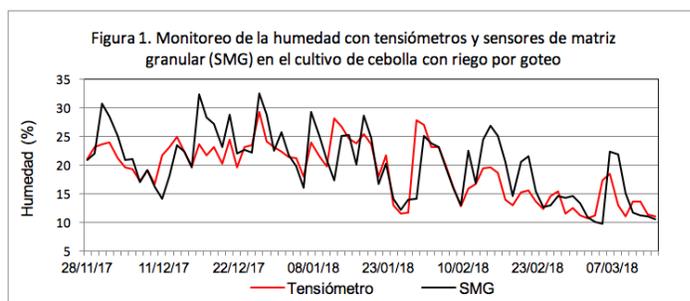
Aleatoriamente en un lote de cultivo de 2.5 ha, fueron ubicadas cuatro estaciones de monitoreo de la humedad del suelo (unidades experimentales) conformadas por un tensiómetro de 30 cm de largo (Irrrometer®) y un SMG (Watermark®), entre ambos sensores hubo 20 cm de separación y fueron ubicados entre las dos líneas centrales de cultivo e insertados al suelo a 15 cm de profundidad. La respuesta de los tensiómetros y SMG fue registrada como tensión de humedad del suelo (THS, kPa) y transformada a porcentaje de humedad gravimétrica (H) mediante la ecuación de la curva de retención de humedad $H=50.27THS^{-0.364}$ ($R^2 = 0.93$). El valor de H_{cc} reportado por el laboratorio fue 18 % y es acorde a lo indicado por Maughan *et al.* (2015) para un suelo de textura similar al del sitio experimental; además de la relación $H=f(THS)$, para $H=18$ %, $THS=17$ kPa, lo cual está en el rango señalado como óptimo (16 a 18 kPa) para irrigar los cultivos en suelos con textura franco arenosa (Maughan *et al.*, 2015).

El rendimiento (t ha⁻¹) fue estimado con el peso fresco de los bulbos cosechados de un metro cuadrado de superficie ubicado en las dos hileras centrales de cada unidad experimental que fue de 12.5 m de largo. El crecimiento del cultivo fue evaluado con 10 plantas de cada unidad experimental a 96, 110, 124, 138, 152, 166 y 180 días después de trasplante con el número de hojas, altura de planta (cm) y diámetro ecuatorial del bulbo (cm).

Para comparar la respuesta entre los sensores evaluados fue utilizada la correlación entre la humedad de del suelo registrada con los tensiómetros y los SMG. Dicho análisis fue realizado con el paquete estadístico SAS para Windows 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El comportamiento de los tensiómetros y SMG durante el ciclo del cultivo fue muy semejante (Figura 1) y se observa que la humedad del suelo se mantuvo en el rango de 10 a 30 % con promedio de 21 % con los tensiómetros y 19 % con los SMG. También observamos que en la etapa intermedia del ciclo de cultivo (hasta el 15/02/18), los tensiómetros y SMG registraron mayor oscilación de la humedad del suelo por arriba del promedio general reportado (22 y 23 %, respectivamente), debido al manejo con alta frecuencia de riego al cultivo ya que en esta etapa comienza a crecer aceleradamente el bulbo; contrariamente hacia la parte final del ciclo se registró la disminución del contenido de humedad a valores promedio de 14 % en los tensiómetros y 17 % en los SMG, lo cual fue provocado para someter al cultivo a un estrés hídrico que es necesario en el cultivo de cebolla para forzar la translocación de fotoasimilados de la hoja al bulbo, comúnmente llamado “vaciado”.



La mediana correlación ($R^2=0.685$) entre la respuesta de tensiómetros y SMG (Figura 2) muestra una tendencia lineal con pendiente 9.9831 que permite aseverar que ambos tipos de sensores proporcionan valores de humedad del suelo semejantes. Bórquez (2013) encontró que los tensiómetros y SMG son comparables en tiempo de respuesta y sensibilidad a los mismos cambios de humedad. En esta investigación, con los SMG se observaron mayores ventajas operativas que con los tensiómetros, entre las cuales podemos mencionar: registro automatizado (continuo y en tiempo real) de las lecturas, posibilidad de controlar automáticamente el sistema de riego, poco mantenimiento, menor costo y mayor vida útil. Por su parte Shock y Wang (2011) indican que la capacidad de respuesta del sensor es rápida de 10 a 80 kPa, pero su calibración es menos precisa de 0 a 10 kPa que de 10 a 80 kPa, para mayor precisión la temperatura se integra en las ecuaciones de calibración y el rango útil de los SMG puede extenderse a 200 kPa o más con la calibración adecuada.

Con respecto a las variables de rendimiento y crecimiento del cultivo, el peso promedio de los bulbos de cebolla fue de 495.5 g y se obtuvo un rendimiento promedio de 46 t ha⁻¹, el cual fue superior al promedio reportado para el estado de Puebla (SIAP, 2020). La calidad comercial de los bulbos cosechados fue designada de acuerdo al diámetro ecuatorial y peso aproximado en los siguientes porcentajes y categorías: 30 % Colosal (>12 cm y 650 g), 55 % Jumbo (10 a 12 cm y 600 g) y 15 % Extra (10 cm y 500 g); de las siguientes categorías no fueron cosechados bulbos: Primera (7 a 10 cm y 420 g), Segunda (5 a 7 cm y 250 g) y Taquera (< 5 cm y 150 g). Estos valores son aproximados y la clasificación fue realizada por los recolectores de cebolla al momento de la cosecha para su almacenamiento.

En el Cuadro 1 se muestra el incremento en tamaño que tuvo la planta y el bulbo de cebolla de 96 a 180 días después del trasplante.

Cuadro 1. Dinámica del crecimiento de plantas de cebolla (*Allium cepa* L.) cv. Cirrus cultivadas con riego por goteo y acolchado plástico en Acatzingo de Hidalgo Puebla.

| Variable | Días después del trasplante | | | | | | |
|------------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| | 96 23/12/17 | 110 6/01/18 | 124 20/01/18 | 138 3/02/18 | 152 17/02/18 | 166 3/03/18 | 180 17/03/18 |
| Número de hojas | 10.6 | 11.8 | 13.1 | 14.0 | 14.7 | 13.5 | NR |
| Altura de planta (cm) | 81.1 | 88.3 | 94.1 | 97.2 | 95.4 | 94.2 | NR |
| Diámetro de bulbo (cm) | 4.6 | 6.0 | 6.9 | 8.1 | 8.8 | 9.3 | 10.2 |

CONCLUSIONES

La respuesta de los tensiómetros y SMG fue semejante y acorde a las variaciones de humedad del suelo impuestas con riego por goteo del cultivo de cebolla en un suelo franco arenoso, por lo tanto, ambos tipos de sensores representan una opción técnicamente viable para el manejo de los sistemas de riego por goteo.

Con base al monitoreo realizado de la humedad del suelo, rendimiento y calidad de los bulbos cosechados, así como de los parámetros de crecimiento de la planta evaluados, se establece como criterio de riego hasta los 115 ddt, mantener la humedad del suelo en 20 %, ligeramente superior a capacidad de campo y equivalente a una THS de 13 kPa; posteriormente descender la humedad a 15 % (28 kPa de THS).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bórquez-López R. 2013. Calibración del Sensor de Matriz Granular (SMG) para Determinar la Retención de Agua en el Suelo para la Programación de Riego en Tomate en el Valle del Yaqui. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales; 9(1):11-16. Recuperado a partir de <http://revista.itson.edu.mx/index.php/rlrn/article/view/206>
2. Enciso J, Porter D, Périès X. 2007. Uso de Sensores de Humedad del Suelo para Eficientizar el Riego. Texas A&M AgriLife Extension Service.
3. INEGI. 2009. Pro anuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Acatzingo, Puebla. Clave geoestadística 21004. Recuperado de: http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/21/21004.pdf
4. Maughan T, Drost D, Allen LN. 2015. Vegetable Irrigation: Onion. Extension and Agricultura. Utah State University. Horticulture/Vegetables/2015-02.
5. SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria Pesquera. Gobierno de México. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen Nacional por Estado. Infosiap.
6. Shock CC, Wang F. 2011. Soil Water Tension, a Powerful Measurement for Productivity and Stewardship. HortScience. 46(2):178-185.

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático.

PRODUCCIÓN DE GRANO DE DOS VARIETADES DE CEBADA BAJO ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO EN CONDICIONES DE TEMPORAL

Josué Delgado Balbuena*¹, Gerardo Govea Huerta, Carlos Aguirre Gutiérrez¹, Teresa Alfaro Reyna¹, Odilón Gayosso Barragán¹ y Tulio Arredondo Moreno³.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar. INIFAP. Km 8.5, Carr. Ojuelos-Lagos de Moreno, Ojuelos de Jalisco, Jal. ²Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. ³Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica, Camino a La presa San José, San Luis Potosí, S. L. P.

delgado.josue@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cambio climático, *Hordeum vulgare*, agricultura de temporal.

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cereal de grano pequeño que se emplea principalmente en la elaboración de cerveza, como forraje y para consumo humano (Galarza et al., 2007). La cebada forma parte de los cultivos que tradicionalmente se siembran bajo las condiciones de temporal en la región semiárida porque es un cultivo resistente a la sequía a diferencia de otros cereales como el trigo; sin embargo, sus rendimientos son muy bajos. Debido a que en la región semiárida del Altiplano Central la cebada es un cultivo de temporal, la siniestralidad llega a ser alta cuando existen condiciones climáticas adversas como pérdidas por sequía del 28 al 35% de la superficie sembrada. El incremento de la producción especialmente en zonas de temporal hace necesario la obtención de variedades con mayor rendimiento y tolerancia a las principales enfermedades. Las zonas, áridas y semiáridas de México, en donde se practica agricultura de temporal de cereales y leguminosas (maíz, frijol, avena, trigo, etc), muestra ya temperaturas óptimas para el desarrollo de cultivos, lo cual significa que, en el futuro, la agricultura de temporal podría estar aún más limitada, no solo por condiciones de mayor sequía sino también por condiciones de mayores temperaturas. Por esta razón, en este trabajo se probaron diferentes escenarios de cambio climático sobre dos variedades de cebada (Adabella y Esmeralda) en condiciones de temporal, mediante la manipulación de las condiciones climáticas para simular un aumento de 2° C en la temperatura del dosel y una disminución de la precipitación (-30%). Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la producción de biomasa aérea y grano en dos variedades de cebada de temporal bajo escenarios de reducción de precipitación (-30%) y aumento de temperatura (2 °C).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre junio y octubre de 2019 en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria Agricultura Familiar (CENID- AF), perteneciente al INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) ubicado en la subprovincia geográfica de los Llanos de Ojuelos en el extremo sur del altiplano central (21 ° 46'52.25" N 101 ° 36'29.56" W; 2240 msnm). Se utilizó semilla de dos variedades de cebada (Adabella y Esmeralda), proporcionadas por el INIFAP Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Las condiciones o escenarios climáticos que se evaluaron incluyeron condiciones actuales de temperatura y precipitación vs. Incrementos de 2° C de temperatura en el dosel del cultivo y reducción de la precipitación (30%), de acuerdo con escenarios propuestos para estas latitudes por el IPCC (2007). En este estudio se utilizó la instalación para la manipulación experimental de escenarios de cambio climático (MECC) que el IPICYT y el INIFAP han construido en el CENID-AF. La infraestructura consiste en 32 parcelas de 4 m², en donde es posible regular la entrada de lluvia y la temperatura del dosel y suelo. Esta infraestructura consiste en cobertizos de exclusión parcial de lluvia de 2.0 m largo x 2.0 m ancho x 1.2 m alto. Los cobertizos consisten en dos secciones metálico-tubulares que sostienen los extremos de varias canaletas de acrílico transparente de 3 mm de grosor. Sobre la misma estructura de sostén se instalan

radiadores termales (1000W, 240 V, 245 mm largo x 60 mm ancho). Se instalaron cuatro calentadores por parcela, uno a cada esquina de la parcela, por medio de los cuales la temperatura de +2 °C se mantiene de manera constante con relación a una parcela aledaña sin modificación de temperatura. Al final del ciclo se cosechó el grano para estimar el rendimiento y la biomasa en pie. Para esta última, se determinó su peso en base seca, para lo cual, el material vegetal se sometió a 48hrs de secado a 60 °C dentro de una estufa. Se utilizó un diseño factorial, en los que se incluyeron los tratamientos de calentamiento, reducción de precipitación y variedad de cebada. Se utilizó el procedimiento GLM de SAS para los análisis de varianza (The SAS System, 2016). Previamente se examinaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la producción de biomasa aérea, la variedad Adabella tuvo una producción de 188.2 g m⁻², mientras que la variedad Esmeralda tuvo una producción de 135.5 g m⁻² (Fig. 1). El análisis de varianza no reveló diferencia significativa en la producción de biomasa entre variedades de cebada; así mismo, no hubo diferencia significativa entre tratamientos de temperatura y precipitación (p>0.05). No obstante, se observó una interacción significativa entre la variedad y la precipitación. En tanto a la producción de grano, la variedad Adabella tuvo una producción de 102.9 g m⁻² mientras que la variedad Esmeralda tuvo una producción de 87.8 g m⁻² (Fig. 1). El análisis de varianza no reveló diferencia significativa entre las variedades de cebada, así mismo, no hubo diferencia significativa entre tratamientos de temperatura, pero si mostro un efecto significativo en la producción de grano entre el tratamiento de ppt a 70% en ambas variedades. (p<0.05). No obstante, en la variedad Adabella, se observó una mayor producción de grano en el tratamiento de +0°C que el que el resto de los tratamientos (106.6g m⁻²).

Debido a las características del cultivo de cebada, siendo esta una planta con metabolismo C3 que requiere un periodo de vernalización (horas frío) para tener la máxima producción de grano, se esperaba una disminución en la producción de grano y biomasa aérea y de raíces por el efecto del incremento de la temperatura en las dos variedades de cebada. Por otra parte, la variedad Adabella se ha presentado como una variedad para ambientes de producción de temporal de muy buena y buena productividad (Zamora et al., 2008) que no se desempeña bien en regiones con problemas de sequías, por lo que se espera que tenga menor productividad en los escenarios de reducción de precipitación y aumento de temperatura que la variedad Esmeralda. Durante el periodo de crecimiento y hasta la cosecha se tuvo una precipitación de 213 mm para los escenarios de 100% de precipitación, por lo tanto, en el escenario de reducción de precipitación (70% de precipitación) se tuvieron únicamente alrededor de 150 mm de precipitación. Esta cantidad de precipitación está por debajo de la cantidad de lluvia recomendada para el cultivo de cebada que es entre 380 y 660 mm bien distribuidos durante el ciclo del cultivo (Beltrán et al., 2011). Esto indica que en ambos escenarios de precipitación la cebada tuvo déficit hídrico. Sin embargo, los diferentes eventos de precipitación que se presentaron durante el ciclo de cultivo mantuvieron la humedad del suelo por encima del 10%; además, no se observó mayor diferencia de 2% de humedad en el suelo entre los escenarios de cambio climático y el control (100% de precipitación y temperatura ambiente; Fig. 2).

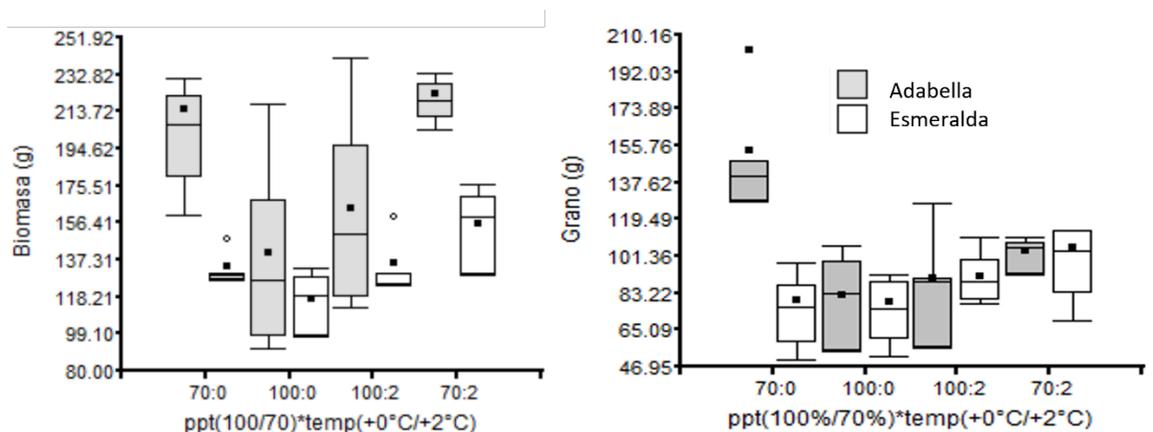


Figura 1. Comparación de producción de biomasa (izquierda) y grano (derecha) de dos variedades de cebada (Adabella y Esmeralda) bajo dos regímenes de temperatura (+ 0°C y +2°C) y precipitación (100% y 70%).

Esto revela la mínima diferencia en la disponibilidad de humedad entre los diferentes escenarios de cambio climático simulados en este trabajo. Esto también permite evidenciar la importancia de los cambios en los patrones de precipitación; es decir, eventos de precipitación grandes (o eventos consecutivos) tienen mayor infiltración en el suelo que eventos de precipitación pequeños, lo cual hace disponible mayor cantidad de agua durante más tiempo para las plantas. Knapp et al. (2008). Por otra parte, es importante notar que aún con la baja precipitación observada durante el ciclo de cultivo se obtuvieron producciones de grano no muy por debajo de las que se han obtenido en otras localidades de la región. La variedad Adabella tuvo una producción de 1.01 toneladas por hectárea, mientras que la variedad Esmeralda tuvo una producción de .89 toneladas por hectárea. No obstante, el potencial productivo de ambas variedades en la región es de más del doble de la obtenida en el presente estudio (~2.3 ton/ha; Beltrán et al., 2011).

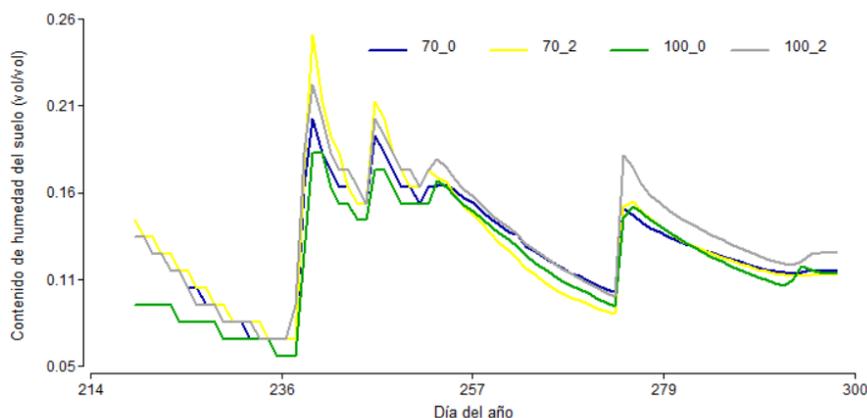


Figura 2. Contenido de humedad en el suelo en los diferentes tratamientos.

CONCLUSIONES

Las dos variedades de cebada (Adabella y Esmeralda) presentaron rendimientos similares de producción de grano y biomasa aérea y de raíces en los diferentes escenarios de cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto SEP-CONACYT 220788 otorgado a JTA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Beltrán, S., Loredó, C., y Zamora, M. 2011. Manejo integrado del cultivo de cebada en condiciones de temporal en San Luis Potosí. INIFAP. SLP, 35 p.
2. Galarza, J. M., Piña, U. M., Pérez, D. M., Rivera, G. H., y Sánchez, F. M. (2007). La cebada: Situación Actual y Perspectiva de la Producción. México-México
3. Kimball BA, Pinter PJ, Wall GW, 2008, Infrared heater arrays for warming ecosystem field plots. *Global Change Biology*. 14:309-320.
4. Knapp, A., Beier, C., Briske, D., et al., 2008. Consequences of More Extreme Precipitation Regimes for Terrestrial Ecosystems. *Bioscience* 58(9): 1-11.

5. Zamora, M., Solano, S., Gómez, R., et al., 2008. ADABELLA: variedad de cebada maltera para Valles altos de la Mesa Central de México. Agricultura Técnica en México Vol. 34 Núm. 4 Octubre-Diciembre 2008 p. 491-493.

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

BAGAZO COMO ALTERNATIVA DE CONSERVACION DE HUMEDAD EN EL CAMPO CAÑERO DEL INGENIO LA MARGARITA S.A. DE C.V.

Uriel Altamirano-Hernández^{1*}, Lauriel Vázquez-Martínez¹, José Luis Jiménez-Castro¹, Hernán García-Alejandro¹, Gabriel Valdivia-Ramírez¹, Agustín Herrera-Solano²,

¹Ingenio La Margarita ²Universidad Veracruzana

Correo electrónico: **uryalta@gmail.com*

Palabras clave: Escasez de agua, bagazo de caña de azúcar, retenedor de agua.

INTRODUCCIÓN

En México, en la zona cañera el “Golfo”, tiene un rendimiento promedio de 51 Ton/ha, un factor limitante es la inaccesibilidad del recurso hídrico la cual solo es aportada mediante las lluvias, actualmente las lluvias no son aprovechables, en busca de soluciones está el retener el agua momentáneamente y al mismo tiempo sea útil para el cultivo de la caña de azúcar como lo son los polímeros hidro-retenedores de agua, estos conservan el agua por un periodo promedio de 30 días resarcando algunos efectos de la sequía. El bagazo de la caña de azúcar es un sub-producto después de la obtención del azúcar, por lo que es un insumo de alta abundancia además de tener importantes características como permeabilidad (Beom-Goo Lee, 1999), absorción y adsorción (Armada, 2008) las cuales deben ser estudiadas para identificar si es útil en la absorción de humedad interactuando con el cultivo de la caña de azúcar; por lo tanto esta investigación utilizó bagazo de caña de azúcar para evaluarla como una alternativa retenedora de humedad comparándola con productos que aseguran la retención de humedad (*polímeros, hidrogel*) evaluados en el cultivo de la caña de azúcar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en los Campos Comerciales del Ingenio la Margarita SA. de CV., ubicada en la comunidad de Tétela, Municipio de Acatlán de Pérez Figueroa, Oaxaca. Se estableció un completamente al azar, teniendo 4 tratamientos con 3 repeticiones (Bagazo, Pellet de bagazo, Hidrogel y testigo). Las variables a estudiar fueron: Porcentaje de humedad en el suelo, número de brotación, altura de tallos y rendimiento en la cosecha se evaluó el rendimiento a la edad de 12 meses mediante un análisis de varianza y prueba Tukey con el programa SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad de retención de humedad y costos por tratamiento.

Los resultados por un kilogramo de tratamiento fueron los siguientes:

Cuadro 2. Capacidad de retención de humedad y costos por kilogramo de tratamiento.

| Tratamiento | Capacidad de Retención (litros) | Costo (MXN) |
|------------------|---------------------------------|-------------|
| Bagazo | 5.1 | \$0.80 |
| Pellet de bagazo | 4.3 | \$2.50 |
| Hidrogel | 120 | \$140 |

Porcentaje de humedad / Días transcurridos

Las evaluaciones fueron realizadas catorcenalmente, se utilizó el higrómetro a una profundidad no menor a los 10 cm. como se describen a continuación:

| | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo |
|----------|------|-------|-------|--------|------------|---------|-----------|-----------|-------|---------|-------|-------|------|
| BAGAZO | 70 | 77 | 71 | 67 | 48 | 66 | 52 | 20 | 30 | 24 | 17 | 28 | 40 |
| HIDROGEL | 78 | 82 | 79 | 69 | 43 | 59 | 49 | 20 | 28 | 21 | 18 | 26 | 38 |
| PELLET | 64 | 72 | 65 | 62 | 41 | 53 | 45 | 18 | 25 | 20 | 17 | 21 | 34 |
| TESTIGO | 35 | 50 | 43 | 33 | 18 | 29 | 19 | 15 | 17 | 15 | 15 | 18 | 25 |

Figura 2. Comportamiento de % humedad de todos los tratamientos.

Análisis estadístico.

El experimento fue un completamente al azar por lo cual se le realizó el análisis estadístico mediante la prueba Tukey mediante el sistema SAS el cual mostró lo siguiente

Cuadro 4. Agrupación de medias (prueba Tukey)

| Tukey Grouping | Mean | N | TRAT |
|----------------|--------|---|---------------------------|
| A | 80.318 | 3 | 4 <i>Hidrogel</i> |
| A | 78.962 | 3 | 2 <i>Bagazo</i> |
| B | 69.780 | 3 | 3 <i>Pellet de Bagazo</i> |
| C | 61.991 | 3 | 1 <i>Testigo</i> |

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en el estudio y bajo las condiciones en donde se trabajó se concluyen:

- El tratamiento con mayor capacidad para retener agua es el hidrogel seguido del bagazo.
- El mejor sustrato costo – beneficio es el bagazo ya que el precio es 70% menor que el hidrogel
- El mejor tratamiento costo – beneficio es el bagazo de caña.
- En la variable del rendimiento fue superior los tratamientos Hidrogel y Bagazo.
- Se establece que el uso del bagazo de caña son una alternativa de conservación de agua.
- Se confirma que el bagazo de la caña de azúcar es útil como un sustrato retenedor de humedad que ayuda a la problemática de los campos de temporal.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del “*PROYECTOS CAMPO MARGARITA*”, el cual forma parte de la tesis de maestría del primer autor

LITERATURA CITADA

Armada, A.; Barquinero, E.; Capote, E. (2008) “Empleo del bagazo como material absorbente en derrames de petróleo”. *ICIDCA*. 42 (1-3), 96 - 100. ISSN 0138-6204.

Beom-Goo, L., Han, J and Rowell R. (1999). Oil Sorption by lignocellulosic fibers. *Kenaf Properties, Processing and Products*; Mississippi State University, Ag & Bioengineering

Barón Cortés, A; Barrera Ramírez, I; Boada Eslava, L; Rodríguez Niño, G (2007). Evaluación de hidrogeles para aplicaciones agroforestales *Ingeniería e Investigación*.

PERIODO DE HELADAS EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Israel Rojas Martínez^{1*}, Rogelio Fernández Sosa¹, Víctor Manuel Rodríguez Moreno, Minerva Romero Sánchez y Miguel García Pérez³

¹SE Tlaxcala, ²CE Pabellón, CIRCE-INIFAP, ³Técnicos colaboradores

rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: bajas temperaturas, dinámica territorial, probabilidad

INTRODUCCIÓN

Los eventos de heladas constituyen uno de los fenómenos ambientales que causan mayores daños en los sistemas de producción agrícolas. El PLH es el número de días que transcurre entre el último evento de helada en primavera (abril) y el primero en otoño (septiembre). Su amplitud determina la extensión del periodo de crecimiento de las especies y consecuentemente el tipo de cultivos y variedades que se pueden establecer por región. La estación de crecimiento considera como factor limitativo al PLH y el balance hídrico (Grassi, 1983; Ortiz, 1987; Hernández, 1992; Martínez, 2014). El PLH es el tiempo del año donde los cultivos y la vegetación permanente, tienen condiciones ambientales favorables, de suelo y agua para su crecimiento, desarrollo, producción y calidad. La prevalencia de bajas temperaturas a finales de verano y principios del otoño se presentan daños a los cultivos porque se encuentran en etapa de formación y llenado de grano, afectando el rendimiento y calidad, en el ciclo PV 2011 se presentaron heladas del 7 al 9 de septiembre, con daños de 37.7% en la superficie total sembrada en el estado de Tlaxcala (SIAP, 2012); con relación a las heladas tardías en abril y mayo dañan a cultivos anuales en etapas tempranas, obligando a cambiar de especies precoces como avena forrajera que es una alternativa de siembra en fechas tardías.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó la base de datos diarios de 23 estaciones climatológicas del estado actualizadas al 2013 con registros de al menos 18 años, los cuales están en el sistema de información para caracterizaciones agroclimáticas (SICA) versión 2.5, que utiliza probabilidad de heladas con la metodología señalada por Ortiz (1987), con orden cronológico de las fechas de la primera y última heladas y luego se codifican. Para estimar probabilidad se cuenta con las opciones primera helada o última helada. En este caso se considera como helada una temperatura de 2 °C, a partir de las fechas de la primera y última heladas se obtuvo el período libre de heladas. Se cuantificó el periodo de heladas (PH) con la fecha promedio de la primera y última helada, después se determinó el periodo libre de heladas (PLH). (Pereyra *et al.*, 1990). El software utilizado para generar los mapas fue IDRISI versión 17.0 Selva Edition, que utiliza el método de interpolación conocido como 'inverso a la distancia' (IDW) por cada estación donde genera una superficie continua mediante la interpolación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Probabilidad de heladas

La probabilidad de ocurrencia de heladas se muestra en la Figura 1, donde se aprecia un gradiente descendente de sur a norte y del centro al poniente y oriente de la Entidad.

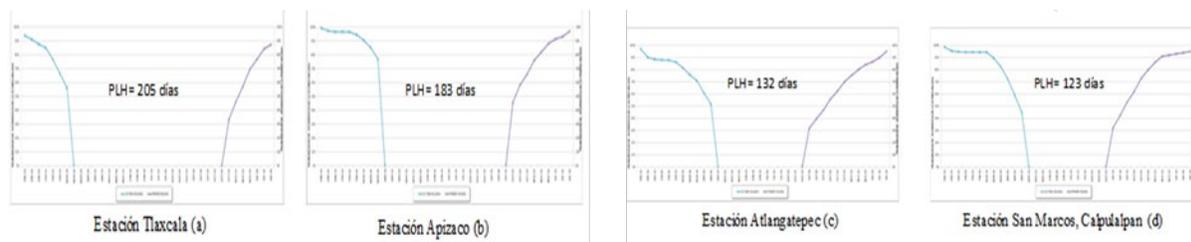


Figura 1. Periodo libre de heladas (PLH) en cuatro estaciones del estado de Tlaxcala.

En la Figura 2 se muestra la probabilidad de ocurrencia de heladas por decena para el mes de septiembre. En la primera decena, la probabilidad mayor se incrementa hasta 48% en el municipio de Calpulalpan, por otra parte, en los municipios de Sanctorum de Lázaro Cárdenas y Atlangatepec la probabilidad varía entre 30 y 39%, los resultados muestran que, a partir de la segunda y tercera decena de septiembre, en la gran parte del estado se ve el incremento de 60% y 70% en la probabilidad de ocurrencia de heladas. El escenario de la incidencia de heladas en el mes de octubre se incrementa de 55, 63 y 66%, además de ampliarse las áreas de riesgo hacia la zona centro de la Entidad. En ambos escenarios de heladas la probabilidad de ocurrencia en la zona sur presenta un menor riesgo de incidencia, lo cual se manifiesta con un mayor periodo libre de heladas con hasta 205 días (estación Tlaxcala) comparativamente con 123 días en la estación San Marcos, Calpulalpan.

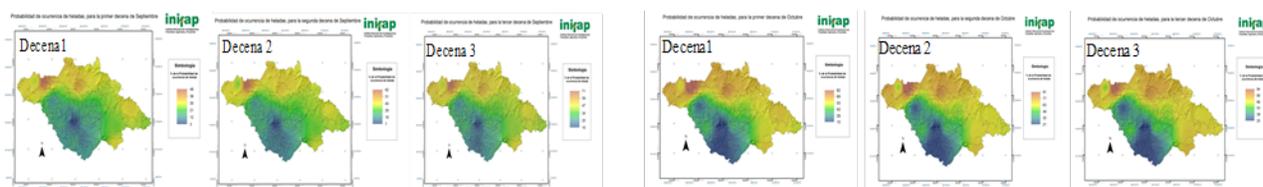


Figura 2. Incremento de la probabilidad de ocurrencia de heladas en septiembre y octubre en el estado de Tlaxcala.

La Figura 3 muestra el decremento de la probabilidad de ocurrencia de heladas por decena del mes marzo, en la primera decena la probabilidad se incrementa hasta 97% en el municipio de Calpulalpan, Tlaxco y Atlangatepec. Por otra parte, en los municipios que corresponden al sur del Estado, la probabilidad es menor a 50%, a partir de la segunda y tercera decena, en la gran parte del Estado de Tlaxcala se ve el decremento en la probabilidad. En la primera decena del mes de abril se incrementa la probabilidad hasta un 95% en el municipio de Calpulalpan y en los municipios de Sanctorum de Lázaro Cárdenas, Tlaxco y Atlangatepec la probabilidad varía entre 59 y 77% y en el resto de las áreas del estado a partir de la segunda y tercera decena se ve el decremento en la probabilidad.

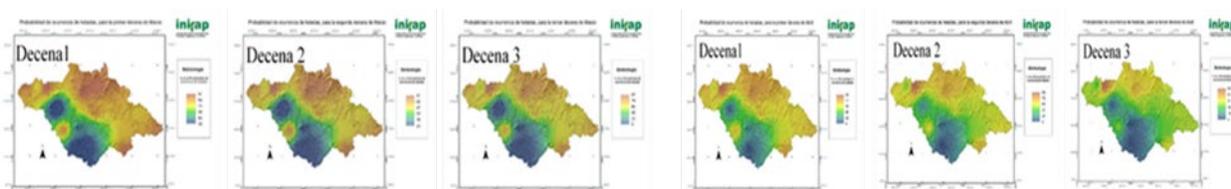


Figura 3. Decremento de la probabilidad de ocurrencia de heladas en los meses de marzo y abril.

En la Figura 4 se presenta un gradiente ascendente de PLH con 115 días en la parte norte a más de 250 días en el sur-poniente del estado.

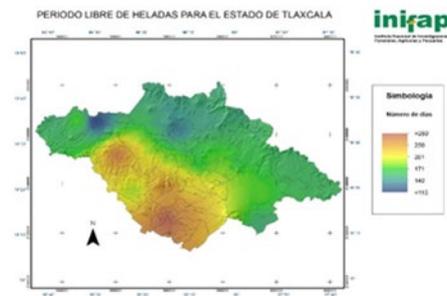


Figura 4. Período libre de heladas (PLH) en el estado de Tlaxcala.

CONCLUSIONES

El periodo de heladas inicia en septiembre y concluye en abril donde la parte norte del estado se tiene la mayor probabilidad de ocurrencia. El mayor PLH se tiene en la zona sur que comprende los municipios de Zacatelco, Huatzingo, Tepeyanco, Axocomanitla, Zacualpan y Xicotzingo y en la zona poniente a Españita con más de 230 días, mientras que, en los municipios de Calpulalpan, Atlangatepec y parte de Tlaxco se registra el menor PLH con 142 días.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del financiamiento del Gobierno del Estado de Tlaxcala a través de la Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA) del estudio para la elaboración del “Pronóstico agroclimático para el estado de Tlaxcala”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernández, A. 1992. Estimación de horas frío y período libre de heladas para el estado de Veracruz, Textos Universitarios de la Universidad Veracruzana-Universidad Veracruzana. México, DF. 1-23 pp.
2. Grassi- Cantero, B. A. 1983. Riesgo de primeras y últimas heladas en Puebla y Tlaxcala respecto a los cultivos básicos. Tesis de Maestría en Ciencias. Programa de Agrometeorología. Chapingo, Estado de México. 62 p.
3. Martínez, B. O. U. 2014. Estación de crecimiento disponible para los cultivos en la región sureste del estado de Coahuila. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo Experimental Saltillo. ISBN: 978-607-37-0261-4. Folleto técnico No. MX-0-310399-52-03-15-09-59. 34 p.
4. Ortiz, S. C. A. 1987 Elementos de agrometeorología cuantitativa. 3ª. (Ed.). Chapingo, Estado de México. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). 327 p.
5. SIAP. 2012. Sistema de información Agropecuaria. <http://www.siap.gob.mx>.

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

DIVERSIDAD FÚNGICA DE CEPAS NATIVAS EN SUELOS CAFETALEROS ORGÁNICOS DE OAXACA

Misael Martínez Bolaños^{2*}, Carlos Hugo Avendaño Arrazate², Salvador Lozano Trejo¹, Gisela Margarita Santiago Martínez¹, Gustavo Omar Díaz Zorrilla¹, Ernesto Castañeda Hidalgo¹.

¹TecNM. ITVO. Maestría en Ciencias en Productividad en Agroecosistemas. ²INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa.

martinez.misael@inifap.gob.mx

PALABRAS CLAVE: Hongos, rizósfera, sistemas agroforestales.

INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es un cultivo de importancia económica, social y ambiental; del cual México ocupa el décimo lugar en producción internacional. Las parcelas de café son un reservorio de biodiversidad, donde interactúan una gran cantidad de especies de flora y fauna, que son elementos claves para la resiliencia socioecológica; sin embargo, esta biodiversidad se ve afectada directamente en su composición y abundancia por factores como la conversión de los ecosistemas (manejo agronómico) y las interacciones del clima y suelo en el sistema agroforestal de café. El suelo como componente básico, se convierte en el hábitat de la biodiversidad microbiana (rizósfera) que rodea e influye a las raíces de las plantas. En la rizósfera se concentran numerosos organismos, que conviven en asociación simbiótica y parasítica, como las bacterias fijadoras de nitrógeno, hongos micorrícicos, rizobacterias, microorganismos de control biológico, hongos micoparásitos y protozoos (Raaijmakers *et al.*, 2009). En México los estudios de la diversidad de hongos en suelos cafetaleros son limitados, por ello el objetivo fue caracterizar la diversidad fúngica asociada a suelos cafetaleros de diferentes zonas altitudinales en Oaxaca.

MATERIALES Y METODOS

Selección de sitios y colecta de muestras de suelos

Tres localidades con certificación de producción orgánica se seleccionaron en el estado de Oaxaca, en tres rangos altitudinales (R): San Bartolomé Loxicha (R1: ≥ 1200 , ≤ 1400 msnm), San Agustín Loxicha (R2: ≥ 1700 , ≤ 1800 msnm) y El Aguacate Loxicha (R3: ≥ 1900 msnm). En cada localidad se seleccionaron dos sitios y de cada sitio se colectó una muestra compuesta (muestreo en cinco de oros) de suelo y se recopiló información relacionada al manejo agronómico. Las muestras de suelo se procesaron en el Laboratorio de Fitopatología del INIFAP, Campo Experimental Rosario Izapa.

Aislamiento y caracterización macroscópica y microscópica

Los aislamientos de hongos se obtuvieron por el método de dilución de suelo e incubación en cajas Petri con papa-dextrosa-agar (PDA). La purificación de cada hongo se realizó por punta de hifa y posterior incubación en PDA. Las principales características morfológicas macroscópicas evaluadas para cada cepa fueron: forma de colonia (FC), margen de colonia (MC), elevación (EM), presencia de anillos concéntricos (AC), presencia de pigmentación al reverso (PRC) y pigmentación de esporulación (PEC).

La identificación a género de los aislamientos fúngicos se realizó con claves dicotómicas especializadas (Barnett y Hunter, 1972). Los datos se analizaron mediante el Análisis de Componentes Principales (ACP) y de Conglomerados Jerárquicos con el paquete estadístico SAS® versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de sitios y determinación de aislamientos

Las principales actividades de manejo realizadas en los sitios R1S1, R2S1 y R3S1 son el manejo de nutrición, la conservación de los suelos, el manejo de plagas y enfermedades. En el sitio R2S2 no se realiza el manejo de plagas y enfermedades, en el R1S2 solo realizan actividades de nutrición y conservación de suelos y en el R3S2 no se realiza manejo agronómico.

En los seis sitios se obtuvo un total de 132 aislamientos fúngicos, cuya distribución poblacional no mostró diferencia significativa (Tukey $\alpha=0.5$) con respecto al rango altitudinal de colecta. Sin embargo, se determinaron diferencias estadísticas poblacionales (aislamientos) entre sitios de muestreo dentro del mismo rango altitudinal: R1S1 (27) vs R1S2 (21); R2S1 (20) vs R2S2 (26); y R3S1 (24) vs R3S2 (14). El mayor número de aislamientos se relacionó con los sitios donde se tiene mayor número de actividades y más tiempo de manejo agronómico. Al respecto, Samaniego y Chew (2007) reportaron que en suelos agrícolas entre mayor sea el número de años de manejo y el grado de conversión, mayor será el número de cepas fúngicas encontradas.

Análisis de componentes principales (ACP)

El ACP mostró que seis componentes expresaron el 79.6 % de la variabilidad total de los sitios de muestreo, donde el CP1 explicó el 23.3 %, el CP2 17 %, el CP3 11.4 %, el CP4 10 %, el CP5 9.5 %, el CP6 8.5 % (Cuadro 1).

Cuadro 1. Proporción de la varianza total explicada por componente principal, basado en caracteres morfológicos de los aislamientos fúngicos.

| CP | Autovalor | Diferencia | Proporción | Acumulada |
|----|-----------|------------|------------|-----------|
| 1 | 2.792 | 0.754 | 0.233 | 0.233 |
| 2 | 2.038 | 0.671 | 0.170 | 0.403 |
| 3 | 1.367 | 0.170 | 0.114 | 0.517 |
| 4 | 1.196 | 0.061 | 0.100 | 0.616 |
| 5 | 1.136 | 0.117 | 0.095 | 0.711 |
| 6 | 1.019 | 0.146 | 0.085 | 0.796 |

CP=Componente principal

Análisis de conglomerados jerárquicos (ACJ)

Con las variables morfológicas y microscópicas de los aislamientos fúngicos, se determinaron diez grupos (GI, GII, GIII, GIV, GV, GVI, GVII, GVIII, GIX y GX) y estos a su vez en subgrupos a partir del coeficiente de correlación semiparcial de 0.05 (Figura 2).

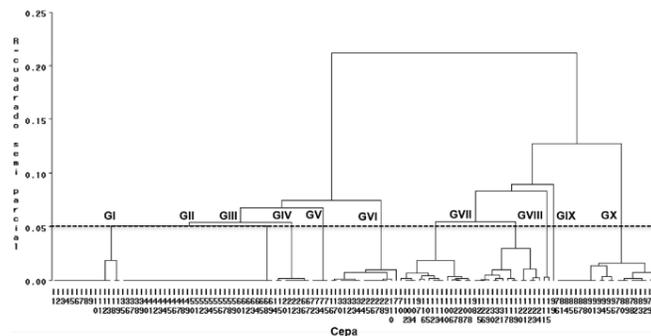


Figura 2. Dendograma de caracteres cualitativos para 132 cepas nativas. GI= Grupo uno, GII= Grupo dos, GIII= Grupo tres, GIV= Grupo cuatro, GV= Grupo cinco, GVI= Grupo VII, GVIII= Grupo ocho, GIX= Grupo nueve y GX= Grupo diez.

Géneros identificados

El género representativo en los Grupos II, III, IV y V fue *Trichoderma*, el cual es un hongo común en suelos de sistemas agroforestales como cacao (Arrazate *et al.*, 2019). En el Grupo X el género representativo es *Fusarium*, este género fue reportados como dominante en suelos agrícolas por Samaniego y Chew (2007). Los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* se encontraron distribuidos en los Grupos I, VII, VIII y IX, estos géneros son asociados a suelos de agroecosistemas (Pacasa *et al.*, 2017).

CONCLUSIONES

La población fúngica de suelos cafetaleros de Oaxaca es alta (132 cepas), cuya diversidad no está influenciada por la zona altitudinal de sitio de muestreo, sin embargo, si es influenciada por las actividades y tiempo de manejo. Los principales géneros fúngicos aislados correspondieron a *Trichoderma* sp. y *Fusarium* sp.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados forman parte de la tesis de maestría del primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arrazate, A. V., Martínez, B. M., Ayala, E. V., Avendaño, A. C. H., Hernández, M. J. 2019. Morphological and physiological diversity of native strains of *Trichoderma* spp. in soils with cocoa cultivation in México. *Agro productividad* 12: 3-10.
- Barnett, H. L., Hunter, B. 1998. Illustrated genera of imperfect fungi. 4th ed St. Paul, Minnesota: American Phytopathological Society.
- Pacasa, Q. F., Loza, M. M. G., Bonifacio, F. A., Vino, N. L., Serrano, C. T. 2017. Filamentous soil fungi communities on K'iphak'iphani agroecosystems, Choquenaira-Viacha Municipaly. *Journal of the Selva Andina Research Society* 8:2-25.
- Raaijmakers J.M., Paulitz T.C., Steinberg C., Alabouvette C., Moenne-Loccoz Y. 2009. The rhizosphere: a playground and battlefield for soil borne pathogens and beneficial microorganisms. *Plant Soil* 321: 341–361.
- Samaniego, G. J. A., Chew, M. Y. 2007. Diversity of soil fungi genera in three different condition agricultural fields in La Laguna, Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 383-390.

Sección: Manejo agronómico.

USO DEL AGUA EN PITAHAYA (*Hylocereus undatus*) EN DIFERENTES CONDICIONES DE MANEJO

Yolanda Velázquez Juárez¹, Abel Quevedo Nolasco*, Leonardo Tijerina Chávez¹, Ramón Arteaga Ramírez², Mario Alberto Vázquez Peña², Roberto Ascencio Hernández¹ Juan Arista Cortés³

¹ Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Carretera México- Texcoco Km 36.5, Texcoco, Estado de México, México; ²Ingeniería Agrícola y Uso Integral del Agua. Universidad Autónoma Chapingo. 56230. Montecillo, Estado de México, México; ³Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Carretera México-Veracruz km. 45, El Batán, Texcoco, Estado de México, México.

anolasco@colpos.mx

Palabras clave: cactáceas, agua, cambio climático

INTRODUCCION

En algunas regiones de México, la escasez del agua, limita el establecimiento de cultivos tradicionales por lo que hay cultivos alternativos con requerimientos hídricos menores, como las cactáceas, debido a sus mecanismos de adaptación a condiciones extremas (de temperaturas y sequías), y alta eficiencia en el uso del agua. La pitahaya, es una alternativa rentable por la demanda nacional e internacional como fruta exótica, por sus propiedades nutrimentales, nutraceuticas. Cactácea perenne de rápido desarrollo, hemiepífita que crece sobre tutores vivos o inertes, con variabilidad genética y se adapta a diferentes condiciones ambientales y con bajas precipitaciones.

Los estudios para determinar el consumo de agua en pitahaya son limitados debido a la falta de metodologías para su cuantificación. En Israel, se estudió los efectos de la sequía en la maduración y crecimiento de brotes, e identificación de mecanismos de transporte, al igual que estimación de la eficiencia del uso del agua (EUA) en tres especies de pitahaya con diferentes niveles de riego (Mizrahi *et al.*, 2007). A nivel Latinoamérica, se ha estudiado los consumos de CO₂ del tallo con sequía y riego. Para determinar los requerimientos hídricos de los cultivos, se requiere conocer su demanda evapotranspirativa, existen diferentes métodos de estimación, donde Penman-Monteith de FAO No. 56 es el más utilizado. Por otra parte, el coeficiente de cultivo (Kc) es el cociente entre la evapotranspiración del cultivo y la evapotranspiración del cultivo de referencia (Eto), con fines de planeación y manejo del riego (Allen *et al.*, 2006). Los factores que determinan los Kc del cultivo son: el tipo de cultivo, clima, evaporación del suelo, etapa fenológica y manejo; para pitahaya, no existen valores de referencia de Kc.

El método de riego por succión (RS) permite cuantificar los consumos diarios de agua en los cultivos, mediante cápsulas porosas como emisores, sin energía externa para su funcionamiento, dado que la planta regula su régimen de humedad, en función del tipo de sustrato y las condiciones meteorológicas del lugar, sin pérdidas de agua por percolación y escorrentía superficial mediante un uso óptimo del agua (Vargas *et al.*, 2010). De acuerdo a lo anterior el objetivo fue evaluar el uso del agua en pitahaya en invernadero en diferentes condiciones de manejo, las cuales fueron tres condiciones de humedad (0-30%, 0-70%, riego por succión), dos tamaños de esqueje (40 y 60 cm) y dos niveles de sombra (25% y 60%).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 60 esquejes de pitahaya (*Hylocereus undatus*) del municipio de Huitziltepec, Puebla, el trasplante se llevó a cabo en bolsas de polietileno de 15 L con una mezcla de tepojal y peatmoss (1:1). El diseño experimental fue en Parcelas Subdivididas en Bloques al Azar (PDBA), cuya unidad experimental (UE) fue el esqueje de pitahaya. Como parcela grande (PG) fue el tamaño de esqueje (60 y 40 cm), parcela mediana (PM) el nivel de sombra (25 y 60%); y las parcelas chicas (PCH) las condiciones de humedad (0-30%,0-70% y CP), con cinco repeticiones por tratamiento, con un total 60 unidades experimentales (UE's) aleatorizadas con ayuda del programa R (ver.3.4.2).

El riego por succión (CP), utilizó cápsulas de 12 cm de diámetro por maceta con conexiones individuales, el tamaño de estas, se determinó a partir de la demanda máxima de ETo (8.5 mm dia^{-1}) y una sortividad promedio de $0.493 \text{ mm s}^{-1/2}$ de las cápsulas. Se colocaron las CP, por cada maceta con una capa de tepojal fino (0.427 mm) para incrementar su área de mojado, con una conexión a la fuente de abastecimiento y otra para activar y evitar la entrada de aire. La altura de succión fue de 10 cm del centroide de la cápsula al espejo del agua de la fuente. Se registraron las variables de temperatura del aire ($^{\circ}\text{C}$) y humedad relativa (%), con un datalogger Watchdog A150; la evaporación diaria se midió, en dos tinajas de evaporación, en sombra al 25% (plástico del invernadero) y 60% (25%+35% malla sombra), respectivamente. Los valores promedio de temperatura y humedad relativa, fueron de $19.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$ y 56.6 %.

Se midió la humedad del sustrato semanalmente con el método gravimétrico y el consumo de agua en volumen (ml) a nivel diario por UE, reponiéndose el agua consumida hasta los niveles de referencia establecidos (0-30%,0-70%). Las láminas de riego (cm) se obtuvieron al dividir el volumen de agua consumida entre el área de exposición por maceta. El coeficiente de cultivo (K_c -adimensional) para cada condición, se obtuvo al dividir la lámina de agua consumida (mm) entre la lámina evapotranspirada de referencia (mm) evaluada por el método de tina de evaporación y multiplicado por 0.8 como coeficiente de Benavides. Los K_c se obtuvieron para cada condición de humedad y K_c globales como el promedio de las repeticiones en las condiciones evaluadas. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y prueba de comparación de medias de Tukey (a un 5% de probabilidad), con el software SAS 9.4. La verificación de supuestos de normalidad, se realizó con la prueba de Shapiro Wilk, mientras que la homogeneidad de varianzas se comprobó de manera gráfica en el mismo programa, el supuesto de independencia se asume con la aleatorización de las UE's, para cada variable de respuesta.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las láminas aplicadas para cada tratamiento de humedad, presentaron diferencias con respecto al tamaño del esqueje utilizado, las láminas mayores de riego fueron con las CP que se mantuvo al 75% de humedad (de un máximo de 0.286 v/v y densidad aparente = 0.29 g cm^{-3}), medida durante el experimento, en comparación a las otras condiciones, donde el consumo mayor fue a un TE de 40 cm, bajo un nivel de sombra al 25%. La poca serosidad en la epidermis de esta especie, disminuye su tolerancia a altas intensidades de luz, por su origen tropical y crecer en tutores, condición que le permite contar con sombra. Los resultados indican que un consumo de agua constante (CP) y 25% de sombra propició la mayor demanda de agua, en condiciones de un menor tamaño del esqueje, debido a una menor cantidad de reservas para generar raíces. Una alta incidencia de luminosidad provocó un estrés térmico en la planta, una reducción de su capacidad fotosintética y un incremento en la demanda de agua (Filho *et al.*, 2014).

Para conocer el efecto de la PG (TE), PM (S) y PCH (H) en el consumo de agua en la pitahaya, se planteó una hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_a). Del ANOVA, con un nivel de significancia al 5% ($p < 0.0001$) se rechaza H_0 , donde al menos un nivel de humedad produce efectos significativamente diferentes en las láminas de agua aplicadas. La media de los factores indica que una condición de humedad en CP, producen los mayores efectos en las láminas de riego en el cultivo (Cuadro 1), mientras que el TE y S no tuvieron efectos sobre la misma. Lo que concuerda con Vargas *et al.* (2010), quienes sugieren el uso del método por CP para cultivos intensivos, dado que el riego es continuo, permanente y autorregulado. Sin embargo, será necesario conocer la demanda máxima de agua del mismo, para el diseño óptimo del sistema de riego.

Cuadro 1. Comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) para láminas de riego (cm), de los factores tamaño de esqueje, sombra y niveles de humedad.

| Variab les | Nivel | Lámina de riego[§] cm |
|------------------------|---------------------|---|
| Tamaño de esqueje (TE) | TE (60 cm) | 59.307a |
| | TE (40 cm) | 61.133a |
| Nivel se sombra (S) | S1 25% | 61.887a |
| | S2 60% | 58.553a |
| | H (0-30%) | 38.335c |
| Niveles de humedad (H) | H (0-70%) | 47.085b |
| | Cápsula porosa (CP) | 95.240a |

§Medias con la misma letra en columna no son estadísticamente diferentes, LR: lámina de riego, TE: tamaño de esqueje, CP: Cápsula porosa, S1: sombra al 25%, S2: Sombra al 60%. (Consumo de agua durante el período de 1 de marzo de 2018 a 28 de febrero de 2019).

Se verificó que el modelo cumple con la normalidad y homogeneidad de varianzas, ya que los errores siguen una distribución normal ($p=0.6747$), además las varianzas no son heterogéneas de manera gráfica, por lo tanto, los resultados del ANAVA son válidos, para condiciones similares al experimento.

Los Kc globales variaron para las condiciones de humedad (H0-30 y H0-70) de 0.13 a 0.24, mientras que, en CP los valores oscilaron entre 0.77 y 1.25 para los dos niveles de S y TE evaluados. Se observan diferencias de los Kc globales por TE, siendo el de 60 cm a un nivel de sombra de 60% el que presenta los mayores valores en comparación a un TE de 40 cm al mismo nivel de sombra, en todas las condiciones estudiadas. La estimación de los Kc globales en el primer año de establecimiento del cultivo presento valores bajos de Kc, en los niveles de humedad de 0-30 y 0-70% (condiciones de estrés hídrico). Sin embargo, el riego con CP tuvo los valores de Kc mayores (0.77-1.25), dado una reducción del estrés hídrico. Resultados similares, los reportaron Bonet et al. (2010), que realizaron la estimación de Kc para piña, siendo un valor de $K_{Cinicial}$ de 0.5 (100 días) y K_{Cmed} de 0.78 (480 días). La piña es un cultivo similar a la pitahaya por su metabolismo CAM, sin embargo, los valores máximos de Kc en pitahaya pueden deberse a una mayor cantidad de tallos ramificados en comparación a esta. Por lo que, a pesar de su capacidad de adaptación de la pitahaya para soportar sequías prolongadas, esta se adapta según el manejo del agua.

CONCLUSIONES

El manejo del agua y sombreo afectó el consumo del agua en el cultivo de pitahaya. El riego con cápsulas porosas tuvo el mayor efecto sobre las láminas de riego aplicadas. Los Kc globales son función del manejo de agua, que variaron para H0-30 y H0-70 de 0.13 a 0.22. En el caso de las CP, varió entre 0.77 y 1.25 para los dos niveles de sombra y tamaño de esqueje evaluados.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada durante el programa doctoral al primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Allen, G., Pereira, R., Raes, L.S., y Dirk, S. 2006. Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. FAO 56. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura. 352 pp.
2. Bonet, P. C., Acea, L. I., Brown, M. O., Hernández, V. M., y Duarte, D. C. 2010. Coeficientes de cultivo para la programación del riego de la piña. Cuba. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 19(3): 23-27.
3. Filho, T. P. F.S., Bernardo, A. E.I., Alcântara, B. M. M., Paulo, C. J., y De Medeiros, C. M.C. 2014. Comprimento de estacas e concentrações de ácido indolbutírico (AIB) na propagação vegetativa de pitaia, Brasil. Revista Ciência Agronômica 45(4):788-793.
4. Mizrahi, Y., Raveh, E., Yossov, E., Nerd, A., and Ben-Asher, J. 2007. New Fruit Crops With Water Use Efficiency. ASHS Press June, 216-222.
5. Vargas, R. P., Peña, C. M., García, V. K., Roble de la R., D., y Álvarez, A. R. 2010. Sistema de riego con emisores porosos para la producción de tomate con ahorro de agua. Cuba. Ingeniería Hidráulica y Ambiental 31(1): 34-42.

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

CLASIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO EN EL NORTE DE TAMAULIPAS

Flor Elena Ortiz Cháirez*¹, Martín Espinosa Ramírez¹ y Ma. Eugenia Cisneros López¹

¹CE Río Bravo, CIRNE-INIFAP

ortiz.flor@inifap.gob.mx

Palabras clave: Calidad de agua, sales solubles, relación de adsorción de sodio (RAS).

INTRODUCCIÓN

La salinidad en agua es una alta concentración de iones, tanto de carga negativa como positiva, entre los principales se observan los siguientes: calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), sodio (Na^{+1}) y potasio (K^{+1}), carbonatos (CO_3^{-2}), bicarbonatos (HCO_3^{-1}), cloruros (Cl^{-1}) y sulfatos (SO_4^{-2}), además, puede haber otros presentes como: boro (B^{-1}), nitratos (NO_3^{-1}), fosfatos (PO_4^{-3}), dependiendo de su composición química, su estado físico y su interacción con otros elementos en el suelo. Una solución es una disolución amortiguadora de pH, ejemplo carbonato/bicarbonato y fosfato/bifosfato ($\text{PO}_4^{-3}/\text{P}_2\text{O}_7^{-4}$), la cual puede corregir la salinidad del agua. Una alta concentración de sales en el agua de riego disminuye el agua disponible en el suelo para los cultivos, generando un estrés fisiológico por deshidratación a la planta y afectando con ello su crecimiento y desarrollo. Asimismo, si el agua de riego es rica en sodio, éste elemento afecta a la agregación del suelo y con ello, una disminución de la infiltración de agua en el perfil del suelo (Castellón *et al.*, 2015). El objetivo de este trabajo fue analizar muestras de agua y clasificarlas según el índice Nakayama (1972) en función del valor de la Relación de Adsorción de Sodio (RAS) obtenido y determinar si requieren enmiendas para no afectar al suelo y a los cultivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Laboratorio de Agua-Suelo-Planta del CE Río Bravo-CIRNE-INIFAP se analizaron muestras de agua de los Municipios del Norte de Tamaulipas: Río Bravo (RB=30), San Fernando (SF=7), Matamoros (MAT=1) y Valle Hermoso (VH=2) bajo el procedimiento del Manual de Laboratorio de Plenecassange *et al.* (1997). Las muestras fueron proporcionadas por agricultores interesados en conocer la calidad del agua y determinar su posible uso en apoyo a sus cultivos, dentro del Proyecto con el Patronato para la Investigación, Fomento y Sanidad Vegetal (PIFSV) en los años 2017 al 2019. Las muestras de pozo fueron tomadas después de transcurrir 15 minutos de tener encendida la bomba. El análisis químico del agua se realiza para determinar la calidad de ésta para riego y su tolerancia a los cultivos, y a su vez establecer la calidad de ferti-irrigación (de la Paz, 2010). Los valores obtenidos de las muestras se clasificaron: Ninguno (N), Severo (S) o Moderado (M) en función a la Relación Adsorción de sodio (RAS) Cuadro 1. Asimismo, se obtuvieron porcentajes del grado de restricción por municipio con base en los resultados y el total de las muestras. Los datos de las muestras de RB, VH y SF se presentaron como un promedio según la clase en función del RAS.

Cuadro 1. Parámetros de calidad del agua de riego para uso agrícola.

| Parámetro | Unidades | Grado de restricción | | |
|---|---------------------|----------------------|-----------------|--------|
| | | Ninguno | Leve a moderado | Severo |
| Conductividad eléctrica (CE) | dS m ⁻¹ | < 0.7 | 0.7-3.0 | > 3.0 |
| Sólidos disueltos totales (TDS) | Mg L ⁻¹ | < 450 | 450-2000 | > 2000 |
| Relación adsorción de sodio (RAS) | | < 3.0 | 3.0 - 9.0 | > 9.0 |
| Sodio (Na^{+1}) | meq L ⁻¹ | < 5 | 5.0-10 | > 10 |
| Bicarbonatos (HCO_3^{-1}) | meq L ⁻¹ | < 1.5 | 1.5-8.5 | > 8.5 |
| Cloruros (Cl^{-1}) | meq L ⁻¹ | < 4.0 | 4.0-10.0 | > 10 |
| Boro (B^{+3}) | meq L ⁻¹ | < 0.7 | 0.7-3.0 | > 3.0 |
| Manganeso (Mn^{+2}) | meq L ⁻¹ | < 0.1 | 0.1-1.5 | > 1.5 |
| Hierro (Fe^{+2}) | meq L ⁻¹ | < 0.1 | 0.1-1.5 | > 1.5 |
| Sulfuro de hidrógeno (H_2S) | meq L ⁻¹ | < 0.5 | 0.5-2.0 | > 2.0 |

Fuente: Nakayama (1972).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se muestran los resultados de los valores encontrados en los parámetros estudiados: pH, CE, NO_3^{-1} , B^{-1} , Na^{+1} , CO_3^{-2} , HCO_3^{-1} , Cl^{-1} y SO_4^{-2} ; las concentraciones de los parámetros son las mismas que se aprecian en el Cuadro 1. También se presenta la RAS calculada en base a determinación de (Ca^{+2}), (Mg^{+2}) y (Na^{+1}), y utilizando la fórmula: $\text{RAS} = \text{sodio} \sqrt{(\text{calcio} + \text{magnesio}) / 2}$. En los resultados se observan valores por debajo del límite de la calidad del agua sin ningún grado de restricción (5 %), moderada restricción (32.5 %) y severa restricción (62.5 %) en base al total de muestras. Es importante mencionar que se han generado tres criterios para juzgar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego: 1) el contenido de sales solubles, 2) el efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo, y 3) el contenido de elementos tóxicos para las plantas; para lo anterior se han definido índices cuantitativos para su medición, como el de Nakayama, (1972), para calidad del agua. Las variables con resultados de cero, se deben a que la determinación mostró ese valor, e indican que no hubo concentración.

Cuadro 2. Propiedades físico-químicas y clasificación de la calidad de agua para riego.

| MPIO | pH | CE | NO_3^{-1} | B^{-1} | HCO_3^{-1} | Cl^{-1} | SO_4^{-2} | Ca^{+2} | Mg^{+2} | Na^{+1} | K^{+1} | RAS | Clase (RAS) |
|------|-----|-----|--------------------|-----------------|---------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------|-------------|
| RB | 7.1 | 2.0 | 4.3 | 0.7 | 4.8 | 13.0 | 2.0 | 2.6 | 1.3 | 16.6 | 0.5 | 2.0 | N |
| RB | 7.5 | 1.7 | 1.0 | 0.5 | 4.5 | 12.1 | 1.0 | 4.8 | 4.4 | 20.4 | 0.5 | 5.9 | M |
| RB | 7.4 | 5.9 | 0.5 | 0.3 | 7.0 | 47.3 | 4.1 | 4.0 | 3.4 | 30.0 | 0.4 | 21.1 | S |
| SF | 7.5 | 5.1 | 1.4 | 0.2 | 6.6 | 40.6 | 3.4 | 4.6 | 5.2 | 59.8 | 0.2 | 18.1 | M |
| SF | 7.4 | 4.0 | 6.7 | 0.2 | 5.7 | 30.8 | 3.4 | 3.1 | 4.0 | 27.7 | 0.3 | 13.4 | S |
| MAT | 7.5 | 1.7 | 1.0 | 0.0 | 5.4 | 6.1 | 5.0 | 3.0 | 5.5 | 24.7 | 0.3 | 9.0 | M |
| VH1 | 7.0 | 3.0 | 1.2 | 0.5 | 4.6 | 24.0 | 1.0 | 5.0 | 4.5 | 43.5 | 0.2 | 14.0 | S |
| VH2 | 7.9 | 0.8 | 5.1 | 0.5 | 2.5 | 3.3 | 2.0 | 5.6 | 6.0 | 35.6 | 0.2 | 1.0 | N |

MPIO: Río Bravo (RB), Matamoros (MAT), Valle Hermoso (VH) y San Fernando (SF). S: severo; M: moderado y N: ninguno. Las unidades de medida para propiedades físicoquímicas según el Cuadro 1.

Los porcentajes de calidad de agua en función al valor del RAS por municipio estudiado indican: un 3.33 % de ninguno, 30 % moderado y 66.67 % severo grado de restricción en las muestras de RB; 30 % moderado y 70 % severo en SF; 50 % ninguno y 50 % severo en VH; y el 100 % moderado en MAT. Estos resultados indican que las muestras de agua que presentan calidad moderada y severa requieren de un tratamiento o enmienda para aplicarse como riego a los cultivos (Castellanos *et al.*, 2000). Cabe mencionar que una muestra de agua con RAS alto presenta más riesgo al suelo, a medida que su concentración salina es menor (Castellón *et al.*, 2015).

CONCLUSIONES

Debido a que la calidad de agua va de moderado a severo grado de restricción (GR) en función al RAS, con valores arriba del 20 % en los municipios de RB y SF, el 50 % severo GR en VH y el 100 % moderado GR en MAT, se recomienda analizar la calidad de agua de riego para determinar su clasificación y realizar enmiendas previas a utilizarse como agua de riego y/o restringir su uso. Lo anterior, como medida preventiva para evitar una reducción en la producción de cultivos agrícolas y degradación del recurso suelo.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA.

Este trabajo fue realizado y financiado por el proyecto con número SIGI: 1020734706 "Demandas de investigación, validación y transferencia de tecnología de productores agrícolas organizados del norte de Tamaulipas PIFSV Riego y Temporal 2018-2019".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castellón G, Bernal MJJ y Hernández RML. 2015. Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala. *Ingeniería*.19(1): 39-50.
2. **Nakayama** FS. 1972. National Academy of Sciences and National Academy of Engineering. Water quality criteria. US Environmental Protection Agency, Washington DC. Report No. EPA-R373-033. 592 p.
3. de la Paz JM. 2010. La Salinidad y Sodicidad de las aguas y los suelos en la vega baja del Segura, factores a tener en cuenta en el manejo del riego. *Jornadas de riego s. M. Salinas*. 52p.
4. Castellanos, JZ, Uvalle B, JX y Aguilar SA. 2000. Manual de Interpretación de análisis de suelos y aguas. *Intagri*. 201 p.
5. Plenecassagne A, Romero FE y López BC. 1997. Manual de laboratorio. INIFAP-ORSTOM. 174 p.

SECCION: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático.

ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA USANDO DATOS DE REANÁLISIS

Sergio Iván Jiménez Jiménez^{1*}, Mariana de Jesús Marcial¹, Marco Antonio Inzunza Ibarra¹

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera (INIFAP-CENID RASPA), Km. 6.5 Margen Derecha del Canal Sacramento, Gómez Palacio, C.P. 35079, Durango, México.

jimenez.sergio@inifap.gob.mx

Palabras claves: Datos de reanálisis, ETo, Penman Monteith

INTRODUCCIÓN

Estimar la evapotranspiración de referencia (ET_0) diaria con la metodología de FAO56-Penman Monteith (PM) es un desafío cuando los datos de observación terrestre no están disponibles o son escasos. En este sentido, los datos de reanálisis se utilizan cada vez más como fuentes de datos meteorológicos en cuadrículas para evaluar la evapotranspiración de referencia, sobre todo en países en desarrollo donde no se cuenta con una red robusta de estaciones meteorológicas. Los datos de reanálisis comúnmente están disponibles gratuitamente en plataformas web, publicados en formatos de cuadrículas o mallas regulares, con un retraso de meses o días a partir del presente, pueden utilizarse para obtener datos continuos de un sitio o para rellenar vacíos geoespaciales en los datos meteorológicos. Estos datos de reanálisis se han empleado en diferentes aplicaciones, por ejemplo, en la modelación biofísica de cultivos para estimar rendimientos; en la estimación de la evapotranspiración de referencia (e.g. Martins et al., 2017; Paredes, Martins, Pereira, Cadima, & Pires, 2018; Pelosi, Terribile, D'Urso, & Chirico, 2020).

Las bases de datos de reanálisis que se han empleado para estimar la ET_0 son principalmente: el sistema NASA-POWER (NP); Global Land Data Assimilation System (GLDAS); Climate Forecast System versión 2 (CFSv2); North American Land Data Assimilation System (NLDAS); Real-Time Mesoscale Analysis (RTMA); National Digital Forecast Database (NDFD); gridMET o PRISM. De estos conjuntos de datos, algunos brindan datos globales como NP, GLDAS, CFSv2; mientras que gridMET, NLDAS, NDFD y RTMA brindan datos regionales. En diferentes trabajos se muestra la capacidad de los datos de reanálisis para sustituir con éxito la falta de disponibilidad de datos meteorológicos observados. En este sentido, el objetivo de este trabajo es evaluar cinco bases de datos de reanálisis con respecto a datos medidos en siete estaciones meteorológicas para la estimación de la ET_0 .

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio y estaciones meteorológicas

La zona de estudio es el área agrícola comprendida por el Distrito de Riego 017 Región Lagunera (DR 017) y las Unidades de Riego que se encuentran en la vecindad del DR 017 (**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). El clima predominante se clasifica como BWhw, que corresponde a muy árido, semicalido, según la clasificación de Köppen modificado por Enriqueta García.

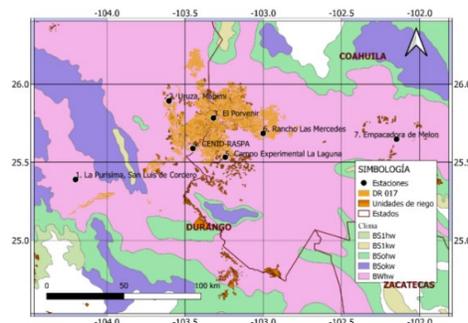


Figura 1. Ubicación del sitio de estudio.

Para evaluar el desempeño de la estimación de la ET_0 a partir de datos climáticos de reanálisis, se utilizaron datos diarios registrados en siete estaciones agrometeorológicas: La Purísima, San Luis de Cordero; Uruza, Mapimí; el Porvenir; CENID-RASPA; Campo Experimental La Laguna; Rancho Las Mercedes y Empacadora de Melón, de la Red Nacional de Estaciones Agrometeorológicas Automatizadas del INIFAP estandarizados a 2 m (<http://clima.inifap.gob.mx/Inmysr/Estaciones>). De las estaciones meteorológicas se obtuvieron los registros disponibles de valores diarios del periodo de 2005 a 2020. Se evaluó la calidad de los datos meteorológicos utilizadas de acuerdo a Allen (1996). Solamente se consideraron los días con datos completos para las cinco variables que se requieren para estimar ET_0 por el método de FAO-56 PM.

Datos de reanálisis

Existen diferentes bases de datos de reanálisis que se han empleado para estimar la ET_0 en diferentes regiones. En algunas bases de datos es posible obtener los valores de variables individuales, mientras que, en otros casos se puede obtener directamente la ET_0 ya sea diaria o mensual. En este caso, se emplearon únicamente bases de datos de reanálisis que brindan las variables de interés para estimar la ET_0 con la ecuación de FAO-56 PM, estas bases de datos son: Climate Forecast System version 2 (CFSv2), Global Land Data Assimilation System (GLDAS), North American Land Data Assimilation System phase 2 (NLDAS), Real-Time Mesoscale Analysis (RTMA) y el sistema NASA -POWER (NP). De los cinco conjuntos de datos evaluados, tres son de cobertura global y dos de cobertura regional, estos últimos permiten extraer información únicamente de Norteamérica. Los de cobertura regional brindan datos con resolución espacial y temporal más finas, aunque se debe tomar en cuenta que una alta resolución

espacial de los datos no necesariamente indica alta precisión como lo indica Blankenau, Kilic & Allen (2020).

Evapotranspiración de referencia (ET₀)

La estimación de la evapotranspiración de referencia (ET₀, mm · d⁻¹) usando el método de FAO-56 Penman-Monteith (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 1998), se basa en la ecuación (1). El método FAO-56 PM es el método estándar para la determinación de la ET₀ y comúnmente se usa para evaluar la precisión de otros métodos.

$$ET_{0-PM} = \frac{0.408 \cdot (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34 \cdot u_2)} \quad (1)$$

Donde Rn radiación neta en la superficie del cultivo (MJ·m⁻² ·d⁻¹); G flujo del calor de suelo (MJ·m⁻² ·d⁻¹); u₂ (m·s⁻¹); e_s presión de vapor de saturación (kPa); e_a presión real de vapor (kPa); e_s - e_a déficit de presión de vapor (kPa); Δ pendiente de la curva de presión de vapor (kPa·°C⁻¹); γ constante psicrométrica (kPa ·°C⁻¹).

Se realizó una evaluación de precisión de las variables por separado (T_{max}, T_{min}, T_{mean}, u₂, HR y R_s) y de la ET₀ comparando los datos estimados con respecto a los medidos. La evaluación de la precisión se realizó usando la raíz del cuadrado medio del error (RMSE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se muestra las bases de datos que tuvieron los mejores rendimientos en la estimación de los medidos, tomando en cuenta el valor de RMSE promedio. De estas bases de datos se observa que RTMA sobresale en la mayoría de las variables, excepto para la R_s, ya que el conjunto de datos NP está diseñado para estimar con alta precisión la R_s.

Cuadro 1. Valores más bajos de RMSE promedio para las variables analizadas.

| Variable | Característica | 1° | 2° | 3° |
|------------------|----------------|-------|-------|-------|
| T _{max} | Reanálisis | RTMA | NP | CFSv2 |
| | RMSE Promedio | 2.052 | 2.108 | 2.81 |
| T _{min} | Reanálisis | RTMA | NP | CFSv2 |
| | RMSE Promedio | 2.281 | 2.33 | 2.658 |
| T _{med} | Reanálisis | RTMA | GLDAS | NP |
| | RMSE Promedio | 1.540 | 1.782 | 1.843 |
| VP | Reanálisis | RTMA | NP | GLDAS |
| | RMSE Promedio | 0.310 | 0.327 | 0.356 |
| u ₂ | Reanálisis | CFSv2 | RTMA | NP |
| | RMSE Promedio | 0.885 | 1.037 | 1.124 |
| R _s | Reanálisis | NP | NLDAS | GLDAS |
| | RMSE Promedio | 3.127 | 3.541 | 3.542 |
| ET ₀ | Reanálisis | RTMA | CFSv2 | NP |
| | RMSE Promedio | 1.139 | 1.198 | 1.204 |

Los datos de reanálisis estiman con cierto error los datos medidos, estos errores se transmiten a la estimación de la evapotranspiración de referencia. Por tanto, de acuerdo a la figura 2 se observa que las cinco bases de datos sobrestiman la ET_0 , su magnitud está influenciado por la precisión de cada variable individual; las mayores sobrestimaciones se presentan en los meses de diciembre a junio, mientras que, los meses restantes se reduce esta sobrestimación.

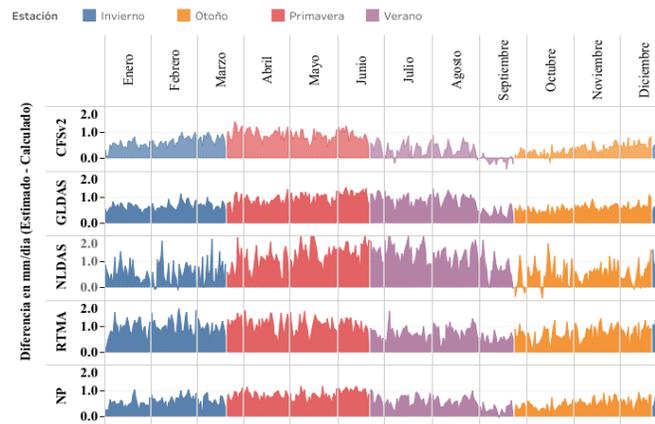


Figura 2. Diferencia promedio entre datos de reanálisis y medidos para la ET_0 .

CONCLUSIONES

Los datos de reanálisis pueden ser una herramienta importante para zonas donde no se cuenta con información para estimar la ET_0 o cuando esta información es incompleta, ya que facilita el acceso a valores de diversas variables meteorológica de interés; sin embargo, antes de utilizarlos para una aplicación práctica se deben validar localmente usando datos medidos en la zona, de esta manera se podrá cuantificar la precisión que brindan estos conjuntos de datos y se podrá buscar alternativas de corrección de sesgos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop requirements. *Irrigation and Drainage Paper No. 56*, FAO. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.12.001>
- Blankenau, P. A., Kilic, A., & Allen, R. (2020). An evaluation of gridded weather data sets for the purpose of estimating reference evapotranspiration in the United States. *Agricultural Water Management*, 242(2020), 109376. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106376>
- Martins, D. S., Paredes, P., Razieli, T., Pires, C., Cadima, J., & Pereira, L. S. (2017). Assessing reference evapotranspiration estimation from reanalysis weather products. An application to the Iberian Peninsula. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2378–2397. <https://doi.org/10.1002/joc.4852>
- Paredes, P., Martins, D. S., Pereira, L. S., Cadima, J., & Pires, C. (2018). Accuracy of daily estimation of grass reference evapotranspiration using ERA-Interim reanalysis products with assessment of alternative bias correction schemes. *Agricultural Water Management*, 210, 340–353. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.003>

Pelosi, A., Terribile, F., D'Urso, G., & Battista, G. (2020). Comparison of ERA5-Land and UERRA MESCAN-SURFEX reanalysis data with spatially interpolated weather observations for the regional assessment of reference evapotranspiration. *Water (Switzerland)*, 12(6), 1669.
<https://doi.org/10.3390/W12061669>

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE AJO CON RELACIÓN A LA ACUMULACIÓN DE FRÍO EN AGUASCALIENTES

Luis Humberto Maciel Pérez*, Luis Martín Macías Valdez y Luis Antonio González Jasso. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Pabellón. maciel.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Allium sativum* L., rendimiento, vernalización.

Introducción

El ajo se cultiva prácticamente en todo el mundo y México está considerado como uno de los principales productores, exportadores y consumidores de esta especie; en el año 2020, la superficie sembrada fue de alrededor de 6,500 ha, con una producción anual que ronda las 50,000 t; actualmente Zacatecas es el principal productor, con ajo del tipo Jaspeado de origen chino, en tanto que, en Aguascalientes la superficie establecida en el ciclo otoño–invierno 2020-2021, fue de 308 ha, con una producción estimada de 4,500 t; de las cuales el 60% corresponde a ajos blancos del tipo Perla (producto de exportación) y el resto a ajos Jaspeados. La planta de ajo requiere de un período de enfriamiento para diferenciar las yemas axilares en dientes y formar el bulbo (vernalización), en general, se considera que el intervalo entre 5 y 10 °C por uno o dos meses es el óptimo para generar plantas capaces de desarrollar bulbos. (Jones y Mann, 1963; Messiaen, 1975). Además, el fotoperiodo es otro factor que debe considerarse, lo que implica pues, la combinación de bajas temperaturas seguidas de días largos para poder alcanzar la etapa fenológica de bulbificación (Portela 1996; Burba, 2007). El objetivo de este estudio fue analizar y comparar una serie histórica de acumulación de horas frío a partir del registro de temperatura cada 15 min, con el rendimiento experimental obtenido de clones de ajo tipo Perla del programa de mejoramiento de ajo del Campo Experimental Pabellón.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), que pertenece al Centro de Investigación Regional Norte Centro, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); para lo cual se utilizó información histórica de temperatura con registros cada 15 minutos de la estación ubicada en el CEPAB, cuya localización geográfica es 102° 17' 43" de longitud Oeste, 21° 09' 54" de latitud Norte y altitud de 1912 metros sobre el nivel medio del mar. Para la cuantificación de la acumulación de frío durante la época invernal, se consideró método Florida de Bajas Necesidades de Frío (FBRF) propuesto por Gilreath y Buchanan (1981), que utiliza el concepto de Unidad Frío (es equivalente a someter a la planta a una hora a una temperatura menor a 8°C y superior 1.8°C (UF=1), fuera de este rango, puede ocurrir la no acumulación (UF=0), menor acumulación (UF=0.5) y desacumulación (UF=-0.5, -1). La cuantificación de las Unidades Frío (Cuadro 1) se realizó para el período de noviembre a febrero (NOV-FEB) de cada ciclo, así como la Acumulación de Frío de los meses de noviembre (NOV), diciembre (DIC), enero (ENE) y febrero (FEB), considerando además la sumatoria de las horas frío acumuladas de ENE+FEB. Asimismo, se integró información experimental de rendimiento de ajo del 2004 al 2012 de las colecciones de ajo del Programa de Mejoramiento Genético del CEPAB en los clones C-CN95/2, C-3-1/25 (Pleyádes), C-37-1/8 (San Marqueño), C-JN-1 y C-SC y SP del tipo Perla. El análisis estadístico se realizó a través de correlación lineal simple, con siete pares de datos.

Cuadro 1. Acumulación de Unidades Frío estimadas por el método Bajos Requerimientos de Frío de Florida (FBRF), para la estación del CEPAB.

| Período | Nov-Feb | Nov | Dic | Ene | Feb |
|-----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2004-2005 | 326.88 | 10.50 | 156.13 | 119.63 | 40.63 |
| 2005-2006 | 191.63 | 8.25 | 117.75 | 90.25 | -24.63 |
| 2006-2007 | 498.75 | 76.38 | 206.50 | 152.38 | 63.50 |
| 2007-2008 | 229.50 | 37.25 | 75.25 | 123.13 | -6.13 |
| 2009-2010 | 701.05 | 107.54 | 146.66 | 256.22 | 190.63 |
| 2010-2011 | 329.52 | 66.24 | 167.06 | 108.59 | -12.37 |
| 2011-2012 | 323.19 | 11.22 | 86.49 | 149.04 | 76.44 |

El Cuadro 2, muestra los rendimientos de ajo para los ciclos de cultivo Otoño–Invierno de 2004-2005 a 2011-2012, que presentan una concordancia en las fechas de siembra.

Cuadro 2. Rendimiento de ajo en clones de ajo tipo Perla del programa de mejoramiento genético por selección individual del CEPAB.

| CICLO O-I | C-CN95/2 | C-3-1/25 | C-37-1/8 | C-JN-1 | C-SC y SP |
|-----------|----------|----------|----------|--------|-----------|
| 2004-2005 | 17,201 | 18,531 | 17,064 | 15,921 | 17,733 |
| 2005-2006 | 18,560 | 19,730 | 17,130 | 15,728 | 19,300 |
| 2006-2007 | 18,067 | 19,259 | 17,231 | 16,074 | 17,095 |
| 2007-2008 | 17,050 | 14,560 | 17,720 | 15,320 | 18,050 |
| 2009-2010 | 16,939 | 17,883 | 17,820 | 16,620 | 15,314 |
| 2010-2011 | 16,603 | 17,192 | 15,642 | 16,487 | 17,859 |
| 2011-2012 | 15,013 | 17,642 | 17,156 | 14,152 | 16,733 |

Resultados y Discusión

Al efectuar la correlación entre las Unidades Frío acumuladas de noviembre a febrero y el rendimiento de los cinco clones de ajo del tipo Perla, se obtuvo un valor “r” de -0.0881, el cual resultó no significativo estadísticamente e indica un ligero efecto negativo entre la acumulación de frío y el rendimiento de ajo; al correlacionar la acumulación de frío por clon, se encontró que los coeficientes mejoraron, ya que para el clon C-CN95/2 fue de -0.2583, para el C-3-1/25 fue de 0.0654, para el C-37-1/8 fue de 0.5095, para el C-JN-1 fue de 0.2108 y para el C-SC y SP fue de -0.9485, lo que indica que el grado de susceptibilidad de estos clones se diferencia, siendo este último el más afectado de forma inversamente proporcional a la presencia de frío y con una correlación altamente significativa ($P \geq 0.01$).

Al analizar el efecto de la acumulación mensual de frío de noviembre a febrero (Nov, Dic, Ene y Feb) y el acumulado bimensual (Ene+Feb), como se muestra en el Cuadro 3, los resultados indicaron que existe una respuesta no clara y consistente para los clones C-CN95/2, C-3-1/25 (Pleyádes), C-37-1/8 (San Marqueño), en tanto que para los clones C-JN-1 este muestra una correlación positiva decreciente no significativa y el clon C-SC y SP, una correlación ascendente negativa y altamente significativa ($P \geq 0.01$), y que la presencia de temperaturas bajas presentan un mayor efecto sobre el rendimiento a medida que se acerca la diferenciación del bulbo (formación de dientes), ya que los valores de “r” se incrementan tanto como -0.9354, -0.9457 y -0.9485 para los meses de Ene, Feb y la suma de Ene+Feb, respectivamente, lo que posiblemente ocasiona una afectación del crecimiento celular, la fotosíntesis y la acumulación de sintetizados (Dufo *et al.*, 2007), dado que su efecto es diferente en los distintos clones, aunque sean ajos del mismo tipo y su comportamiento respecto a la presencia de bajas temperaturas de otoño-invierno son distintos; derivado posiblemente de la capacidad de adaptación de este cultivo; mismo que resulta de gran relevancia en su proceso de introducción e identificación de zonas con potencial productivo para ajo en el país y que esta respuesta a la acumulación de frío probablemente sea una cuestión fisiológica del proceso de adaptación como lo mencionan Portela (1996) y Burba (2007).

Cuadro 3. Coeficientes resultantes de la correlación entre Unidades Frío y rendimiento para clones de ajo tipo Perla en Aguascalientes.

| Período | C-CN95/2 | C-3-1/25 | C-37-1/8 | C-JN-1 | C-SC y SP |
|---------|------------|------------|------------|-----------|------------|
| Nov | -0.2070 ns | -0.0699 ns | 0.0696 ns | 0.6801 ns | -0.6704 ns |
| Dic | 0.3618 ns | 0.5689 ns | -0.3531 ns | 0.7064 ns | -0.1855 ns |
| Ene | 0.0060 ns | -0.0205 ns | 0.5151 ns | 0.2647 ns | -0.9354 ** |
| Feb | -0.2017 ns | 0.1275 ns | 0.4988 ns | 0.1686 ns | -0.9457 ** |
| Ene+Feb | -0.1112 ns | 0.0654 ns | 0.5096 ns | 0.2108 ns | -0.9485 ** |

ns: No Significativo

** Altamente Significativo ($P \geq 0.01$)_{n-2, g, l}

Conclusiones

Con base en los coeficientes de correlación obtenidos en los materiales de ajo tipo Perla y por la magnitud de los valores de correlación, es posible agruparlos como: poco sensibles o neutros los materiales C-CN95/2, C-3-1/25 (Pleyádes) y C-JN-1; en sensible positivo (relación directamente proporcional) el clon C-37-1/8 (San Marqueño) y sensible negativo (relación inversamente proporcional) el clon C-SC y SP, con lo que es posible realizar una zonificación geográfica para identificar áreas de adaptación de estos materiales de ajo en áreas de interés por este tipo de ajo.

Agradecimientos

Al Consejo de Productores de Ajo del Estado de Aguascalientes, A.C. y al Sistema Producto Ajo de Aguascalientes, A.C., así como a la Fundación Produce Aguascalientes A.C.

Fuente Financiadora

Consejo de Productores de Ajo del Estado de Aguascalientes, A.C.
Fundación Produce Aguascalientes, A.C.

Referencias Bibliográficas

- Burba, J.L. 2007. Manejo de semilla de ajo frigioinducida. Estación Experimental Agropecuaria La Consulta. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Documento Proyecto Ajo/INTA 088. 13 p.
- Dufoo-Hurtado M. D., J.A.Huerta-Ocampo, A. Barrera-Pacheco, A. P. Barba de la Rosa and E. M. Mercado-Silva. 2015. Low temperature conditioning of garlic (*Allium sativum* L.) "seed" cloves induces alterations in sprouts proteome. *Frontiers in Plant Sciences*. 6 article 332 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00332>
- Gilreath, P.R. y Buchanan, D.W. 1981. Rest prediction model for low-Chilling "Sungold" nectarine. *J. Amer. Soc. Hort.* 106(4): 426-429.
- Pérez. M.L., García, R.P.M, Ramírez, M.R. y Barrera, G.J.L. 2003. Evaluación de cultivares de ajo morado y blanco por su rendimiento agronómico e industrial en Guanajuato. *Acta Universitaria*. Vol. 13 No. 3 SEPTIEMBRE - DICIEMBRE. Pag. 57-65.
- Portela, J.A. 1996. El ambiente como regulador del desarrollo de las plantas. Su efecto sobre el ajo (*Allium sativum* L.). *Avances de Horticultura* 1(1) 1996. Edición On-line.

EL ESTRÉS TÉRMICO EN TOMATE PARA DEFINIR HORARIO DE RIEGO

Jose Alberto Urrieta Velázquez^{1*}, Jorge Flores Velasquez², Aracely Gomez Saldivar³, Angélica Gomez Saldivar³

¹KM. 6.5 Margen Derecha Canal de Sacramento S/N, CP. 35140, Ejido Las Huertas, Gómez Palacio, Durango. CENID-RASPA, INIFAP. ²Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco. CP. 56230. Estado de México. Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. ³Domicilio conocido S/N, San Vicente Solís, Temascalcingo, Estado de México. Unidad de Validación de Tecnologías Agrícolas.

*urrieta.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Estrés térmico horario, Riego, Invernadero.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos pueden mantener su crecimiento en un rango de temperatura, fuera del cual sufren daños metabólicos y físicos como congelamiento o quemaduras, por lo que para cuestiones de producción es mejor mantenerlos en un rango óptimo de temperatura, el cual es importante en agricultura protegida porque permite maximizar rendimientos y ahorrar energía en el caso del clima controlado (Kullberg *et al.*, 2017). En el rango óptimo de temperatura el metabolismo de la planta se enfoca a su ciclo natural de reproducción que se refleja en mayor rendimiento, contrario a lo que sucede fuera de ese rango, pues se favorecen otras rutas metabólicas para producir sustancias protectoras a dicho estrés, manifestándose en susceptibilidad a enfermedades, daños físicos en flores y frutos, baja calidad bioquímica y bajo rendimiento (Dong y Ronald, 2019). Recientemente se ha observado que se sintetizan proteínas y aminoácidos que ayudan en la protección contra altas o bajas temperaturas, siendo un componente de la resistencia de los cultivos al clima; otro componente importante es la capacidad de refrigeración a través de la transpiración, por lo que un indicador importante del estrés en los cultivos es su temperatura foliar (Xue *et al.*, 2017).

OBJETIVO

Proponer un índice térmico para determinar momentos de estrés en tomate y horarios de riego en invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El registro de variables se hizo en un invernadero “diente de sierra” con cubierta de polietileno blanco lechoso, calibre 700 y 20% sombra ubicado en San Vicente Solís, Temascalcingo, Estado de México. El tomate comercial “El Cid F1” (Harris Moran[®]) fue establecido en suelo el 18 de junio de 2017 a doble tallo (40 cm entre matas y 1.65 m entre hileras) cuya densidad de plantación fue de 2.7 tallos·m². Se registró diariamente la temperatura del aire y la humedad relativa con un termómetro de mercurio de máximas y mínimas (-30 °C a 50 °C, Herter[®]) y un higrómetro digital (-10°C a +60°C, TFA[®]) respectivamente. La temperatura de la planta se midió con un termómetro infrarojo de pistola portátil (Rango: -20°C-350 °C, Precisión: ±2.5°C, Tiempo de respuesta: 500 ms, longitud de onda: 630-670 nm, Modelo: Her-425[®]) en el tercio superior de la planta en la hoja recientemente madura y expuesta a la radiación solar; haciendo un recorrido cercano al borde (1-2 cm del borde aproximadamente) del foliolo medio de la hoja (Righi *et al.*, 2012). Dicho registro se hizo una vez por semana en 12 plantas al azar en la parte media y orillas este y oeste del invernadero durante un día soleado.

Utilizando dicha información se determinó un índice de estrés térmico horario (IET_h) con la ecuación 1, usando el rango óptimo de temperatura (18°C a 27°C) para la fotosíntesis del tomate (Shamshiri *et al.*, 2018) y calculando las relaciones Ta-27, Th-27, 18-Ta y 18-Th, tomando sus valores positivos.

$$IETH = \frac{\frac{(Ta-27)+(18-Ta)}{2} + \frac{(Th-27)+(18-Th)}{2}}{2}$$

Ecuación 1

Dónde:

IET_h = Índice de estrés térmico horario (°C)

Ta = Temperatura horaria del aire (°C)

Th = Temperatura horaria de la hoja (°C)

El índice de estrés térmico registrado por debajo de 18 °C y por encima de 27 °C indica estrés para el cultivo, y es un indicador para el manejo del invernadero (cortinas o calefacción) y el manejo agronómico (riego, nutrición, fitosanidad, etc.). Sumando los valores del IET_h se obtiene un índice de estrés térmico global (IET_g) para un día, cuya cifra se estandarizó a una escala de 0-1 y con la cual se determinó el número de eventos de riego y su duración en minutos para un periodo de una semana.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra el comportamiento del estrés térmico horario durante un día soleado en tres meses diferentes, desde el más cálido (julio) hasta el más frío (octubre) en el periodo muestreado. Donde puede observarse que en días cálidos, las mañanas frescas causan cierto estrés en la planta pero éste es mayor al medio día (Figura 1a), mientras que en el mes más frío el mayor estrés es durante la mañana (Figura 1d). Con presencia de nublados, pudo observándose una disminución del estrés como se indica en la Figura 1b a las 2:00 pm.

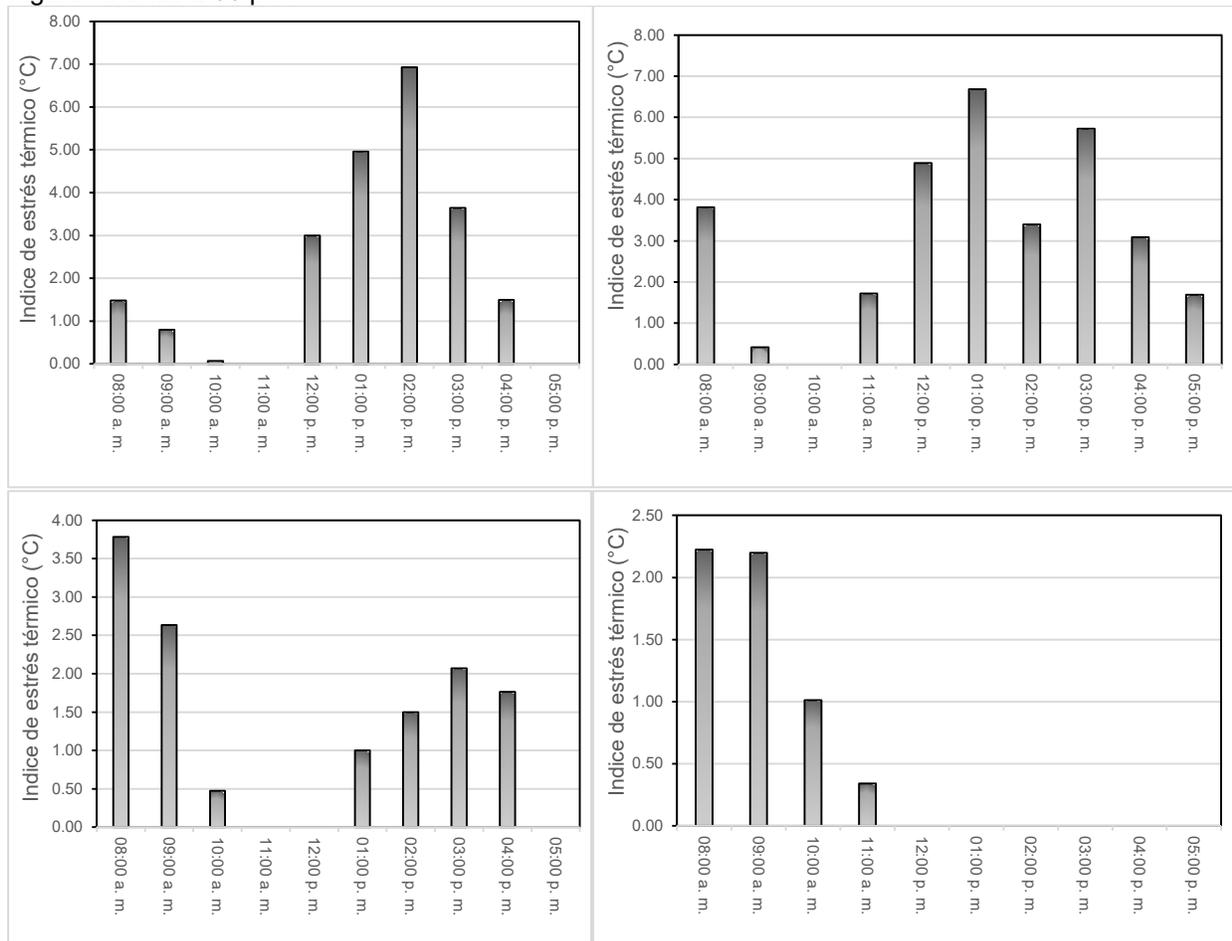


Figura 1. IETH del tomate en invernadero en diferentes condiciones de clima: a) julio, b) agosto, c) septiembre y d) octubre.

Con estos valores de estrés estandarizados pudo estimarse el horario y tiempo de riego como indica en el Cuadro 1, donde se utilizó un volumen de riego (1.7 L·planta⁻¹) de un día específico (8 de agosto de 2017), equivalentes a un tiempo de riego de 26.56 minutos (dos emisores por planta con gasto de 32 mL·min⁻¹).

Con estos datos se estimó el tiempo de riego horario ($Tr=26.56 \text{ min} \times IET_{h0-1}$), del que se obtiene el tiempo de riego ajustado (Tra en min), adecuándolo sin fracciones y acumulando éstas al siguiente riego como se muestra en Cuadro 1 ($Tr \geq 3$ y ≤ 12 por la retención de humedad del suelo).

Cuadro 1. Horario y tiempo de riego calculados a partir del tiempo de riego diario.

| Hora (día) | Ta | Th °C | IET _h | IET _{h0-1} | Tr min | Tra |
|------------------------|-------|----------|------------------|---------------------|-----------|-----|
| 8:00 | 11.00 | 9.74 | 3.82 | 0.12 | 3.19 | 3 |
| 9:00 | 18.00 | 16.34 | 0.42 | 0.01 | 0.27 | |
| 10:00 | 23.00 | 18.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 11:00 | 27.00 | 23.63 | 1.72 | 0.05 | 1.33 | |
| 12:00 | 30.50 | 25.83 | 4.89 | 0.16 | 4.25 | 6 |
| 13:00 | 32.50 | 27.01 | 6.68 | 0.21 | 5.58 | 5 |
| 14:00 | 30.00 | 23.68 | 3.40 | 0.11 | 2.92 | 3 |
| 15:00 | 32.00 | 25.24 | 5.72 | 0.18 | 4.78 | 5 |
| 16:00 | 29.00 | 22.43 | 3.09 | 0.10 | 2.66 | |
| 17:00 | 26.00 | 23.43 | 1.69 | 0.05 | 1.33 | 5 |
| $\Sigma IET_h = IET_g$ | | | 31.43 | 1.00 | 26.29 | 27 |

Ta: temperatura del aire; Th: temperatura de la hoja; IET_h: índice de estrés térmico horario (°C); IET_{h0-1}: índice de estrés térmico estandarizado a 0-1; Tr: tiempo de riego; Tra: Tiempo de riego ajustado.

Con ello se determinaron cinco eventos de riego (8:00, 12:00, 13:00, 14:00, 15:00 y 17:00) con tiempos entre 3 y 6 minutos. Con ello es posible obtener el volumen de riego por cada °C de estrés, dividiendo el volumen de riego (en mL) del día entre el IET_g (°C), cuyo valor puede incorporarse para el manejo del riego en tiempo real a lo largo del ciclo de cultivo.

CONCLUSIONES

EL IET_h permite detectar momentos de estrés en el tomate a largo de un día, y puede usarse para definir horario y tiempo de riego en invernaderos de media-baja tecnología. Validando los resultados, es posible incorporar éste índice a las tecnologías de riego en tiempo real.

AGRADECIMIENTOS

A la Lic. Araceli Gómez y a la M. C. Angélica Gómez por su valiosa ayuda en el registro de variables en invernadero, y a la Lic. Eugeni Maldonado e Ing. Raúl Rivas por facilitar sus instalaciones para desarrollar e implementar este trabajo en su unidad de producción.

FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Unidad de Validación de Tecnologías Agrícolas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dong O. X., Ronald P. C. (2019) Genetic engineering for disease resistance in plants: recent progress and future perspectives. *Update on Genetic Engineering for disease Resistance* 180(1), 26-38. doi: <https://doi.org/10.1104/pp.18.01224>
- Kullberg E. G., DeJonge K. C., Chávez J. L. (2017) Evaluation of thermal remote sensing indices to estimate crops evapotranspiration coefficients. *Agricultural Water Management* 179: 64-73. doi <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.07.007>
- Righi E. Z., Buriol G. A., Angelocci L. A., Heldwein A. B., Tazzo I. F. (2012) Relationships of photosynthetic photon flux density, air temperature and humidity with tomato leaf diffusive conductance and temperature. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 55(3), 359-370. doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000300005>
- Shamshiri R. R., Jones J. W., Thorp K. R., Ahmad D., Man H. C., Taheri S. (2018) Review of optimum temperature, humidity, and vapour pressure deficit for microclimate evaluation and control in greenhouse

cultivation of tomato: a review. *International Agrophysics* 32, 287-302. doi: <https://doi.org/10.1515/intag-2017-0005>

Xue J., Su B. 2017. Significant remote sensing vegetation indices: a review of developments and applications. *Hindawi* 1353691: 17. doi: <https://doi.org/10.1155/2017/1353691>

EVALUACIÓN DE VARIABLES INVOLUCRADAS EN RIEGO SUPERFICIAL PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN EL MÓDULO 004 “DON MARTÍN”

Carlos Miguel Ramos-Cruz¹, Gerardo Delgado-Ramírez², Emilia Raquel Pérez-Evangelista³, Enrique Miguel-Valle³, Juan Martínez-Medina¹, Efraín Acosta Díaz¹

¹CE General Terán-CIRNE-INIFAP; ²CENID-RASPA-INIFAP; ³UAAAN-UL

ramos.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tecnificación del riego, riego superficial, eficiencia del agua

INTRODUCCIÓN

En México, se destina 80% del agua disponible a la agricultura para irrigar 6.5 millones ha, de las cuales 3.3 millones corresponden a 86 distritos de riego (DR). Los DR son de gran importancia debido a que en ellos se produce el 51% de la producción agrícola nacional y el 70% de las exportaciones sectoriales (CNA, 2018). En su operación persiste una serie de problemas relacionados con la infraestructura, operación y administración, lo cual se puede explicar por sus eficiencias reducidas (menores al 40%). En los módulos de riego escasamente se consideran las variables involucradas en el diseño de riego superficial, tales como: longitud y ancho de melgas o camas, nivelación de terreno, gastos unitarios, gasto de entrada a las parcelas y requerimiento hídrico de los cultivos, las cuales están relacionadas directamente con la eficiencia de aplicación y las necesidades de riego de los cultivos. El DR-004, “Don Martín”, ubicado en Anáhuac, Nuevo León, México, inició sus operaciones en el año 1931 con una superficie irrigable de 60,000 ha, que representaban el 13% de producción estatal. En 1941, mediante Decreto Presidencial, esta superficie se redujo a 29,600 ha por carencia en la disponibilidad de agua. Se estima que la eficiencia global de este distrito es menor al 40%, debido a las pérdidas de distribución y a las prácticas de irrigación (Comité Hidráulico, 2019). El sistema para irrigar los cultivos en mayor proporción es superficial por melgas. Este método presenta una eficiencia baja en términos de aplicación, requerimiento y distribución del agua. Al considerar adecuadamente las variables de diseño de riego superficial, en la zona se podría incrementar la superficie regable hasta en 30%, con el mismo volumen de agua utilizado, así como conseguir la aplicación de la lámina de riego requerida por el cultivo y lograr una eficiencia de aplicación alta. El objetivo de nuestro estudio fue evaluar variables de diseño del riego superficial para los diferentes cultivos establecidos en un módulo del DR-004, “Don Martín”, en Anáhuac, Nuevo León, México, para detectar los principales problemas que limitan el óptimo desempeño del riego y proponer estrategias de manejo para incrementar la eficiencia del uso del agua superficial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un módulo del DR-004, “Don Martín” Éste se localiza al noreste del Estado de Coahuila y al noroeste del Estado de Nuevo León, México, en los municipios de Juárez, en Coahuila y Anáhuac, Nuevo León. Cuenta con una superficie irrigable de 29,600 ha distribuidas en siete módulos (uno localizado en Coahuila y seis en Nuevo León). Tiene una infraestructura de riego de 119 km de canales principales, 637 km de red secundaria y 498 km de drenes, para benéfico de 1,903 usuarios. El módulo de estudio se localiza entre 27° 20' 42" y 27° 09' 06" Latitud Norte, 100° 15' 02" y 100° 02' 25" Longitud Oeste, a una altitud promedio de 200 msnm. Durante el periodo de evaluación, el distrito de riego le autorizó una superficie irrigable de 1,830 ha. Los cultivos evaluados se establecieron en 62 parcelas.

Recopilación de Información. Se recabó la información disponible del DR-004 como: polígonos de las parcelas, conducción de canales, caminos, relación de usuarios, cultivos y superficie programada. El límite del distrito se obtuvo de la página oficial de la CNA (Atlas del Agua), de donde se descargó la base de datos de los DR del país en formato Kml (*Keyhole Markup Language*), posteriormente convertida a formato shapefile (.shp) mediante el software Quantum GIS (QGIS) ver.3.10.14, desarrollado por la asociación QGIS.ORG, Suiza, software libre y de código abierto (FOSS).

Integración de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Se realizó en el Campo Experimental General Terán perteneciente al INIFAP, con sede en General Terán, Nuevo León, México, y consistió en agregar cada uno de los polígonos que integran el módulo de riego del DR-004 de manera digital, en formato shapefile, bajo la proyección WGS 84 UTM, para la zona 14 N. Para esto se utilizó QGIS ver. 3.10.14.

Determinación de anchura y longitud de melgas. El ancho y longitud de melga de la parcela se determinó mediante el uso de imágenes de satélite y la interfaz de Google Earth® Pro Ver. 7.1 (Google, California, USA); posteriormente, estas medidas fueron rectificadas en campo mediante una cinta métrica de 50 m.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De la información recabada en la medición de las longitudes y anchos de melga (cuadro 1), se observa que las longitudes promedio sobrepasan los 200 m. Delgado *et al.* (2014) señalan que las longitudes de las melgas o camas representan un aspecto importante en la mejora del riego superficial, debido a que en longitudes mayores a los 180 m se dificulta alcanzar una eficiencia mayor a 70%, lo cual se atribuye a la dificultad de controlar la pendiente y el gasto unitario. De acuerdo con lo anterior, en el módulo de riego del DR-004 76.0% de las parcelas de pradera, 85.7% de trigo, 87.5% de maíz, 75.0% de soya y el 100% de avena forrajera, y sorgo forrajero no cumplen con el criterio antes citado (Figura 1). Esto podría deberse a que los usuarios carecen de un diseño de riego, y que sólo establecen las melgas conforme al tamaño de sus parcelas (Ramos *et al.*, 2019).

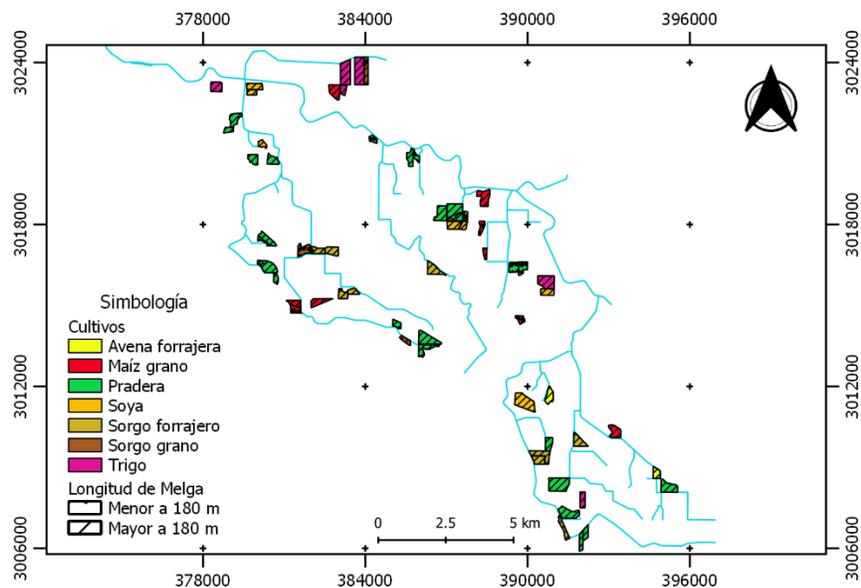


Figura 2. Distribución de las longitudes de melga de los cultivos evaluados en el módulo del Distrito de Riego 004 "Don Martín", Anáhuac, Nuevo León, México.

La dimensión mayor en el ancho de melgas fue registrada en los cultivos de trigo, pradera y soya (40 m) y el de menor en maíz grano (25 m) (Cuadro 1). Para garantizar una eficiencia del 90% de distribución, los anchos de las melgas deben estar en concordancia con el gasto unitario (Ramos *et al.*, 2019); sin embargo, los usuarios del módulo de riego desconocen los gastos de entrada a la parcela, lo cual interfiere en el mejoramiento de la eficiencia de aplicación y distribución. Según Delgado *et al.* (2014), el gasto unitario óptimo es de $6.0 \text{ L s}^{-1} \text{ m}^{-1}$, o lo más cercano a este valor en riego superficial, para garantizar así una eficiencia potencial mayor a 90% en la uniformidad de distribución. Gastos unitarios por debajo de $5.0 \text{ L s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ tienden a infiltrar mayor cantidad de agua en la cabecera de la melga, lo cual disminuye la uniformidad de distribución a lo largo de la misma. En contraste, con gastos unitarios mayores a los $7.0 \text{ L s}^{-1} \text{ m}^{-1}$ tienden

a infiltrar mayor cantidad de agua hacia el receptor de la melga, provocando el efecto contrario, así como favorecer la erosión del suelo (Ramos *et al.*, 2019).

Para el caso de la nivelación se identificó que el 100% de las parcelas evaluadas carecen de esta práctica antes de realizar las labores de riego; además, los usuarios la consideran como una actividad innecesaria. La nivelación, la longitud y ancho de melga, así como el gasto unitario son los factores más influyentes en la eficiencia de aplicación del agua superficial. También, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (2015) señala que al realizarse la nivelación del terreno es posible incrementar la superficie regable hasta un 30%, con el mismo volumen de agua utilizado. Lo anterior coincide con un estudio efectuado por Delgado *et al.* (2014), quienes encontraron que, al disminuir la longitud de melga de 246 a 123 m, considerar el ancho en función del gasto unitario, así como nivelar el terreno con equipo rayo láser en relación a la textura del suelo fue posible incrementar hasta 90% la eficiencia de aplicación y distribución.

Cuadro 1. Dimensiones de melga de los cultivos presentes en el módulo del Distrito de Riego 004 "Don Martín", Anáhuac, Nuevo León, México.

| Cultivo | n | Ancho (m) | | | Longitud (m) | | |
|-----------------|----|-----------|--------|----------|--------------|--------|----------|
| | | Mínimo | Máximo | Promedio | Mínimo | Máximo | Promedio |
| Avena Forrajera | 2 | 12 | 20 | 16 | 244 | 366 | 305 |
| Pradera | 25 | 12 | 40 | 27.1 | 116 | 550 | 251.6 |
| Trigo Grano | 7 | 20 | 40 | 29.8 | 181 | 592 | 393 |
| Maíz Grano | 8 | 12 | 25 | 16.8 | 135 | 564 | 305.5 |
| Sorgo Forrajero | 9 | RS | RS | RS | 215 | 851 | 391.1 |
| Sorgo Grano | 4 | RS | RS | RS | 172 | 444 | 284.2 |
| Soya | 7 | 20 | 40 | 30 | 200 | 412 | 308.1 |

RS= Riego por surcos

CONCLUSIONES

Para garantizar una eficiencia de aplicación superior al 80% en el riego superficial del módulo del DR-004, se recomienda que al inicio del establecimiento de los cultivos, los usuarios del agua consideren que el diseño de riego cubra las siguientes características: longitudes de melga sin exceder 180 m; ancho de melga en relación con el gasto unitario; gastos unitarios de $6.0 \text{ L s}^{-1} \text{ m}^{-1}$, así como la nivelación del terreno con una pendiente longitudinal, además de considerar los requerimientos hídricos de los cultivos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Uso de teledetección para estimar la eficiencia de aprovechamiento del agua en un módulo del Distrito 004".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CNA (2018). Estadísticas agrícolas de los Distritos de Riego. Año Agrícola 2016 - 2017. Comisión Nacional del Agua, Coyoacán, México, Ciudad de México. pp. 420.
2. Comité Hidráulico (2019). "Reunión del Comité Hidráulico, para presentar avances de riego del Distrito de Riego 004 "Don Martín". Efectuada el 13 de junio del 2019.
3. Delgado, G., Estrada, J., Rivera, M., Catalán, E., y Esquivel, G. (2014). Evaluación y diseño del riego por melgas mediante un modelo de simulación. AGROFAZ 14: 45-51.
4. [INTA] Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. 2015. Manual de capacitación: riego superficial. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.
5. Ramos, C. M., Estrada, J., Delgado, G., Pérez, E., y Domínguez, D. (2019). Evaluación de variables involucradas en riego superficial para incrementar la eficiencia del uso del agua en la Región

XI Reunión Nacional de Investigación Agrícola. Memoria. Ciudad de México, 10-12 nov. 2021.

Lagunera, Coahuila de Zaragoza, México. Acta Agrícola y Pecuaria 5 (1): E0051004.
Doi.org/10.30973/aap/2019.5.0051004

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático

PRONÓSTICO DE NIVELES DE AGUA EN EL ACUÍFERO DEL SISTEMA LAGUNAR CHACAHUA-PASTORÍA

Finlandia Barbosa Moreno^{1*}, José Rafael Contreras Hinojosa¹, Rafael Alberto Guajardo Panes², José Antonio Cueto Wong³, Ignacio Sánchez Cohen⁴.

1CE Valles Centrales de Oaxaca-CIRPAS-INIFAP; 2CE Cotaxtla-CIRGOC-INIFAP, 3INIFAP, 4CENID RASPA-INIFAP.

barbosa.finlandia@inifap.gob.mx

Palabras clave: Humedal, Ecuaciones, Agua Subterránea.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas hidrófilos que tienen como una de sus fuentes de agua principales al agua subterránea (Speldrich *et al.*, 2021), sin ésta tienden a desaparecer, esta agua proviene de la precipitación, que pasa al subsuelo por medio de la infiltración y de ahí al sistema acuífero; al área superficial donde se lleva a cabo dicho proceso se le conoce como zona de recarga; en un humedal el agua del subsuelo está en continuo movimiento y sobre todo en aquellos que son costeros o que también tienen entradas de agua del océano. El agua subterránea es importante en un humedal porque de ésta depende el balance de agua disponible para los elementos vivos del ecosistema y es el componente dinámico en la vida útil del humedal (Betancur *et al.*, 2017); sin embargo, su medición es compleja y costosa por lo que, en la actualidad para muchos acuíferos de humedales, nacionales y del mundo, no se tienen registros de niveles de agua subterránea. Uno de los métodos actuales y que han demostrado tener buenas aproximaciones a datos verificados en campo es la generación de modelos para diferentes dimensiones (Román *et al.*, 2011 y Senapathi *et al.*, 2019), donde se buscan las mejores relaciones de variables medidas en experimentos, en ambientes dinámicos como lo es el agua subterránea en humedales, el uso de estos facilita el diseño conceptual del sistema acuífero y la cuantificación de la capacidad de almacenamiento del humedal.

El Sistema Lagunar Chacahua- Pastoría es un humedal costero que se ubica al sur del estado de Oaxaca en los 15°58' y 16°02' de latitud norte y los 97°33' y 97°47' de longitud oeste, con una superficie promedio de 3525 ha y se encuentra próximo al Acuífero de Chacahua; la localización de este acuífero lo convierte en un lugar propicio para registrar variables que involucren al agua subterránea y desarrollar relaciones matemáticas que resulten en modelos, tanto para el período de lluvias, tiempo de mayor incertidumbre, como de forma anual.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el marco de lo anterior para 2017 y durante el período de lluvias se midieron por semana los niveles estáticos de seis pozos (Cuadro 1), con el uso de la Sonda Solinst 107 TLC.

Cuadro 1. Pozos de observación activos del Acuífero Chacahua.

| Pozos | Tipo | Uso |
|--------------------|--------------|------------|
| La Soledad | Noria | Doméstico |
| Chacalapa | Noria | Agrícola |
| La Concha | Boca angosta | Industrial |
| Charco Redondo | Boca angosta | Agrícola |
| El Lagartero | Boca angosta | Agrícola |
| Santa Rosa de Lima | Boca angosta | Servicios |

Con el fin de comparar los niveles estáticos obtenidos del período húmedo, en cada uno de los pozos, se recopilaron registros anuales desde 2003 y hasta 2013 (CONAGUA, 2013) y se analizaron los datos con SAS® Studio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El agua de los pozos tiene una conductividad eléctrica que oscila entre los 202 y 513 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con un rango de temperatura entre 27.5 a 29.5 °C, durante la medición de los niveles estáticos (Figura 1).

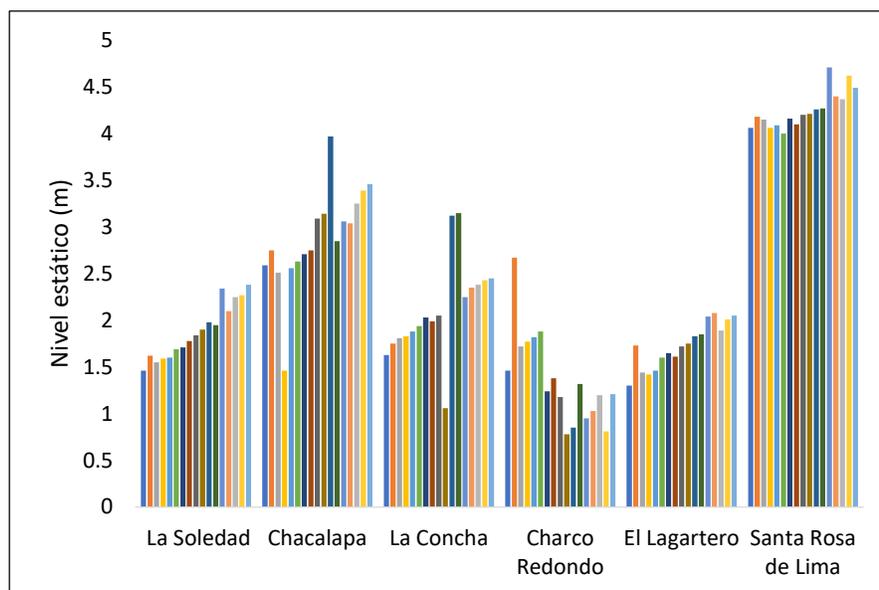


Figura 1. Profundidad al Nivel Estático de Pozos-Acuífero Chacahua, en el período húmedo 2017.

En SAS® Studio y para los registros anuales compilados, se probaron diferentes relaciones matemáticas, las de mayor ajuste se muestran en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Mejores modelos de niveles estáticos anuales.

| Pozos de observación | Ecuación (2003-2013) | R ² |
|----------------------|--|----------------|
| La Soledad | $y = 0.0197x^3 - 0.3314x^2 + 1.3384x + 1.6795$ | 0.6385 |
| Chacalapa | $y = 0.0282x^3 - 0.5217x^2 + 2.7299x - 0.7971$ | 0.6364 |
| La Concha | $y = 0.0203x^3 - 0.3755x^2 + 1.9864x - 0.7777$ | 0.6642 |
| Charco Redondo | $y = 0.0094x^3 - 0.133x^2 + 0.2061x + 2.8688$ | 0.5964 |
| El Lagartero | $y = 0.0119x^3 - 0.2x^2 + 0.8705x + 0.9488$ | 0.3512 |
| Santa Rosa de Lima | $y = 0.0282x^3 - 0.5231x^2 + 2.8285x - 0.7083$ | 0.5184 |

En el caso de los niveles estáticos en pozos para el período de lluvias los modelos de mayor ajuste fueron los que se observan en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Modelos de niveles estáticos durante el período húmedo.

| Pozos de observación | Ecuación (2017) | R ² |
|----------------------|-------------------------|----------------|
| La Soledad | $y = 0.0565x + 1.3743$ | 0.9269 |
| Chacalapa | $y = 0.0719x + 2.2473$ | 0.4637 |
| La Concha | $y = 0.0581x + 1.6007$ | 0.3275 |
| Charco Redondo | $y = -0.0696x + 1.9949$ | 0.5226 |
| El Lagartero | $y = 0.043x + 1.3445$ | 0.8138 |
| Santa Rosa de Lima | $y = 0.0322x + 3.9649$ | 0.648 |

En los Cuadros 2 y 3 se observan ecuaciones de diferente grado, mientras que los niveles estáticos anuales tienden a ser polinómicos cúbicos, los altos niveles registrados durante las precipitaciones tienen un comportamiento lineal y los pozos que no siguen dichas tendencias son “El Lagartero” y “La Concha” respectivamente.

CONCLUSIONES

Los niveles estáticos del Acuífero Chacahua se pueden predecir con el uso de los modelos generados, ya sea a nivel anual o tomando en cuenta el período de lluvias, porque por los coeficientes observados, ambos tipos de modelos no tienen mucha variación, por lo tanto se puede decir que para este acuífero que está en constante intercambio de agua con el océano y el humedal denominado Sistema Lagunar Chacahua-Pastoría, la precipitación influye en un 15 % sobre la tendencia de los niveles estáticos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto “Caracterización Biofísica y Estudio Hidrodinámico y Transporte de Sedimentos a Nivel de Cuenca del Complejo Lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca”, financiado por el Fondo Sectorial CONAGUA-CONACYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Betancur-Vargas, T., D. A. García-Giraldo, A. J. Vélez-Duque, A. M. Gómez, C. Flórez-Ayala, J. Patiño y J. A. Ortiz-Tamayo. (2017). Aguas subterráneas, humedales y servicios ecosistémicos en Colombia. *Biota Colombiana* 18 (1), 1–28. DOI: 10.21068/c2017.v18n01a1
2. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). (2013). *Estudio para Determinar la Disponibilidad de Aguas Subterráneas en Acuíferos del Estado De Oaxaca*. Secretaria del Medio Ambiente.
3. Román L. A., M. A. Inzunza I., M. Villa C. y E. A. Catalán V. (2011). Modelación del Abatimiento de Pozos Profundos. *Terra Latinoamericana*, 29, 1-10.
4. Senapathi V., M. Viswanathan P. and S. Yong C. (2019). GIS and Geostatistical Techniques for Groundwater Science. *Elsevier*. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-02667-8>
5. Speldrich, B.; Gerla, P.; Tschann, E. (2021) Characterizing Groundwater Interaction with Lakes and Wetlands Using GIS Modeling and Natural Water Quality Measurements. *Water*, 13, 983. <https://doi.org/10.3390/w13070983>

Sección: Agua, suelo, agrometeorología y cambio climático.

BIOTECNOLOGÍA Y GENÓMICA

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

PROTEÍNAS DE UNIÓN A OLORES Y QUIMIOSENSORIALES DEL DESCORTEZADOR DE LAS ALTURAS *Dendroctonus adjunctus* (Curculionidae: Coleoptera)

Brenda Torres Huerta¹, Obdulia Lourdes Segura León^{1*}, Héctor González-Hernández¹

¹Colegio de Postgraduados, Fitosanidad: Entomología y Acarología, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230 Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. *Autor de correspondencia: sleon@colpos.mx

Palabras clave: transcriptoma, RNA-Seq, homología

Introducción

Las antenas y aparato bucal son los principales órganos olfativos de los insectos, las moléculas de olor en el ambiente son solubilizadas por proteínas especializadas de unión a olores (OBPs) y quimiosensoriales (CSPs) que transportan los compuestos a receptores de neuronas (OSN) en donde se transduce la señal química en una respuesta eléctrica que desencadena un comportamiento específico en los insectos (Leal, 2013). Inicialmente, sus funciones se restringieron a mecanismos de quimiorrecepción, sin embargo, ambas clases de proteínas desarrollan funciones en la liberación de feromonas, transporte de nutrientes, e incluso, secuestran y enmascaran moléculas tóxicas, por lo que su estudio ha tenido un auge en la última década al tener un gran potencial para el desarrollo de biosensores, diseño *in silico* de repelentes o atrayentes y el silenciamiento génico (Zhou *et al.*, 2010; Pelosi *et al.*, 2018). En México existen cinco especies de descortezadores consideradas plagas primarias, la más importante en alturas elevadas es *Dendroctonus adjunctus*, estos escarabajos han desarrollado un complejo sistema de comunicación mediado por semioquímicos, el cual se ha utilizado para desarrollar estrategias de manejo integrado, sin embargo, existe un gran reto en generar conocimiento a nivel molecular sobre la percepción y procesos de reconocimiento olfativo. En este estudio se construyó el transcriptoma de cabezas de *D. adjunctus* con secuenciación de siguiente generación RNA-Seq y se identificó el repertorio de proteínas no receptoras involucradas en el procesamiento de olor.

Objetivos.

Identificar el repertorio de proteínas no receptoras involucradas en el procesamiento del olor en el transcriptoma de cabeza de *D. adjunctus*.

Materiales y métodos

Se colectaron adultos maduros de *D. adjunctus* en fustes de *Pinus oocarpa* con brotes activos en San Cristóbal de las Casas, Chiapas. Las especies se verificaron con claves taxonómicas. La extracción del ARN total se realizó en tres pools de 40 cabezas con el kit SV Total RNA Isolation System, Promega; la construcción de 3 bibliotecas de cDNA y la secuenciación se realizó con BGISEQ-500 en BGI Hong Kong, China. La calidad y limpieza de las tres librerías se realizó con FastQC v0.10. y FastP. El ensamblaje *de novo* de las tres librerías se generó con Trinity v 2.0.6 y para la anotación de los transcritos se realizó un análisis de homología con BLASTx contra la base de datos UniProtKB. Los resultados se importaron a Blast2GO para obtener la distribución de las especies, Evalúe y porcentaje de similitud y se filtraron las coincidencias con genes que codifican proteínas no receptoras. Se realizó la búsqueda de los marcos de lectura abiertos (ORFs) de los transcritos y se incluyó una prueba BLASTp contra la base de datos de Insecta-UniprotKB. Las proteínas de OBPs y CSPs de *D. adjunctus* se analizaron con secuencias de ortólogos de 4 especies de Scolytinae y el escarabajo modelo *T. castaneum*. La clasificación de las proteínas se realizó con base a alineamientos en CLUSTAL-O y para los análisis filogenéticos se realizó una búsqueda del modelo evolutivo con ModelTest-NG, la reconstrucción filogenética se generó mediante Inferencia Bayesiana con el programa BEAST v1.10.4 y 4, 000, 000 de generaciones, la edición de los árboles se realizó en iTOLS. La información completa de esta investigación se describe en Torres *et al*, 2020.

Resultados y Discusión

A partir de tres librerías de cabezas de machos y hembras de *D. adjunctus* se obtuvo en promedio 96, 631, 854 lecturas con una longitud de 100 pb y Q20 de 98.13%. El ensamblaje *de novo* generó 71,157 transcritos con una longitud media de 574 pb y una longitud N50 de 3,126 pb y posterior a la agrupación y el filtrado de redundancia se obtuvo un total de 44, 420 unigenes. Mediante Blastx se anotaron 16, 290 unigenes, el 57.14% se encontraron entre los tops hits con valores menores a $1.0E-45$ (figura 1a), casi el 50% del total de los transcritos tuvieron similitudes $>90\%$ (figura 1b) y más de tres cuartas partes coincidieron con especies de Coleoptera (figura 1c), de los cuales más del 50% presentaron similitud con genes de *D. ponderosae* (Curculionidae: Scolytinae).

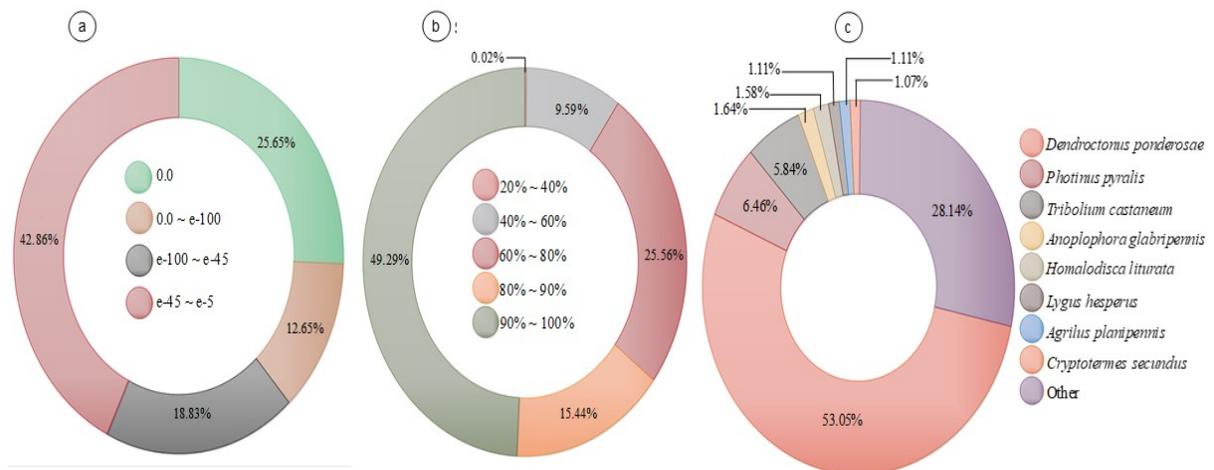


Figura 1. Porcentaje de transcritos mapeados contra la base de datos uniprotKB. (a) Distribución del valor E; (b) distribución del porcentaje de similitud; (c) distribución de las especies. Tomado de Torres-Huerta *et al.*, 2020.

El análisis del transcriptoma de *D. adjunctus* se enfocó en las familias de genes asociados al procesamiento de olores; mediante la búsqueda por homología se identificaron un total de 204 genes con funciones de procesamiento olfativo, de los cuales 27 correspondieron a OBPs, 23 tuvieron marcos de lectura (ORFs) completos que codifican proteínas de 110-390 residuos. Las 27 DadjOBPs tuvieron homólogos con proteínas de unión de coleópteros con identidades >40% y 21 secuencias presentaron identidades altas con escoltinos, de las cuales 19 tuvieron similitudes >80% con *D. ponderosae*. Las DadjOBPs se clasificaron en tres subclases, 15 en clásicas con el patrón general, 10 en minus-C y DadjOBP2 se clasificó como plus-C (figura 2c). Para comprender la relación evolutiva de las DadjOBPs se construyó un árbol filogenético mediante inferencia Bayesiana, el filograma (figura 2a) tuvo soportes con probabilidades superiores al 90%, en su mayoría del 100%. La identificación de miembros de la subfamilia clásica, minus-C y plus-C fue respaldado por el análisis filogenético, además, las DadjOBPs se encuentran dispersas en varios clados formando pequeños clusters con OBPs de descortezadores principalmente de *D. ponderosae* a excepción de DadjOBP15, DadjOBPT11 y DadjOBP23, las cuales se agrupan con OBPs de *T. castaneum*. Se ha sugerido que esta distribución muestra patrones evolutivos en escalas de corto (mismo género) y largo plazo (entre especies de insectos) e indican una rápida divergencia evolutiva de las tres subfamilias (Sánchez-Gracia *et al.*, 2009).

Por otro lado, las CSP son una familia de proteínas solubles que tienen funciones similares a las OBPs, para *D. adjunctus* se identificaron siete CSP, todas presentaron ORFs completos que codifican proteínas de 116-296 residuos. Todas las CSPs tuvieron homólogos con proteínas quimiosensoriales de *D. ponderosae* con identidades >80%, en comparación con las OBPs esta familia presenta una menor divergencia con cuatro cisteínas conservadas en todas las secuencias (figura 2d). Las CSPs se dispersaron en diferentes ramas en el filograma en pequeños clusters con proteínas de descortezadores relacionadas estrechamente con secuencias de *D. ponderosae* con probabilidades posteriores del 100% (figura 2b). Además, las DadjCSPs se agruparon con CSPs de *D. armandi*, las cuales han sido reportadas con patrones de expresión específica en antena y aparato bucal, por lo cual podrían estar involucradas en el reconocimiento de semioquímicos y la detección de fuentes de alimentos no volátiles.

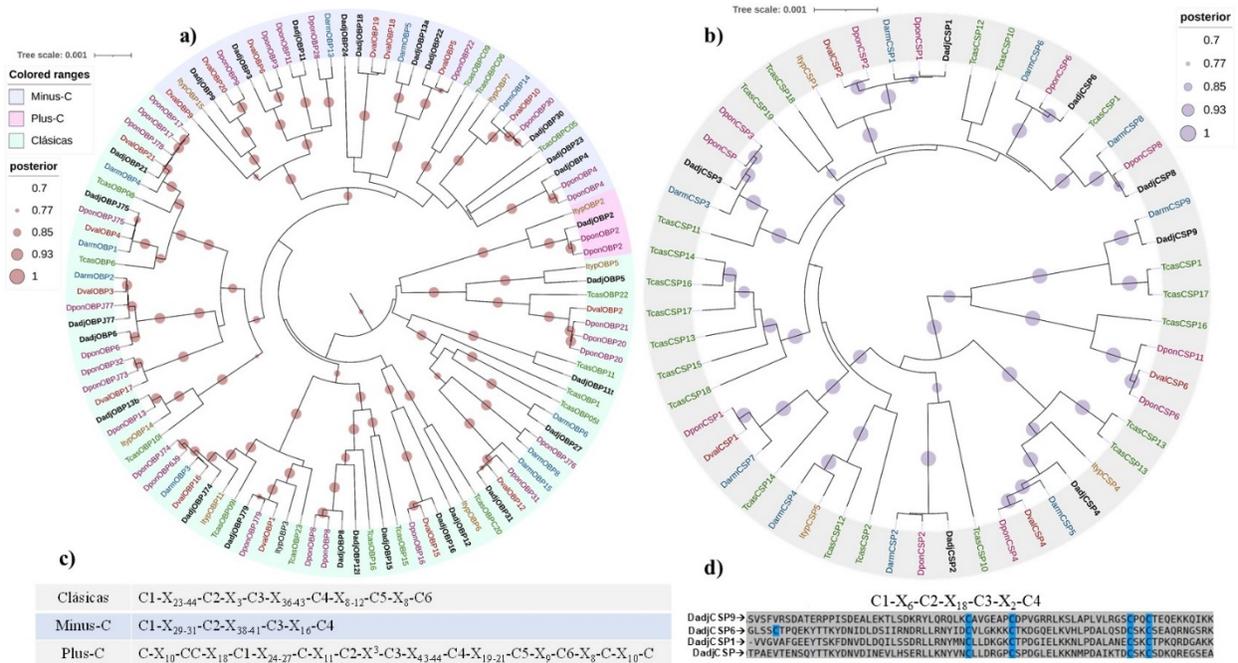


Figura 2. Árbol filogenético del análisis BEAST de las (a) proteínas candidatas de unión a olores (OBPs) y (b) quimiosensoriales (CSPs) de *D. adjunctus* (Dadj), *D. ponderosae* (Dpon), *D. valens* (Dval), *D. armandi* (Darm), *Ips typographus* (Ityp) y *Tribolium castaneum* (Tcas). Patrones de dominios generales de las subfamilias de OBPs (c) y CSPs (d).

Conclusiones

Se identificaron 34 transcritos nuevos de genes olfativos no receptores de *D. adjunctus* que codifican 27 proteínas OBPs y 7 CSPs, las cuales se clasificaron y compararon con proteínas homólogas de otros escoltinos y especies de Coleoptera mediante análisis filogenéticos. La identificación del repertorio de genes que codifican proteínas no receptoras en *D. adjunctus* amplía el conocimiento de los genes olfativos en Coleoptera e incrementa la información reportada para especies de escarabajos de corteza.

Agradecimientos

Agradecemos al CONACYT por la beca de maestría, a la Dra. Adriana Rosalía Guijón Hernández y la Comisión Nacional Forestal por su apoyo en el desarrollo de la logística y selección del sitio para la recolección de material biológico.

Referencias bibliográficas

Leal, W. S. 2013. Odorant Reception in insects: roles of receptors, binding proteins, and degrading enzymes. *Annu. Rev. Entomol.* 58, 373-391.

Pelosi, P., Iovinella, I., Zhu, J., Wang, G. y Dani, F. R. 2018. Beyond chemoreception: diverse tasks of soluble olfactory proteins in insects. *Biological Reviews*. 93, 184-200.

Sánchez-Gracia, A., Vieira, G. F. y Rozas, J. 2009. Molecular evolution of the major chemosensory gene families in insects. *Heredity*. 103(2), 208-216.

Torres-Huerta, B., Segura-León, O. L., Aragón-Magadan, M. A. y González-Hernández, Hector. 2020. Identification and motif analyses of candidate nonreceptor olfactory genes of *Dendroctonus adjunctus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae) from the head transcriptome. *Sci Rep* 10, 20695. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77144-5>

Zhou, J.-J., Field, L. M. y Li, X. 2010. Insect odorant-binding proteins: do they offer an alternative pest control strategy?. *Outlooks on Pest Management*. 21, 31-34.

Sección: Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola, Biotecnología y Genómica

IDENTIFICACIÓN DE PROTEÍNAS ACARREADORAS DE OLORES EN EL PICUDO DEL CHILE *Anthonomus eugenii*

Pablo Lechuga Paredes¹, Juan Cibrián Tovar¹, Brenda Torres Huerta¹, Julio César Velázquez González²,
Obdulia Lourdes Segura León^{1*}.

¹Colegio de Postgraduados, Fitosanidad: Entomología y Acarología, Km 36.5 Carretera México-Texcoco, C.P. 56230 Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

²Koppert de México. Circuito el Márquez Norte No. 82. Parque industrial el Márquez, C.P. 76246. Querétaro, Querétaro, México.

osegura@colpos.mx

Palabras clave: proteína de unión a olores, proteína quimiosensorial, *Capsicum annuum*.

Introducción

Anthonomus eugenii Cano (Coleoptera: Curculionidae), comúnmente conocido como picudo del chile, es una de las plagas más importantes que afectan el cultivo de chile, se distribuye desde el sur de Estados Unidos de América hasta Centroamérica y algunas islas del Caribe. El picudo produce severos daños en el chile, debido a que las hembras depositan los huevos en frutos tiernos, y ahí continúan todo su desarrollo, los adultos son atraídos a flores y frutos tiernos para su alimentación y oviposición. Diversos estudios en ecología química de este insecto señalan su respuesta a diferentes semioquímicos (Bautista-San Juan *et al.*, 2019). Sin embargo, no se tiene información de las proteínas que intervienen en este sistema de comunicación. Las proteínas que forman parte del sistema perirreceptor de insectos podrán tener aplicaciones biotecnológicas con enfoque fitosanitario (Zeng *et al.*, 2020), por lo tanto, hay un interés creciente por describir las proteínas involucradas en el proceso de percepción de olores, dentro de estas están las Odorant Binding Proteins (OBP) y las Chemosensory Proteins (CSP), dos familias de proteínas que forman parte del sistema nervioso periférico de la clase Insecta, su función principal es transporte de las moléculas de olores volátiles hacia los receptores (Pelosi *et al.*, 2018). Las CSP están constituidas por seis a siete α -hélices y cuatro residuos de Cisteína (Cys) que forman dos puentes disulfuro adyacentes formando un canal de transporte de moléculas (Lartigue *et al.*, 2002). La estructura de las OBP es similar, sin embargo, el patrón de Cys conservadas es diferente al de las CSP, con dos Cys adicionales (Pelosi *et al.*, 2018). El uso de herramientas bioinformáticas es una forma de identificar proteínas homólogas con funciones similares que deriven en el desarrollo de nuevas tecnologías para el manejo de plagas. El objetivo de este trabajo fue identificar los transcritos relacionados con el transporte de olores del picudo del chile *Anthonomus eugenii*.

Materiales y métodos

Se colectaron adultos de *A. eugenii* en cultivares de chile serrano en el ejido Vallejo, San Luis Potosí, México, en agosto de 2018. Los adultos fueron colocados en RNAlater™ con el objetivo de mantener íntegro el ARN. Se almacenaron a -20°C hasta su procesamiento. Se disectaron las cabezas de ambos sexos para aislar el RNA con el kit SV Total RNA Isolation System™ siguiendo las instrucciones del fabricante. Se construyeron dos librerías pareadas para machos y otras dos librerías pareadas para hembras, utilizando el kit TruSeq™ RNA Sample Preparation v2 de Illumina, las cuales se utilizaron para la secuenciación de dos librerías pareadas de ADNc en un equipo MiSeq™ Illumina, en el laboratorio de Secuenciación masiva del Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria del SENASICA, Tecamac, Estado de México. Se evaluó la calidad de las librerías mediante el programa FastQC y se hizo una limpieza utilizando Trimomatic. Las secuencias depuradas se ensamblaron *de novo* utilizando Trinity 2.0.6, la calidad del ensamble se evaluó con Quast v5. Se eliminaron las redundancias y se obtuvo el número total de unigenes. Utilizando las secuencias query correspondientes a unigenes de OBP y CSP se buscaron marcos de lectura abiertos (Open Reading Frame) en el servidor ORF Finder del NCBI. Después se realizó una prueba de homología con Blastp contra una base local de UniProtKB para determinar la homología de los ORF encontrados con proteínas homólogas ya reportadas en la base de datos. Posteriormente se realizó un análisis de dominios utilizando el servidor Interpro para anotar funcionalmente los ORF. Se realizó un multialineamiento con ClustalO de las AeugOBPs y AeugCSPs con las mejores coincidencias de Coleópteros de las familias Curculionidae, Chrysomelidae, Cerambycidae y el organismo modelo *Tribolium castaneum* para buscar las características conservadas de cada familia de proteínas. Se realizó la búsqueda de motivos o regiones conservadas en MEME versión 3.5.7. Finalmente, para el cluster de proteínas del picudo y sus homólogos, se obtuvo el modelo evolutivo con ModelTest-NG. La reconstrucción filogenética se realizó con el programa RaxML. La visualización y edición de los árboles se realizó en iTOL.

Resultados y Discusión

Del transcriptoma de cabezas del picudo se identificaron 5 proteínas CSP, con base en el patrón de cuatro Cisteínas conservadas (Cys) característico de esta familia (Lartigue *et al.*, 2002), estas se alinearon principalmente con proteínas similares de especies del orden Coleóptera, los 5 transcritos también se anotaron funcionalmente con la superfamilia de unión a feromonas OS-D (con identificador cl04042 en la base de datos de Superfamily) (Pelosi *et al.*, 2018). En el análisis de motivos de cada uno de los cinco transcritos identificados junto con las mejores coincidencias del alineamiento se identificaron 8 motivos conservados. En el análisis filogenético se observó que las CSP se agruparon en pequeños clusters con nomenclatura similar. El árbol presenta, en su mayoría, valores de bootstrap mayores a 70%, y se pueden observar un agrupamiento de las AeugCSP con ortólogos ya reportados de *A. grandis*. Además, se puede observar una arquitectura muy similar del patrón de motivos, lo que podría indicar que estas proteínas están evolutivamente conservadas (Figura 1).

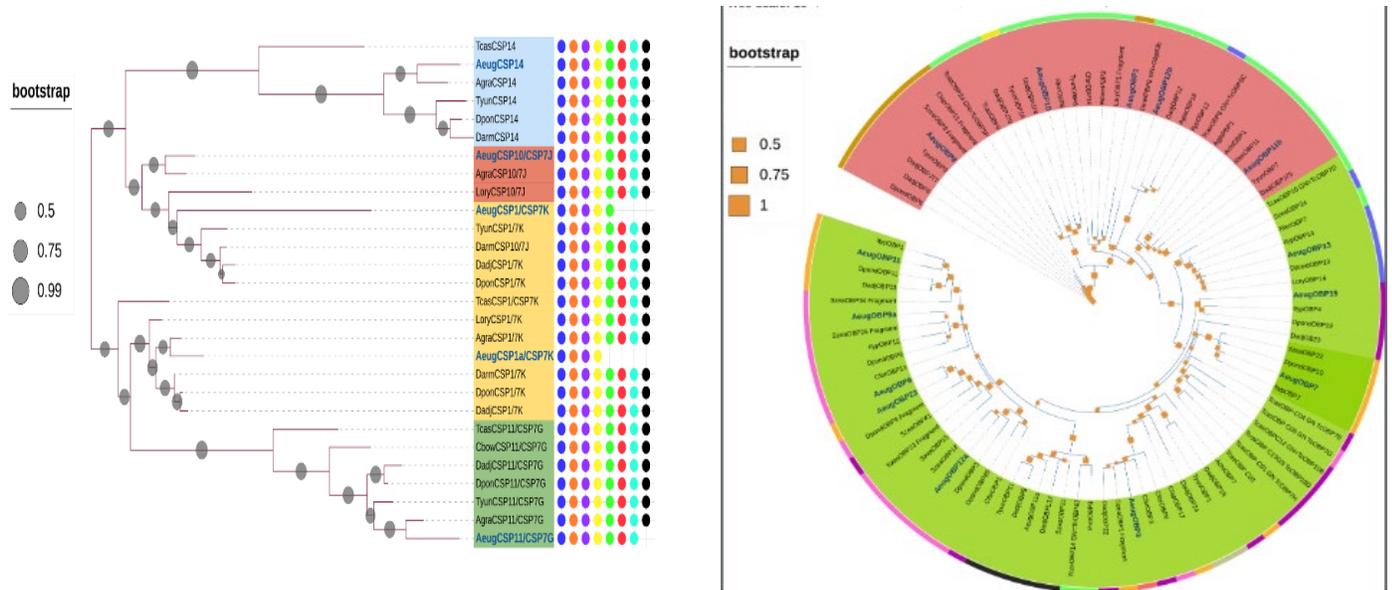


Figura 1. Izquierda: análisis filogenético de AuegCSPs y secuencias homólogas. Los círculos de colores representan motivos conservados. Derecha: Análisis filogenético de AuegOBPs y secuencias homólogas. Las bandas de colores representan motivos conservados por grupos.

Por otro lado, se identificaron 16 proteínas OBP, con base en los residuos de Cys conservados. De éstas se caracterizaron dos subfamilias, 7 OBPs corresponden a la familia Classic OBP (con 6 Cys conservadas) y 9 a la familia Minus-C (con 4 Cys). Las mejores coincidencias en el alineamiento con la base de datos UniProtKB fueron con proteínas similares de otros Coleóptera. La anotación funcional en todos los casos fue con la superfamilia de proteínas de unión a feromonas y con proteínas generales de unión de olores PBP-GOBP (con identificador cl11600 en la base de datos SuperFamily). En el análisis de motivos de los transcritos y secuencias homólogas seleccionadas de la base de datos, se encontraron 8 motivos con diferente arquitectura entre ellos. En el análisis filogenético, las OBP se agrupan con base en el número de residuos de Cys, por un lado, las Classic-OBP y por otro las Minus-C, el bootstrap de las ramas en su mayoría se encontró arriba del 70% (Figura 1). Diferentes autores señalan que la identificación de secuencias homólogas, así como el patrón de Cys conservadas son los primeros argumentos para caracterizar transcritos de un organismo no modelo. Sin embargo, la búsqueda de un dominio que indique la función de la proteína y la búsqueda de patrones de motivos proteicos que aporten información a la

filogenia, son herramientas que ayudaran a sustentar la función de los transcritos descritos (Torres-Huerta *et al.*, 2020).

Conclusiones

Los transcritos de proteínas perirreceptoras OBPs y CSPs identificados en *A. eugenii* se alinean principalmente con secuencias de proteínas de Coleópteros. Los dominios conservados de estos los ubican funcionalmente dentro de las Familias PBP-GOBP y OS-D respectivamente. El análisis de dominios y la arquitectura de esto señalan que las CSPs son proteínas más conservadas que las OBPs, que a su vez se soporta en la reconstrucción de la filogenia. Los resultados obtenidos aportan suficiente evidencia para señalar que las proteínas identificadas de forma bioinformática pueden tener funciones similares a las ya reportadas, por lo que es importante desarrollar más investigación y dilucidar el mecanismo molecular de percepción de olores en el picudo del chile, y eventualmente dichas proteínas tendrían el potencial de ofrecer una estrategia de control para el picudo.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACyT por la beca de maestría otorgada al primer autor y al SENASICA, por su apoyo en la preparación y generación de librerías.

Referencias bibliográficas

- Bautista-San Juan, A., Cibrián-Tovar, A., López-Romero, R., Bautista-Martínez, N., y Gómez-Domínguez, N. 2019. Atracción de adultos de *Anthonomus eugenii* a mezclas sintéticas de compuestos volátiles sintéticos. *Southwestern Entomologist*, Vol. 44 (3): 743-754.
- Lartigue, A., Campanacci, V., Roussel, A., Larsson, A., Jones, T., Tegoni, M., Cambillau, C. 2002. X-ray Structure and Ligand Binding Study of a Moth CSP Protein. *The journal of Biochemistry and Molecular Biology*, Vol. 277, 35(30): 94-98.
- Pelosi, P., Iovinella, I., Zhu, J., Wang, G., y Dani, F.R. 2018. Beyond chemoreception: diverse tasks of soluble olfactory proteins in insects. *Biological Reviews of Cambridge Philosophical Society*, 93(1):184-200.
- Torres-Huerta, B., Segura-León, O.L., Aragón-Magadan, M.A. y González-Hernández, H. 2020. Identification and motif analyses of candidate nonreceptor olfactory genes of *Dendroctonus adjunctus* Blandford (Coleoptera: Curculionidae) from the head transcriptome. *Scientific Reports*, (10): 13p.
- Zeng, Y., Merchant, A., Wu, Q., Wang, S., Kong, L., Zhou X., Xie, W. y Zhang, Y. 2020. A Chemosensory Protein *BtabCSP11* Mediates Reproduction in *Bemisia tabaci*. *Frontiers in physiology*, 11, (709): 8 p.

SE DESEA QUE EL RESUMEN SEA EVALUADO PARA LA “REUNION NACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INOVACIÓN AGRICOLA” INCISO B) BIOTECNOLOGIA Y GENÓMICA.

EXPRESIÓN GÉNICA DE EXPANSINAS DURANTE LA MADURACIÓN DEL FRUTO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.)

Jazmín Franco Franco¹, Luis Felipe Guzmán Rodríguez^{1*}, Moisés A. Cortés Cruz², Marco Antonio Aragón Magadán¹ y Carlos Iván Cruz Cárdenas¹

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP; ²Dirección de Investigación-CIRPAC-INIFAP.

guzman.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fruto maduro, *EXPB7*, *EXPB13*.

INTRODUCCIÓN

Las reacciones iniciales del proceso de maduración pueden ser causadas por las proteínas expansinas (Wei *et al.*, 2009). Las expansinas son enzimas que están involucradas en la remodelación de la pared celular y actúan facilitando el deslizamiento de los polímeros cuando estos están sometidos a alguna tensión, debilitando la fuerza de unión de puentes de hidrógeno que mantienen unidos a los componentes de la red de celulosa-hemicelulosa, permitiendo la relajación de la pared celular (Quiroz *et al.*, 2011).

Existen cuatro familias reconocidas: α -expansinas, β -expansina, expansina Like A y expansina Like B. En el caso de expansina 7 es codificada por el gen *EXPB7* y de expansina 13 es codificada por el gen *EXPB13*. Ambas enzimas causan aflojamiento y extensión de las paredes celulares del fruto al interrumpir la unión no covalente entre las microfibrillas de celulosa y los glucanos de la matriz (**The UniProt Consortium, 2021**). Se han encontrado expansinas involucradas en el ablandamiento de frutos de tomate, fresa, durazno y pera (Martínez, 2019), causando el desensamblaje de la pared celular, con el consiguiente ablandamiento del fruto (Quiroz *et al.*, 2011). Sin embargo, no se ha confirmado si estas enzimas están involucradas en la pérdida de la firmeza durante la maduración de frutos de guanábana. El objetivo fue analizar la expresión de los genes *EXPB7* y *EXPB13* durante la maduración del fruto de guanábana a temperatura ambiente y en refrigeración a 15°C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se incluyeron seis frutos de guanábana (*Annona muricata* L.), tres de ellos a temperatura ambiente (TA) y tres en refrigeración a 15°C (TR). Los tratamientos considerados en el experimento fueron TA a 0, 3 y 6 días y TR a 3, 6 y 9 días, cada uno incluyó tres réplicas. A partir de 90 a 110 mg de pulpa del fruto se llevó a cabo la obtención de ARN. La extracción de ARN total fue con el método comercial Spectrum™ Plant Total RNA Kit de la marca Sigma® con las especificaciones del proveedor. El ARN se disolvió en buffer de elución y se analizó la calidad por medio de espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo.

La primera cadena de cDNA se sintetizó mediante retro transcripción con el método comercial SuperScript™ III Reverse Transcriptase de la marca Invitrogen® de acuerdo al protocolo del fabricante. La cantidad del cDNA sintetizado se determinó por espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo y se estandarizaron las concentraciones a 20 ng/ μ L. El análisis de expresión génica relacionada con los cambios bioquímicos se realizó en los genes *EXPB7* y *EXPB13*. El gen *ubiquitina* (*UBC*) fue utilizado como gen constitutivo de referencia y el tratamiento TA en 0 días como control para la cuantificación relativa por el método $\Delta\Delta$ Ct.

El cDNA se amplificó por PCR tiempo real en un equipo termociclador StepOnePlus™ de la marca Applied Biosystems con el uso de sondas marcadas con fluorescencia. La mezcla de reacción se realizó en un volumen de 20 μ L con 1X de Taqman Fast Advanced Master Mix de la marca Applied Biosystems, 0.4 μ M de los iniciadores sentido y antisentido, 0.18 μ M de sonda y 40 ng de cDNA. Los iniciadores se diseñaron y fueron sintetizados por T4Oligo. Las condiciones de amplificación fueron un ciclo de desnaturalización inicial a 95°C durante 5 minutos, seguido de 45 ciclos de desnaturalización a 95°C por un minuto y alineamiento y extensión a 55°C por un minuto. Los resultados se observaron y analizaron en el programa StepOne versión 2.1. El diseño experimental aplicado fue factorial, con los factores temperatura de almacenamiento y días transcurridos. Se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias con la prueba Tukey con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$, en el programa RStudio Versión 4.1.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1a se observa la expresión relativa del gen *EXPB7* en fruto de guanábana. A temperatura ambiente, en el gen *EXPB7* la máxima expresión se obtuvo en TA3, mientras en TA6 la expresión disminuyó al 40% en comparación con TA0. No obstante, en refrigeración a 15°C se observa que en TR3 tiene la mayor expresión.

En la figura 1b se presenta la expresión relativa del gen *EXPB13*. A temperatura ambiente la mayor expresión se presentó en TA3, no obstante, en refrigeración la mayor expresión fue en TR9, pero, sin diferencia significativa con TR3. Li *et al.*, (2010) mencionan que las bajas temperaturas inhiben la maduración y senescencia de los frutos y retardan el ablandamiento. Lo anterior no coincide con nuestros resultados en los frutos de guanábana debido a que en temperatura de refrigeración ambos genes presentaron valores más altos de expresión a diferencia de los frutos a TA.

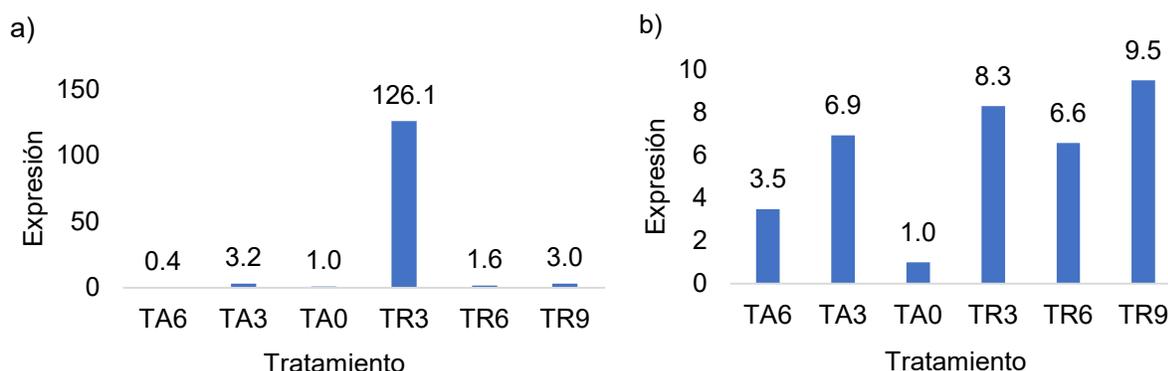


Figura 1. Expresión relativa de los genes a) *EXPB7* y b) *EXPB13* respectivamente, en fruto de guanábana.

En el cuadro 1 se observa el análisis de varianza de la expresión de los genes *EXPB7* y *EXPB13* en guanábana con dos factores, se presentaron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en ambos genes.

Cuadro 1. Análisis de varianza de la expresión de los genes *EXPB7* y *EXPB13* en fruto de guanábana con dos factores.

| Fuente | <i>EXPB7</i> | | | | | <i>EXPB13</i> | | | | |
|--------|--------------|----|--------|------|----------|---------------|----|------|------|----------|
| | SC | gl | CM | F | P | SC | gl | CM | F | P |
| Temp | 11,567 | 1 | 11,567 | 12.6 | <0.0001* | 132.4 | 3 | 44.1 | 51.3 | <0.0001* |
| Días | 15,949 | 3 | 5,316 | 75.8 | <0.0001* | 15.0 | 1 | 14.9 | 17.3 | <0.0001* |
| Error | 11,902 | 13 | 916 | | | 11.1 | 13 | 1.0 | | |
| Total | 39,418 | 17 | | | | 158.4 | 17 | | | |

Temp: temperatura, SC: suma de cuadrados, gl: grados de libertad, CM: cuadrado medio.

En el cuadro 2 se presentan los resultados de la comparación de medias del factor días en los genes *EXPB7* y *EXPB13* con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). En el gen *EXPB7*, las medias de los días 0, 6 y 9 no presentan diferencias significativas, no obstante, la media del día 3 presenta diferencia significativa con el resto de las medias. En el gen *EXPB13* la media del día 3 y 9 no presentan diferencias significativas, mientras el resto de las medias son diferentes.

Cuadro 2. Comparación de medias del factor días en los genes *EXPB7* y *EXPB13* con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$)

| Días | <i>EXPB7</i> | | | <i>EXPB13</i> | | |
|------|--------------|---------------------|-------------------|---------------|---------------------|-------------------|
| | Media LS | Desviación estándar | Grupos homogéneos | Media LS | Desviación estándar | Grupos homogéneos |
| 0 | 1.0 | 0.1 | a | 1.0 | 0.2 | a |
| 3 | 64.6 | 68.5 | b | 7.6 | 1.0 | c |
| 6 | 1.0 | 1.0 | a | 5.0 | 2.0 | b |
| 9 | 3.0 | 0.2 | a | 9.5 | 1.0 | c |

En el análisis de varianza de la expresión de *EXPB7* y *EXPB13* por tratamiento se observaron diferencias significativas ($p < 0.0001$). En el cuadro 3 se presenta la comparación de medias de la expresión de los genes *EXPB7* y *EXPB13* en los diferentes tratamientos. En el gen *EXPB7* el tratamiento TR3 es estadísticamente diferente al resto de las medias. En el gen *EXPB13*, las medias de todos los tratamientos fueron diferentes a la media del tratamiento control TA0. También TA6 presentó diferencias con el resto de los tratamientos. Además, TR3 no presentó diferencias significativas con TA3, TR6 y TR9.

Cuadro 3. Comparación de medias de la expresión de los genes *EXPB7* y *EXPB13* en los tratamientos, con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$).

| Tratamiento | <i>EXPB7</i> | | <i>EXPB13</i> | |
|-------------|--------------|-------------------|---------------|-------------------|
| | Media | Grupos homogéneos | Media | Grupos homogéneos |
| TA0 | 1.0 | a | 1.0 | a |
| TA3 | 3.1 | a | 6.9 | c |
| TA6 | 0.4 | a | 3.5 | b |
| TR3 | 126.1 | b | 8.3 | cd |
| TR6 | 1.6 | a | 6.6 | c |
| TR9 | 3.0 | a | 9.5 | d |

CONCLUSIONES

La expresión de los genes de las enzimas expansina 7 y 13 durante el proceso de maduración postcosecha del fruto de guanábana en las condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente y en refrigeración a 15°C son diferentes.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados preliminares presentados son parte del proyecto CONACYT de ciencia básica “caracterización morfológica, bioquímica y genética de guanábana (*Annona muricata* L.)”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Wei BS, Cai RL, Jian YC, Jiang HX and Wang JL. Expansin gene expression in cherimoya fruit is correlated with flesh firmness during fruit ripening and softening. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2009; 84(3):333-339.
2. Quiroz RE, and Folch JL. Proteínas que remodelan y degradan la pared celular vegetal: perspectivas actuales. *Biología Aplicada*. 2011; 28:194-204.
3. **The UniProt Consortium. UniProt: the universal protein knowledgebase in 2021. *Nucleic Acids Res.* 2021; 8(49): D480-489.**

4. Martínez GME. 2019. Análisis de expresión diferencial de genes durante la maduración de guanábana (*Annona muricata* L.) en manejo postcosecha. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nayarit. 101 p.
5. Li X, Xu C, Korban SS, and Chen K. Regulatory mechanisms of textural changes in ripening fruits. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2010; 29(4): 222-243.

Sección: Biotecnología y genómica

IDENTIFICACIÓN DE SNP'S EN ESPECIES DEL GÉNERO *Phaseolus* PARA CREACIÓN DE PANEL DE CARACTERIZACIÓN GENOTÍPICA

Luis Felipe Guzmán Rodríguez^{1*}, Ernesto Borrayo², Juan Manuel Pichardo González¹, Carlos Iván Cruz Cárdenas¹, Martín Quintana Camargo¹, Francisco Fabián Calvillo Aguilar¹.

1Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP; 2Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías-UDG

guzman.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Genotipificación, Polimorfismo de un nucleótido, Conservación.

INTRODUCCIÓN

La caracterización genotípica es una actividad importante en la conservación de los recursos genéticos. A través, de los estudios moleculares del DNA es posible analizar la diversidad genética de las accesiones y reducir duplicados para optimizar recursos económicos y humanos en los bancos de germoplasma (Malhotra *et al.*, 2019). Una alternativa a la conservación de colecciones completas es la creación de colecciones núcleo que permitan conservar la mayor cantidad de alelos con el menor número de accesiones. Actualmente, es posible identificar y seleccionar marcadores moleculares tipo SNP (polimorfismo de un solo nucleótido) para caracterizar genotípicamente los materiales de una colección, como es el caso del frijol (Valdisser *et al.*, 2016). Un aspecto fundamental en la identificación de los SNP's es el aislamiento de ácidos nucleicos con la cantidad adecuada y alta pureza, determinada por ciertos parámetros (Guzmán *et al.*, 2018). De tal manera que, el objetivo del presente trabajo fue identificar marcadores moleculares tipo SNP en especies del género *Phaseolus* para la creación de un panel de caracterización genotípica.

MATERIALES Y MÉTODOS

De la colección del banco de germoplasma de semillas ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP (CNRG), se incluyeron 95 accesiones de siete especies cultivadas y silvestres del género *Phaseolus*: 51 de *P. vulgaris* L., 14 de *P. acutifolius* A. Gray, 12 de *P. coccineus* L., ocho de *P. lunatus* L., seis de *P. dumosus*, dos de *P. filiformis* y dos de *P. leptostachyus*.

La semilla se germinó en *peat moss* por triplicado para la obtención de tejido foliar de plántula y aislamiento de ácidos nucleicos. En el laboratorio de ADN y genómicas del CNRG se obtuvo DNA con 20 mg de tejido pulverizado con mortero, pistilo y nitrógeno líquido por el método comercial MagMAX™ de ThermoFisher Scientific. La concentración de DNA se determinó por fluorometría en un equipo Qubit v2.0 de ThermoFisher Scientific con el método comercial Qubit™ ds DNA HS Assay de Invitrogen. La pureza fue determinada por espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo y la integridad por electroforesis en gel de agarosa al 1%. La concentración de DNA se estandarizó a 20 ng/μL y se agruparon las réplicas de las accesiones en un volumen de 50 μL.

La preparación de las librerías y secuenciación del DNA genómico se realizó por el método RAD-seq en un equipo secuenciador HiSeq2000 de la marca Illumina con el proveedor de servicios Floragenex. Los fragmentos obtenidos fueron demultiplexados y ensamblados por medio de IPYRAD (Eaton and Overcast, 2020), con uso del genoma de referencia (GCF_000499845.1_PhaVulg1_0_genomic.fna). Las variantes fueron establecidas por medio de *ref_map.pl* de STACKS (Rochette, 2019). Los datos se recopilaron en *phyton* y se construyó la matriz de datos con homocigotos y heterocigotos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 1 se observan el promedio de la concentración y la pureza de 95 accesiones de DNA de especies del género *Phaseolus*. La concentración de DNA promedio de 95 muestras fue 285.4 ng/μL y superior a 100 ng/μL en todos los casos excepto en las muestras 52, 59 y 68 en las cuales se obtuvo 73, 95 y 69 ng/μL, respectivamente. Derivado de la cantidad mínima requerida para secuenciación por RAD-seq de acuerdo con lo solicitado por el proveedor de servicios es 20 ng/μL, todas las muestras cumplieron con la cantidad y calidad de material genético necesaria para su procesamiento.

Cuadro 1. Concentración y pureza de 95 accesiones de DNA de especies del género *Phaseolus*.

| No. | [ng/μL] | Relación A _{260/280} | Relación A _{260/230} | No. | [ng/μL] | Relación A _{260/280} | Relación A _{260/230} | No. | [ng/μL] | Relación A _{260/280} | Relación A _{260/230} |
|-----|---------|----------------------------------|----------------------------------|-----|---------|----------------------------------|----------------------------------|-----|---------|----------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 313 | 1.9 | 1.7 | 33 | 522 | 1.8 | 1.3 | 65 | 174 | 1.8 | 1.3 |
| 2 | 221 | 1.9 | 1.6 | 34 | 317 | 1.9 | 1.7 | 66 | 107 | 1.8 | 1.5 |
| 3 | 233 | 1.9 | 1.7 | 35 | 248 | 1.9 | 1.7 | 67 | 213 | 1.8 | 1.4 |
| 4 | 180 | 1.9 | 1.5 | 36 | 278 | 1.8 | 1.6 | 68 | 69 | 1.8 | 1.1 |
| 5 | 152 | 1.9 | 1.7 | 37 | 303 | 1.8 | 1.6 | 69 | 102 | 1.8 | 1.2 |
| 6 | 218 | 1.9 | 1.7 | 38 | 281 | 1.8 | 1.5 | 70 | 103 | 1.8 | 1.3 |
| 7 | 245 | 1.9 | 1.7 | 39 | 378 | 1.9 | 1.8 | 71 | 273 | 1.8 | 1.6 |
| 8 | 349 | 1.8 | 1.4 | 40 | 308 | 1.9 | 1.7 | 72 | 749 | 1.9 | 1.5 |
| 9 | 245 | 1.9 | 1.7 | 41 | 316 | 1.9 | 1.8 | 73 | 359 | 2.0 | 1.0 |
| 10 | 269 | 1.8 | 1.6 | 42 | 299 | 1.9 | 1.7 | 74 | 722 | 1.8 | 1.8 |
| 11 | 190 | 1.8 | 1.7 | 43 | 231 | 1.8 | 1.6 | 75 | 101 | 1.8 | 1.3 |
| 12 | 209 | 1.9 | 1.8 | 44 | 266 | 1.9 | 1.7 | 76 | 184 | 1.8 | 1.5 |
| 13 | 211 | 1.9 | 1.8 | 45 | 447 | 1.9 | 1.8 | 77 | 247 | 1.8 | 1.3 |
| 14 | 205 | 1.8 | 1.6 | 46 | 388 | 1.8 | 1.6 | 78 | 302 | 1.8 | 1.6 |
| 15 | 298 | 1.8 | 1.6 | 47 | 360 | 1.9 | 1.8 | 79 | 765 | 1.8 | 1.7 |
| 16 | 170 | 1.8 | 1.4 | 48 | 222 | 1.8 | 1.6 | 80 | 440 | 2.0 | 1.0 |
| 17 | 184 | 1.8 | 1.5 | 49 | 479 | 1.9 | 1.9 | 81 | 293 | 1.8 | 1.1 |
| 18 | 404 | 1.8 | 1.6 | 50 | 209 | 1.9 | 1.7 | 82 | 474 | 1.8 | 1.1 |
| 19 | 166 | 1.8 | 1.4 | 51 | 330 | 1.9 | 1.7 | 83 | 213 | 1.8 | 1.3 |
| 20 | 212 | 1.9 | 1.7 | 52 | 73 | 1.8 | 1.3 | 84 | 260 | 1.8 | 1.7 |
| 21 | 215 | 1.8 | 1.5 | 53 | 217 | 1.9 | 1.6 | 85 | 182 | 1.8 | 1.4 |
| 22 | 274 | 1.8 | 1.3 | 54 | 136 | 1.8 | 1.4 | 86 | 189 | 1.8 | 1.4 |
| 23 | 271 | 1.8 | 1.5 | 55 | 108 | 1.8 | 1.3 | 87 | 182 | 1.8 | 1.3 |
| 24 | 434 | 1.9 | 1.7 | 56 | 167 | 1.8 | 1.5 | 88 | 278 | 1.9 | 1.2 |
| 25 | 230 | 1.8 | 1.2 | 57 | 144 | 1.8 | 1.4 | 89 | 290 | 1.7 | 1.0 |
| 26 | 359 | 1.9 | 1.4 | 58 | 149 | 1.8 | 1.4 | 90 | 597 | 1.8 | 1.9 |
| 27 | 337 | 1.9 | 1.6 | 59 | 95 | 1.8 | 1.4 | 91 | 771 | 1.9 | 1.8 |
| 28 | 331 | 1.9 | 1.8 | 60 | 175 | 1.8 | 1.4 | 92 | 316 | 1.8 | 0.8 |
| 29 | 686 | 1.9 | 1.8 | 61 | 144 | 1.8 | 1.2 | 93 | 209 | 1.9 | 1.8 |
| 30 | 636 | 1.9 | 1.8 | 62 | 268 | 1.9 | 1.6 | 94 | 316 | 1.9 | 1.8 |
| 31 | 280 | 1.8 | 1.5 | 63 | 342 | 1.8 | 1.5 | 95 | 213 | 1.9 | 1.9 |
| 32 | 326 | 1.8 | 1.6 | 64 | 167 | 1.8 | 1.4 | - | - | - | - |

No.: Número de la muestra, [ng/μL]: Concentración de DNA.

La pureza del DNA, determinada por las relaciones A_{260/280} y A_{260/230}, se presenta en el cuadro 1. El promedio de la relación A_{260/280} fue 1.84 y en todos los casos, los valores estuvieron dentro del rango de 1.8 a 2.0, lo que indica alta pureza (Guzmán *et al.*, 2018), no obstante, el promedio de la relación A_{260/230} fue 1.52, fuera del rango del rango esperado de 2.0 a 2.2, sugiriendo la presencia de polifenoles (Guzmán *et al.*, 2018).

En la figura 1 se presenta la electroforesis de ácidos nucleicos de 24 muestras de frijol sobre gel de agarosa al 1%. La migración de las bandas fue a la misma distancia que el marcador de peso molecular λ DNA sin cortar, ubicado en el primer pozo de cada fila y la intensidad de las bandas fue similar al marcador. Además, no se observa la presencia de residuos contaminantes.

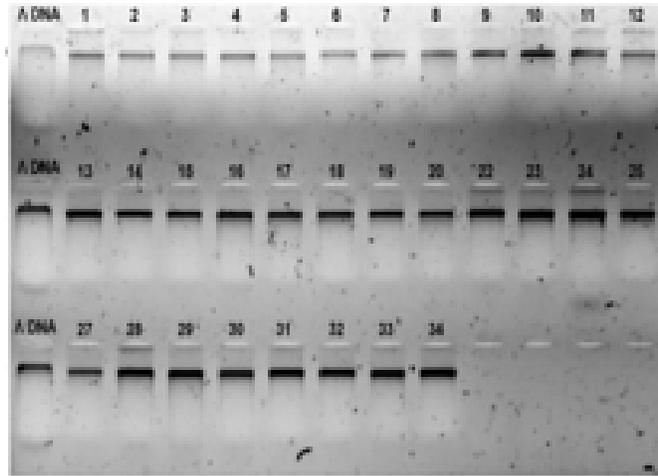


Figura 1. Electroforesis de ácidos nucleicos de 24 muestras de frijol.

Los SNP's se identificaron a partir de la secuenciación del DNA genómico, ensamble de los fragmentos y análisis bioinformático. Dos matrices de datos fueron obtenidas, una con SNP's en estado homocigoto y otra en estado heterocigoto con 395,637 y 93,338 filas, respectivamente. En la matriz de homocigotos se identificaron 84,673 polimorfismos, en un rango de 5,435 a 10,016 en los once cromosomas. Mientras, en la matriz de heterocigotos, se identificaron 86,374 polimorfismos, en un rango de 4,408 a 10,867. El resto de los SNP's detectados no están anotados a algún cromosoma. Con estos resultados preliminares, será posible seleccionar marcadores tipo SNP para la creación de un panel caracterización genotípica, particular para los materiales conservados en la colección de frijol en el banco de germoplasma del CNRG.

CONCLUSIONES

Se identificaron marcadores moleculares tipo SNP en siete especies del género *Phaseolus*. Estos marcadores serán utilizados para el diseño de un panel de caracterización genotípica, análisis de la diversidad genética, selección de colecciones núcleo, así como otras actividades relacionadas con la conservación de esta importante especie.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados preliminares son parte del proyecto fiscal "Regeneración, caracterización y conservación a largo plazo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el INIFAP".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Eaton DAR, and Overcast I. Ipyrad: Interactive assembly and analysis of RADseq datasets. *Bioinformatics*. 2020; 36(8):2592-2594.
2. Rochette NC, Rivera-Colón AG, Catchen JM. Stacks 2: Analytical methods for paired-end sequencing improve RADseq-based population genomics. *Mol Ecol*. 2019; 28(21):4737-4754.

3. Malhotra N, Panatu S, Singh B, Negi N, Singh D, Singh M, *et al.* Genetic resources: Collection, conservation, characterization and maintenance. In: Lentils: Potential Resources for Enhancing Genetic Gains. Elsevier. 2019; p21-41.
4. Guzmán LF, Cortés-Cruz MA, Pichardo-González JM, and Arteaga-Garibay RI. Comparación de protocolos de aislamiento de DNA a partir de semilla de soya. *Remexca*. 2018; 9(8):1691-1701.
5. Valdisser PAMR, Pappas GJ, Menezes IPP de, Müller BSF, Pereira WJ, Narciso MG, *et al.* SNP discovery in common bean by restriction-associated DNA (RAD) sequencing for genetic diversity and population structure analysis. *Mol Genet Genomics*. 2016; 291(3):1277-1291.

Sección: Biotecnología y genómica

SOYA GENÉTICAMENTE MODIFICADA RESISTENTE A *Sclerotinia sclerotiorum*

Cristobal Ervi Bautista Pérez^{1*}, Francisco José Lima Aragão², Glaucia Barbosa Cabral²

1CEHUAS-INIFAP, 2EMBRAPA-CENARGEN
bautista.cristobal@inifap.gob.mx

Palabras claves: Soya, *Sclerotinia sclerotiorum*, Hojas destacadas.

INTRODUCCIÓN

La soya es afectada desde la emergencia de la planta hasta la madurez del grano por una amplia gama de microorganismos, principalmente hongos, que generalmente limitan el crecimiento y el rendimiento del cultivo. La principal estrategia de manejo de estos hongos fitopatógenos se centra en el uso de fungicidas, sin embargo, éstos también tienen efectos directos en el ser humano y el medio ambiente.

Los fungicidas azoles se ha usado por décadas, lo cual ha llevado a la aparición de cepas con sensibilidad reducida o incluso resistencia en varios hongos patógenos de las plantas, debido al amplio uso desde su descubrimiento (Tian *et al.*, 2019). El moho blanco de la soya es causado por *Sclerotinia sclerotiorum* y es actualmente considerada la segunda enfermedad más importante, debido a la pérdida de productividad de la soya que puede ser hasta del 100% en condiciones favorables. Para el cultivo de soya, la fase más vulnerable a la infección es desde la floración (R2) al inicio de formación de las vainas (R3/R4) (Zhao *et al.*, 2015). Esta información refuerza la necesidad de contar con estrategias eficaces para el control de los fitopatógenos. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue evaluar líneas de soya genéticamente modificadas que contienen el gen *CYP51* de *Fusarium oxysporum* para resistencia a *S. sclerotiorum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el Laboratorio de Ingeniería Genética (LIG) de Embrapa Cenargen, se realizaron experimentos de bioensayos. Se utilizaron hojas destacadas (tercer trifolios superior totalmente expandida) de seis líneas de soya genéticamente modificadas (LGM) 3.22, 4.22, 1.3, 1.5, 9.5 y 2.3 que contienen el gen *CYP51* y un control (planta no transgénica) de la generación T₃ (transgénico de la tercera generación) de aproximadamente 45 días de edad, preseleccionadas por PCR (Siglas en inglés de "Reacción de Cadena de Polimerasa"). Se colectó la tercera hoja más joven completamente expandida de cada planta, manteniendo siempre el mismo padrón. Para el inóculo se utilizó una cepa de *S. sclerotiorum* del LIG. Inicialmente, el hongo se cultivó en medio PDA (potato-dextrose-agar) a temperatura ambiente de 28°C ±5°C hasta la formación de micelios. De la región de crecimiento del micelio se extrajeron discos de 5 mm de diámetro para inocular la parte adaxial de las hojas, posteriormente se colocaron en una cámara húmeda a 25 °C. Después de la inoculación, se fotografiaron las hojas a las 48 y 72 h, para evaluar el desarrollo del hongo. Las imágenes se utilizaron para determinar el área infectada utilizando el software ImageJ (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>). El análisis estadístico del área de lesión ocasionado por el hongo se realizó mediante un análisis no paramétrico de Wilcoxon, con el software SAS Studio 9.04.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando los seis genotipos de soya GM's y el genotipo control de acuerdo con el análisis de varianza general (ANOVA) se observó diferencias significativas entre las líneas transgénicas (LGM) y la línea no transgénica o control ($P \leq 0.01$) tras la inoculación de las hojas en los periodos evaluados de 48 y 72 horas (Cuadro 1).

Cuadro 2. Cuadrados medios del análisis de varianza general de seis líneas de soya genéticamente modificadas (LGM) y un control (LNGM) inoculadas con el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* por el método de la hoja destacada.

| Fuente de Variación | gl | 48 h | 72h |
|---------------------|----|-------------|-------------|
| Líneas | 6 | 1161.925 ** | 1199.020 ** |
| Error | 56 | 0.946 | 8.046 |
| C.V | | 22.768 | 33.059 |
| R ² | | 0.483 | 0.492 |

**= significativo 0.01; C.V= Coeficiente de variación; R²= R cuadrada; gl= Grados de libertad; 48 h= evaluación después de 48 horas posterior de la inoculación; 72= evaluación después de 72 horas posterior de la inoculación.

De acuerdo con la prueba de medias Tukey 5 % de probabilidad, el menor diámetro de las lesiones se observó en todas las LGM en comparación con el genotipo-control en ambos períodos de evaluación. El área infectada por el hongo a las 72 h después de la inoculación tuvo valores de 0.8 cm² a 4.8 cm² en las líneas transgénicas. Mientras que en las plantas control (no transgénicas) el área infectada fue en mayor, 8.08 cm² en promedio. Las líneas GM tuvieron una reducción del área de infección entre el 41% y el 90 % a las 72 h, donde se observó una expresión significativa del gen *CYP51*, especialmente en la línea 3.22 que tuvo el área menor de lesión, 0.781 cm². Andrade *et al.*, (2015) en un bioensayo en hojas de tabaco demostraron la reducción de virulencia de *S. sclerotiorum*, con la selección del gen estructural de quitina sintase (Chs), donde observaron que en cinco líneas GM se redujo la severidad de la enfermedad fue entre el 55 % y el 87 % en comparación al control, posterior a una evaluación a 72 h después de la inoculación. En otro estudio, se reportó una resistencia significativa del 70 al 85 %, debido a reducción de los síntomas de la enfermedad contra *F. oxysporum* en las plantas transgénicas de banana, a los 8 meses después de la inoculación (Ghag *et al.*, 2014). En *Arabidopsis thaliana* se silenciaron tres genes: FOW2, FRP1 y OPR, posteriormente se inocularon con el hongo *F. oxysporum*, las tasas de supervivencia tras la infección fúngica fueron 25, 30-50 y 45-70 % (FOW2, FRP1 y POR, respectivamente) mayores en las líneas transgénicas en comparación con las plantas control, que tuvieron una supervivencia del 10 % (Hu *et al.*, 2015).

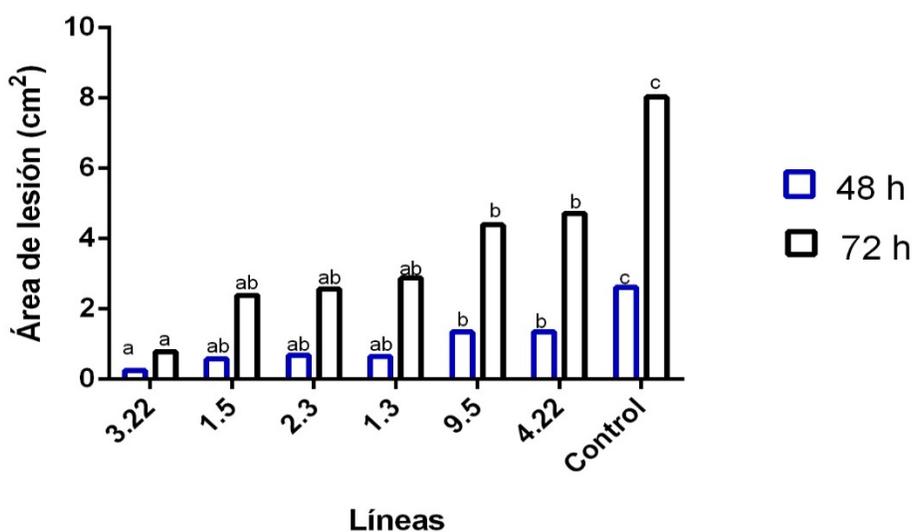


Figura 2. Área lesionada de hojas destacadas de GM's y genotipo control de soya a las 48 y 72 h después de la inoculación las barras demuestran el promedio de 9 hojas. Barras-promedio con letras diferentes muestran diferencias significativas entre genotipos de soya (Tukey 5 %).

CONCLUSIÓN

En esta investigación, se demostró que un gen endógeno del hongo necrótrfico bastante agresivo, *S. sclerotiorum*, puede ser parcialmente controlado con el silenciamiento de su ortólogo *CYP51* de *Fusarium oxysporum*, debido a que tienen una compatibilidad del 70 %.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Andrade CM, Tinoco MLP, Rieth AFM, Maia FCO and Aragão FJL. 2015. Host-induced gene silencing in the necrotrophic fungal pathogen *Sclerotinia sclerotiorum*. *Plant Pathology*, 65 (4) 626-632.
2. Ghag SB, Shekhawat UK, Ganapathi TR. 2014. Host-induced post-transcriptional hairpin RNA-mediated gene silencing of vital fungal genes confers efficient resistance against *Fusarium* wilt in banana. *Plant Biotechnol J.* 12 (5):541–553.
3. Hu Z, Parekh U, Maruta N, Trusov Y and Botella R J. 2015. Down-regulation of *Fusarium oxysporum* endogenous genes by Host-Delivered RNA interference enhances disease resistance. *Front. Chem.*, Volume 3.1
4. Tian B, Li J, Oakley TR, Todd TC, Trick HN. 2016. Host-Derived Artificial MicroRNA as an Alternative Method to Improve Soybean Resistance to Soybean Cyst Nematode. *Genes* 7, 122.
5. Zhao X, Han Y, Li Y, Liu D, Sun M, Zhao Y, Lv C, Li D, Yang Z, Huang L, Teng W, Qiu L, Zheng H, Li W. 2015. Loci and candidate gene identification for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* soybean (*Glycine max* L. Merr.) via association and linkage maps. *The Plant Journal* 82, 245–255.

Sección: Biotecnología y Genómica

APLICACIÓN *IN VITRO* DE QUITOSANO Y ETANOL CONTRA EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE *RHIZOPUS STOLONIFER* AISLADO DE FRUTOS DE YACA

Leonardo Daniel Coronado Partida^{1*}, Rita María Velázquez Estrada¹, Efigenia Montalvo González¹, Porfirio Gutiérrez Martínez¹.

¹Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tepic

ledacoronadopa@ittpic.edu.mx

Palabras claves: patógeno, pudrición blanda, frutos tropicales.

Introducción

La yaca es un fruto tropical originario de la India que usualmente presenta infecciones por fitopatógenos durante la cosecha y almacenamiento, disminuyendo su vida de anaquel y ocasionando pérdidas en la producción. Uno de los hongos patógenos que afectan a este fruto es el *R. stolonifer* agente causal de la enfermedad conocida como pudrición blanda. El control de esta enfermedad se lleva a cabo mediante el uso de fungicidas químicos, práctica tiene como consecuencia el desarrollo de cepas resistentes, contaminación del ambiente y presencia de residuos en el fruto que significa un riesgo para la salud del consumidor y evita la comercialización internacional. De acuerdo con lo antes mencionado se buscan alternativas de origen biológico; cómo lo es el quitosano, compuesto proviene de la desacetilación de la quitina atribuyéndosele características antifúngicas, debido a su naturaleza policatiónica, se adhiere a la pared celular del hongo y evita su desarrollo (Gutiérrez-Martínez et al., 2018). Por otro lado, se han utilizado en los últimos años sustancias consideradas como seguras para su aplicación en alimentos (GRAS, por sus siglas en inglés) para inhibir el desarrollo de patógenos aislados de frutos entre los que se encuentra el etanol, compuesto antifúngico que puede proporcionar una protección de amplio espectro para combatir infecciones causadas por hongos, debido a sus características químicas interacciona con la membrana mitocondrial de las esporas inhibiendo su desarrollo y evitando la propagación del patógeno.

Objetivo

Evaluar la aplicación de quitosano y etanol, de forma individual y combinada en la inhibición del desarrollo de *Rhizopus stolonifer* aislado del fruto de yaca de Nayarit, México.

Materiales y métodos

Se reactivo *R. stolonifer* previamente aislado e identificado de frutos de yaca del estado de Nayarit, México (Coronado-Partida et al., 2021). Se prepararon soluciones de quitosano (Q), grado comercial de 1.0, 1.5, 2.0 y 2.5 % (p/v), en ácido acético al 2.0 %. Las soluciones se agitaron durante 24 h y se ajustó el pH a 5.6 con NaOH al 1N. posteriormente adicionando 0.1 ml de Tween 80, también se prepararon soluciones de etanol en concentraciones de 10, 20 y 30 % (v/v). Y se diseñaron las siguientes combinaciones: Q (1.0 %) + Etanol (10 %), Q (1.0 %) + Etanol (20 %), Q (1.5 %) + Etanol (10 %), Q (1.5 %) + Etanol (20 %) y Q (2.5 %) + Etanol (10 %). Se aplicaron cada una de las concentraciones en cajas Petri con agar papa dextrosa (APD) y fueron inoculadas con discos de 13 mm de diámetro del micelio del patógeno colocándose en el centro de la caja Petri y se incubaron a una temperatura de 25 ± 2 °C. El diámetro micelial se midió cada 24 h con ayuda de un vernier digital, hasta que la caja control estuvo totalmente invadida. Para calcular el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial, se utilizó la siguiente ecuación: Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial= (Diámetro de la colonia control-Diámetro de la colonia de tratamiento) / (Diámetro de la colonia control-Diámetro del disco inicial) X 100. Para la esporulación, se prepararon las suspensiones de esporas que consistió en añadir a las cajas de Petri (de la evaluación anterior) 10 mL de agua destilada estéril y realizar un raspado en la superficie con una varilla de vidrio. Las suspensiones se filtraron y fueron depositadas en tubos de ensaye. Para el conteo de esporas, se tomaron 20 μ L de las distintas soluciones colocándolas sobre la cámara de Neubauer, visualizándose a través de un microscopio óptico marca Motic BA300, utilizando el objetivo 40X. Para evaluar el porcentaje de germinación, se realizó una suspensión de esporas que se ajusto a 1×10^6 esporas/mL, para tomar alícuotas de 50 μ L que posteriormente se añadió en disco de APD (20 mm de diámetro) preparados de cada uno de los tratamientos (incluyendo el control), el conteo de las esporas germinadas se realizó cada hora durante 6 horas con la ayuda de un microscopio óptico, utilizando el objetivo 40X. Para calcular el porcentaje de germinación se utilizo la siguiente ecuación: % germinación= (No. de esporas germinadas) / (No. de esporas totales) X 100 (Ghaouth, A., 1992). Se empleo un diseño estadístico unifactorial utilizando cuatro cajas Petri repitiéndose el experimento tres veces. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) y una comparación de medias por una prueba de tukey ($p \leq 0.05$), empleando el paquete estadístico IBM SPSS statistics standard 25.

Resultados y discusión

En el cuadro 1, se observan los resultados de las tres pruebas que se realizaron, observándose que, el tratamiento de 2.0 y 2.5 % de Q inhibieron, 48 % el crecimiento micelial, no existiendo diferencia significativa ($p \leq 0.05$) entre estos tratamientos, así también, se disminuyó el porcentaje de germinación a 60 %. En estudios anteriores, se reportó que el quitosano induce alteraciones en el desarrollo de *R. stolonifer*, observando alteraciones en las hifas (reducción de tamaño y deformaciones en las mismas), alteraciones estructurales en micelio y deficiente esporulación (Ramos-Guerrero et al., 2018). En cuanto a los tratamientos, donde se aplico etanol, ninguna de las concentraciones fue efectiva para inhibir el desarrollo del hongo, solo disminuyendo el número de esporas. Por lo cual se diseñaron combinaciones de los tratamientos individuales y se demostró que la combinación de Q (2.5 %) y etanol (10 %), logro inhibir en un 100 %, el crecimiento micelial y la esporulación de *R. stolonifer*, así mismo inhibiendo la germinación de las esporas, considerando el efecto del quitosano que se adhiere a la pared celular del microorganismo provocando la formación de poros y salida del contenido intracelular (Ca^+ y K^+ , proteínas), lo que ocasiona inestabilidad y muerte celular, de manera sinérgica el etanol produce un desordenamiento estructural de la membrana citoplasmática, provocando la pérdida de pequeños metabolitos del medio intracelular y dificulta tanto el transporte activo como el metabolismo energético (Wang et al., 2015)

Cuadro 1. Tratamientos aplicados para inhibir el desarrollo de *R. stolonifer* aislado de yaca.

| Tratamiento | Porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (%) | Esporulación (esporas/ml) | Porcentaje de germinación (%) |
|---------------------------|---|---------------------------|-------------------------------|
| Control | 0 a | 47.8x10 ⁴ a | 100 a |
| Q-1.0 % | 25 b | 42.4x10 ⁴ b | 80 a |
| Q-1.5 % | 44 c | 30.6x10 ⁴ c | 75 b |
| Q-2.0 % | 48 c | 12.8x10 ⁴ d | 60 c |
| Q-2.5 % | 48 c | 12.7x10 ⁴ d | 60 c |
| Etanol-10 % | 0 a | 44.2x10 ⁴ a | 100 a |
| Etanol-20 % | 0 a | 39.5x10 ⁴ b | 100 a |
| Etanol-30 % | 0 a | 38.3x10 ⁴ b | 100 a |
| Q (1.0 %) + Etanol (10 %) | 21 b | 41.7x10 ⁴ b | 100 a |
| Q (1.0 %) + Etanol (20 %) | 22 b | 38.5x10 ⁴ c | 100 a |
| Q (1.5 %) + Etanol (10 %) | 33 b | 34.5x10 ⁴ c | 90 a |
| Q (1.5 %) + Etanol (20 %) | 35 c | 32.4x10 ⁴ c | 90 a |
| Q (2.5 %) + Etanol (10 %) | 100 d | 0 e | 0 b |

Conclusiones

La combinación de quitosano y etanol, controla el desarrollo de *R. stolonifer*, inhibiendo el desarrollo de micelio y evitando la esporulación, siendo una alternativa prometedora para su posterior aplicación en frutos de yaca como un tratamiento en postcosecha para controlar el desarrollo de la pudrición blanda.

Agradecimientos y fuente financiera

Los autores agradecen a CONACYT por el financiamiento del proyecto SAGARPA-CONACYT (291472) y por la beca de doctorado, otorgada a Leonardo Daniel Coronado Partida, así como al Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tepic, por el apoyo proporcionado para el desarrollo de este proyecto.

Referencias bibliográficas

1. Coronado-Partida, L., Serrano, M., Romanazzi, G., González-Estrada, R. R., & Gutierrez-Martinez, P. (2021). Application of GRAS compounds to control soft rot in jackfruit. *TIP Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, 24(1), 1–7.
2. Ghaouth, A. El. (1992). Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits. *Phytopathology*, 82(4), 398.
3. Gutierrez-Martinez, P., Ledezma-Morales, A., Romero-Islas L. del C., Ramos-Guerrero A., Romero-Islas J., Rodríguez-Pereida C., Casas-Junco P., Coronado-Partida, L., & González-Estrada, R. (2018). Antifungal activity of chitosan against postharvest fungi of tropical and subtropical fruits, chitin-chitosan - *Myriad Functionalities in Science and Technology*, Rajendra Sukhadeorao Dongre, IntechOpen, DOI: 10.5772/intechopen.76095.
4. Ramos-Guerrero, A., González-Estrada, R. R., Hanako-Rosas, G., Bautista-Baños, S., Acevedo-Hernández, G., Tiznado-Hernández, M. E., & Gutiérrez-Martínez, P. (2018). Use of inductors in the control of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* isolated from soursop fruits: in vitro tests. *Food Science and Biotechnology*, 27(3), 755–763.
5. Wang, K., Cao, S., Di, Y., Liao, Y., & Zheng, Y. (2015). Effect of ethanol treatment on disease resistance against anthracnose rot in postharvest loquat fruit. *Scientia Horticulturae*, 188, 115–121.

Sección: Biotecnología y genómica.

Inducción de callos y regeneración de *Brassica oleracea* var. Capitata cultivar Blue Vantage en cultivo *in vitro*

Ulises Neri Cacho¹, Lihua Wei², Valentín Robledo Torres³, Marco Adán Juárez Verdayes⁴, Miguel Ángel Pérez-Rodríguez^{5*}

1UAAAN-Estudiante Ing. en Biotecnología, 2CBG-IPN, 3UAAAN-Horticultura, 4 UAAAN-C.Básicas, 5*UAAAN-Botánica.

miguel_cbg@hotmail.com

Palabras clave: callos, regeneración, repollo

INTRODUCCIÓN

Según datos del SIAP (2020) en el año 2018 se sembraron en México en promedio 6,270.3 has de repollo, siendo Nuevo León el principal productor en este país y Chiapas el segundo, obteniéndose a nivel nacional una producción de 214,801 toneladas con un valor de producción \$675,014,322 pesos. En el 2018 el 93.8% de la superficie de sembrada de repollo en México estaba bajo condiciones de riego mientras que el 6.3% estaba en forma de temporal, sin embargo, se ha observado una reducción de la superficie sembrada en temporal de los años 2016, 2017 y 2018 de 1.24% anual (SIAP, 2020).

El fitomejoramiento tradicional ha realizado la selección de individuos durante varios ciclos y hasta el día de hoy se han obtenido variedades muy productivas, especialmente en el caso de los híbridos. El reto en la agricultura tradicional es que solamente los individuos de la misma especie pueden ser cruzados para dar descendencia fértil. Si la resistencia natural a una plaga o enfermedad específica no existe en los individuos de una especie, entonces los fitomejoradores tradicionales no podrán generar variedades resistentes. Es necesario por lo tanto buscar estrategias que permitan transferir genes de otras especies de plantas, hongos o microbios (Martínez, *et al.*, 2004).

La transformación genética permite obtener variedades mejoradas, por ejemplo, toxicidad ante plagas, resistencias a herbicidas en un tiempo relativamente corto. Con esta tecnología se puede introducir algún gen de interés que nos brinde una ventaja sin cambiar ningún otro carácter sobre la variedad a transformar (Petri, 2005).

Un requisito esencial para las modificaciones genéticas es la regeneración de las plantas y los métodos de transformación (Naeem *et al.* 2016). Por lo tanto, un sistema de regeneración eficiente es esencial para la transformación genética de *Brassica* (Rani *et al.* 2017). Las investigaciones sobre el cultivo de tejidos de repollo han sido reportadas utilizando explantes tales como el protoplastos de mesófilo, cultivo de microsporas, cotiledones, hipocótilos, meristemos, raíces y brotes laterales (Gerszberg, 2018). Los resultados han demostrado que en este cultivo la eficiencia para formar callos, regeneración y transformación depende en gran medida del genotipo, de este modo está justificado llevar a cabo estudios en la regeneración de diferentes cultivares de repollo.

El objetivo de este trabajo fue determinar la eficiencia para formar callos y la regeneración de repollo de la variedad Blue Vantage utilizando diferentes concentraciones de hormonas bencilaminopurina, ácido indolacético y ácido naftalenacético en dos tipos de explantes (hipocótilos y cotiledones)

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de explantes las semillas de repollo de la variedad Royale Vantage fueron esterilizadas dentro de una cámara de flujo laminar sumergiéndolas solución de etanol al 70 % por 3 minutos, después, se colocaron en una solución de hipoclorito de sodio (1 parte de cloro y 2 partes de agua destilada estéril) con unas gotas de Tween 20 por 25 minutos. las semillas esterilizadas fueron colocadas en papel secante durante media hora. Posteriormente las semillas fueron sembradas en frascos con medio MS suplementado con sucrosa al 5% y agar al 0.8% (MS basal) y colocadas bajo un fotoperiodo de 16 h/8 h (claro/oscuras) a 25°C durante siete días. Las plántulas resultantes fueron seccionadas con un bisturi para obtener hipocótilos y cotiledones como explantes. Los explantes fueron sembrados en medio MS basal adicionado con cada uno de los siguientes tratamientos hormonales: AP1 = MS + 2 mgL BAP; AP2 = MS + 1 mgL BAP + 0.1 mgL NAA; MY1 = MS + 5 mgL BAP + 2 mgL NAA + 5 mgL IAA; MY2 = MS + 4 mgL BAP + 1 mgL NAA + 5 mgL IAA; TO1 = MS + 5 mgL BAP + 2 mgL NAA + 5 mgL IAA; TO2 = MS + 4 mgL BAP + 1 mgL NAA + 2.5 mgL IAA; US1 = MS + 5 mgL BAP + 2 mgL NAA + 5 mgL IAA; US2 = MS + 4 mgL BAP + 1 mgL NAA + 10 mgL IAA; US3 = MS + 2 mgL BAP + 0.5 mgL NAA + 5 mgL IAA; S14 = MS + 5 mgL BAP + 2 mgL NAA + 15 mgL IAA; S15 = MS + 4 mgL BAP + 1 mgL NAA + 10 mgL IAA; S16 = MS + 2 mgL BAP + 0.5 mgL NAA + 7 mgL IAA; HD1 = MS + 0.5 mgL BAP; HD2 = MS + 2 mgL BAP + 0.1 mgL NAA. Los tratamientos AP1, AP2, MY1, MY2, TO1 y TO2 fueron sembrados con 40 hipocótilos cada uno y el resto de tratamientos con 40 cotiledones cada uno. La regeneración de los callos se llevó a cabo cambiando los callos a medio de cultivo a medio fresco, con la misma concentración de hormonas en cada tratamiento, después de tres cambios se cuantificó el número de callos que presentaron brotes. Se contabilizaron los explantes que formaron callos y el número de callos en cada explante a los 20 días y la regeneración de los callos fue evaluada a los 30 días respectivamente, se calcularon las proporciones en cada caso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el caso de hipocótilos la combinación que mostró mayor eficiencia en la formación de callos fue la TO2 (MS + 4 mgL BAP + 1 mgL NAA + 2.5 mgL IAA) en la cual un 96% de los explantes formaron callos, así mismo se observó un promedio de 2.32 callos por explante (cuadro 1).

Para el caso de los cotiledones los tratamientos US2 y US3 mostraron las mayores eficiencias en la formación de callos (100% cada uno) sin embargo el tratamiento US3 mostró un promedio de 1.96 callos por cada explante. Así mismo el tratamiento TO2 demostró la mayor presencia de regeneración en forma de brotes para el caso de hipocótilos, y se presentaron brotes en los tratamientos US2, S14 Y S15 en el caso de cotiledones (cuadro 1).

Cuadro 1. Porcentajes de Explantes que formaron callos, promedio de callos por explante y porcentaje de explantes que formaron brotes.

| Tipo de Explante | HIPOCOTILOS | | | | | | | COTILEDONES | | | | | | | | |
|---|-------------|------|------|------|------|------|-----|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|-----|
| | AP1 | AP2 | MY1 | MY2 | TO1 | TO2 | C-H | US1 | US2 | US3 | S14 | S15 | S16 | HD1 | HD2 | C-C |
| % explantes que formaron al menos un callo | 3.13 | 9.38 | 24 | 16 | 84 | 96 | 0 | 56 | 100 | 100 | 96 | 92 | 44 | 5 | 15 | 0 |
| Promedio callos por explante | 0.03 | 0.09 | 1.12 | 0.68 | 0.84 | 2.32 | 0 | 0.56 | 1 | 1.96 | 0.96 | 0.52 | 0.44 | 0.05 | 0.15 | 0 |
| % explantes que presentaron brotes | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | 0 | 0 | 8 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Figura 1. Cultivo in vitro de explantes de cotiledones de repollo, A) cinco días después de colocarlos en medio con reguladores de crecimiento, B) callos inducidos de cotiledones, C) regeneración a partir de callos.

Tipos de explantes

El desarrollo de un procedimiento eficiente de regeneración y transformación de plantas son importantes para obtener plantas con rasgos deseables en un tiempo más corto que con los métodos tradicionales en repollo (Ravanfar et al. 2017), sin embargo, hasta la fecha no hay un proceso rutinario que permita la regeneración y transformación rutinaria para todas las variedades de repollo (Gerszberg et al. 2015), lo cual justifica el desarrollo de esos procedimientos para cultivares de importancia económica de forma individual.

En cuanto a la inducción de callos en el caso de los hipocótilos se alcanzó el mayor promedio de callos por explante y en el mismo tratamiento un 96% de los explantes formó por lo menos un callo. En cuanto a cotiledones dos de los tratamientos resultaron en que 100% de los explantes formaran callos, sin embargo, se registraron promedios menores de callos por explante. En la literatura existen diversos reportes sobre la superioridad de los explantes de hipocótilos para formar callos, en rangos que van desde el 30 hasta el 100% de los explantes formando callos (Gerszberg et al., 2015).

Las investigaciones más recientes se enfocan al uso de hipocótilos y cotiledones como explantes para llevar a cabo la regeneración, en este punto hay opiniones divididas sobre cuál de los dos explantes son la mejor opción ya que diversos autores han demostrado que los explantes de cotiledones son superiores que los hipocótilos para llevar a cabo la regeneración (Sharma et al., 2014), sin embargo muchos estudios han reportado mejores resultados con los hipocótilos, en nuestro estudio los hipocótilos muestran mejores resultados (Gerszberg et al., 2015), sin embargo también fue posible la regeneración en explantes de cotiledones en un tres tratamientos que con diferentes concentraciones hormonales.

Reguladores del crecimiento

La suplementación de reguladores del crecimiento tuvo impacto en la formación de callos y en la regeneración además fue un hecho notorio que varios de los tratamientos condujeron hacia la regeneración después de dos cambios de medio de cultivo. En este estudio se utilizaron de dos a tres reguladores del crecimiento por tratamiento, diversos estudios documentan el uso de ácido 1-naftalenacético y 6-Bencilaminopurina, thidiazuron y ácido indolacético entre otras (Gerszberg, 2018), en este estudio los tratamientos que no incluyeron ácido indolacético resultaron en bajos porcentajes de explantes que formaron callos, así como los controles negativos no formaron callos, lo cual contrasta con diversos reportes que señalan que no es necesaria la adición de reguladores del crecimiento para lograr la regeneración (Kielkowska and Damaus, 2012).

CONCLUSIONES

En este estudio fue necesaria la presencia de reguladores del crecimiento para lograr la inducción de callos y la regeneración, algunos de los tratamientos que indujeron formación de callos son los mismos que posteriormente indujeron la regeneración, el ácido indolacético fue relevante para lograr altos porcentajes en la formación de callos y estuvo presente en todos los casos de regeneración; el explante con mejor desempeño para la formación de callos fueron los cotiledones sin embargo para la regeneración fueron los hipocotilos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto CONACyT-Ciencia Basica a A1-S-44946: "Modificación genética de Crucíferas con genes inmunosopresores de Polydnavirus: Ampliando el método tradicional transgénico para protección de cultivos agrícolas de alto valor" y forman parte de la tesis de licenciatura del primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gerszberg, A. Tissue culture and genetic transformation of cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*): An overview. *Planta* 2018, 248, 1037–1048.
2. Gerszberg A, Hnatuszko-Konka K, Kowalczyk T. In vitro regeneration of eight cultivars of *Brassica oleracea* var. *capitata*. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 2015 51:80–87.
3. Kielkowska A, Damaus A. An alginate-layer technique for culture of *Brassica oleracea* L. protoplasts. *In Vitro Cell Dev Biol Plant* 2012 48:265–273.
4. Sharma S, Gambhir G, Srivastava DK (2014) High frequency organogenesis in cotyledon and hypocotyl explants of cabbage (*Brassica oleracea* L var. *capitata*). *Natl Acad Sci Lett* 37(1):5–12.

Sección: Biotecnología y genómica

¿ES POSIBLE MONITOREAR CALIDAD EN CERVECERÍA ARTESANAL?

Ramon Huerta Zurita¹, Maria Guadalupe Herrera Hernandez¹, Mauro Zamora Díaz², Miguel Ángel Ávila Perches¹, Talina Olivia Martínez Martínez¹,

¹INIFAP-Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato. ²INIFAP-Campo Experimental Valle de México, Texcoco, Estado de México.

huerta.ramon@inifap.gob.mx

Palabras clave: malta, cerveza, eficiencia de procesos.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales limitantes de la cervecería artesanal es la falta de recursos para costear análisis de calidad de maltas y cervezas; además del conocimiento que le permita al cervecero artesanal monitorear adecuadamente sus procesos y, de esta forma, hacer cambios que conduzcan a la eficiencia de los mismos. Si bien existen algunas malterías y empresas comercializadoras de malta que proporcionan un certificado de análisis de calidad (COA) que incluye los parámetros más comunes como el extracto de malta (EM), proteína total (PT), proteína soluble (PS), contenido enzimático, color, viscosidad y betagluanos en mosto; hasta hace poco menos de una década no era común para el cervecero artesanal recibir un COA, mucho menos interpretarlo. No obstante, en términos de rendimiento de mosto y -en consecuencia- volumen de cerveza, la mayoría de los cerveceros artesanales directa o indirectamente enfoca sus decisiones de compra en el EM, que se define como la cantidad de sólidos solubles extraídos de la malta molida durante el proceso de maceración (Schwarz y Li, 2011). Este parámetro es especialmente importante cuando nuevas maltas son adquiridas y procesadas; donde la principal observación del cervecero artesanal para la toma de decisiones es el volumen de mosto o 'rendimiento' como comúnmente le llama el cervecero artesanal. En México, ésta ha sido una de las razones del rechazo a las maltas elaboradas a partir de cebadas de seis hileras en la espiga puesto que, genéticamente, éstas tienden a generar menor EM que las maltas de cebadas de dos hileras; es decir, a mayor EM, mayor 'rendimiento'. Históricamente, por la misma razón, el EM ha sido uno de los parámetros más importantes tanto para la cervecería industrial como la artesanal. Sin embargo, en las últimas dos décadas, ha tomado mayor fuerza el término de fermentabilidad de mostos (RDF), puesto que -contrario a lo que se creía en un inicio- mayor extracto de malta no necesariamente significa mayor RDF, término que se asocia a la producción de etanol durante la fermentación (Huerta *et al.*, 2019). Otro análisis que se considera importante en maltería y cervecería es PS (Schwarz y Li, 2011), puesto que éste se asocia a muchas propiedades del proceso y producto terminado, como son contenido de amino nitrógeno libre (importante en la nutrición de la lavadura durante la fermentación), estabilidad de la espuma (por la acción de polipéptidos de bajo peso molecular), y estabilidad coloidal de la cerveza (por la interacción polipéptidos-polifenoles que generan turbidez o hazing a bajas temperaturas); ésta última característica solventada por el cervecero industrial a través del uso de temperatura, filtración y agentes secuestrantes de polifenoles principalmente. Es por esta razón que el monitoreo de calidad a nivel artesanal se vuelve importante, puesto que el cervecero artesanal puede tomar ventaja de parámetros de calidad que le permitan ajustar las cantidades de materia prima utilizada en sus recetas (especialmente ante la necesidad de cambiar tipos de malta) o para el monitoreo de sus procesos. Este trabajo presenta resultados recientes de investigación en el INIFAP enfocados a mejorar practicidad del análisis de parámetros de calidad importantes en cervecería; entre éstos, se presentan métodos prácticos para el análisis de RDF y PS.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los análisis de RDF y PS se llevaron a cabo en mostos elaborados con el método MALT-4 de los métodos oficiales de la ASBC (ASBC, 2009) para la evaluación de EM. Este método utiliza una molienda que genere tamaños de partícula 90% menores a 0.59mm (criba US No. 30). De forma práctica, y para acercarse más a lo que el cervecero artesanal observa en su proceso, éste puede analizar EM con los tamaños de partícula que procesa sus maltas; siempre y cuando respetando la relación malta:agua 1:8 previo a la filtración como indica el método MALT-4 para el cálculo de EM. El análisis de humedad de malta también se puede llevar a cabo moliendo finamente en un Nutribullet^{MR} y secando por 3h en un horno eléctrico convencional a 104-

107°C. Respecto al análisis de RDF, Huerta *et al.* (2019) determinaron que es posible analizar RDF sin destilar; pero se debe conocer la gravedad específica (SG) inicial, además del contenido de etanol y SG en mosto fermentado. No obstante, el análisis del contenido real de etanol plantea una limitante si no se tiene el equipo necesario. Para solventar esta limitante, se buscó validar el análisis de etanol por un método espectrofotométrico, por lo que se desarrolló una curva de etanol (%v/v vs. A_{595}) con soluciones estándar (x3) de 1, 3, 5 y 7%. El etanol se extrajo con TBP, se oxidó en $K_2Cr_2O_7$ (10% p/v en H_2SO_4 5M) y el producto oxidado diluido se leyó a 595 nm (Shriariyanun *et al.*, 2019). Con las mismas soluciones estándar se desarrolló otra curva con las áreas detectadas por índice de refracción en HPLC. Se analizaron diferentes muestras de cerveza en un amplio rango de contenido de alcohol (1-6%) para evaluación y ajuste de la curva espectrofotométrica. Por otro lado, en el caso del análisis de PS, el método consiste en inicialmente determinar por espectrofotometría el contenido de proteína en mostos (%p/v) con valores de la diferencia de absorbancias 215-225 nm ($A_{215-225}$) mediante el uso de una curva universal, desarrollada mediante el ajuste de una curva de albúmina sérica bovina (BSA) con valores de PS determinados por el método Kjeldahl. Posteriormente, se calcula la proteína soluble (%p/p) en malta con una ecuación desarrollada dentro de esta nueva metodología. El análisis espectrofotométrico se lleva a cabo al diluir el mosto 1:100 en NaCl 0.5%p/v para su posterior lectura a 215 y 225 nm con el objetivo de obtener $A_{215-225}$. Éste método se evaluó en mostos de 450 muestras con diferente PS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó que es posible analizar el contenido de etanol en mostos fermentados a través de la metodología espectrofotométrica evaluada. De esta forma, el cervecero artesanal puede determinar de forma práctica el contenido de etanol en mostos fermentados y cervezas si cuenta con un espectrofotómetro visible; el cual actualmente se puede adquirir a costos accesibles en el mercado. La curva estándar desarrollada presentó adecuada linealidad con $R^2=0.99$; sin embargo, en cervezas con etanol >5%v/v, la curva original [Etanol, %v/v = $(7.5417 \cdot A_{595}) + 0.0642$] generó valores ligeramente más altos que los determinados por HPLC. Para corregir estas desviaciones, se hizo un ajuste de la curva original con la curva de regresión obtenida de los valores estimados vs valores reales por HPLC generando la siguiente curva ajustada: Etanol, %v/v = $(6.66 \cdot A_{595}) + 0.3915$ (Figura 1). Con los valores de etanol, se calcula RDF con el procedimiento señalado por Huerta *et al.* (2019) que implica el cálculo del extracto real en mosto fermentado a partir de los valores de extracto aparente y etanol por peso; para finalmente calcular RDF.

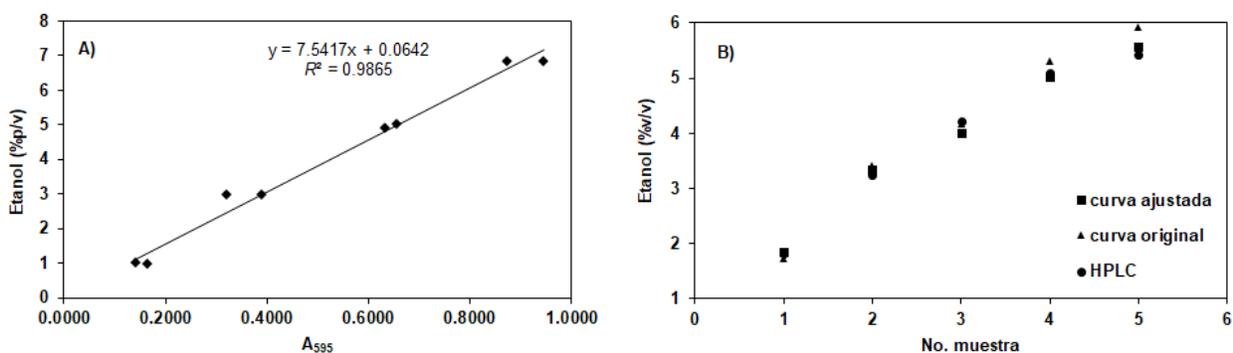


Figura 1. A) Curva original de etanol a 595nm. B) Contenido promedio de etanol en cinco muestras comerciales de cerveza determinado por HPLC y dos curvas espectrofotométricas, original y ajustada.

Respecto al análisis de SP, se observó que la curva ajustada (proteína en mosto, %p/v = $(1.4007 \cdot A_{215-225}) - 0.0071$) de albúmina sérica bovina (BSA) con valores Kjeldahl reportada por Huerta y Zamora (2020) mejora la predicción de PS en comparación con la curva original de BSA (Figura 2A). La diferencia promedio de la PS calculada con la curva ajustada de BSA menos la PS real fue de 0.03%, con valor máximo de 0.25, mínimo de -0.41 y desviación estándar de 0.09; mientras que la diferencia promedio de la PS calculada con la curva original de BSA menos la PS real fue de 0.53, con valor máximo de 0.65, mínimo de 0.30 y desviación estándar de 0.04 (Figura 2B).

En consecuencia, con los resultados observados en cuanto al análisis de RDF y PS, es posible adaptar estos procedimientos a nivel artesanal siempre y cuando se cuente con equipo mínimo de análisis que se puede conseguir con una inversión estimada menor a \$50,000 pesos mexicanos. Lo anterior considera principalmente un procesador de alimentos para molienda de malta, un horno eléctrico casero y un espectrofotómetro visible. El análisis de PS requeriría un poco más de inversión considerando que en este caso se requiere de un espectrofotómetro de UV-Vis. No obstante, el cervecero artesanal puede optar por un método predictivo al analizar nitrógeno amino libre que se lleva a cabo en la región visible y, de esta forma, podría generar un valor predictivo de PS con la correlación positiva ya reportada entre estos parámetros (Schwarz y Li, 2011). Es importante destacar que el costo estimado por la adaptación de estas dos metodologías es muy bajo en comparación con establecer métodos analíticos convencionales que llevan una inversión mayor a la hecha en el equipo de la propia cervecería artesanal. Es por ello que los análisis de calidad de malta y cerveza son costosos. Por ejemplo, un análisis completo de una muestra de malta cuesta US\$257 en White Labs (whitelabs.com, USA); mientras que el análisis de etanol en una muestra cuesta US\$40 en el mismo laboratorio. Lo anterior no considera gastos de envío.

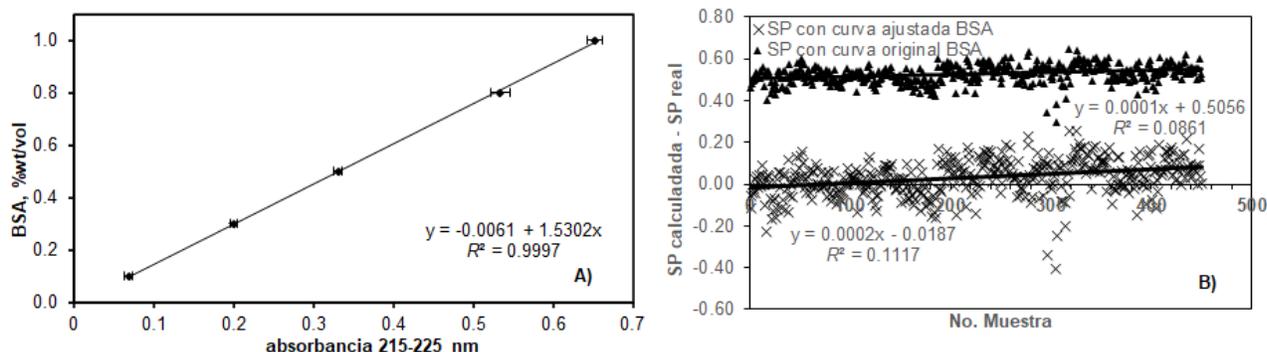


Figura 2. A) Curva original de albúmina sérica bovina (BSA) para el análisis de PS. B) Diferencias observadas entre SP calculada (curvas original y ajustada de BSA) y la SP real determinada por métodos convencionales de la ASBC (ASBC, 2009).

CONCLUSIONES

Los resultados observados en la implementación práctica de los análisis de RDF y PS sugieren que es posible llevarlos a cabo a nivel artesanal con la adquisición de equipo mínimo. Los valores obtenidos con estas metodologías alternativas son altamente confiables para la toma de decisiones en el proceso. Lo anterior abre un nuevo horizonte para el desarrollo y/o acoplamiento de metodologías analíticas que contribuyan en mejorar las prácticas inherentes de la cervecería artesanal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society of Brewing Chemists (ASBC). Methods of Analysis, 2009 Edition. Malt-4 Extract. The Society, St. Paul, MN, 2009.

Huerta-Zurita, R., Horsley, R., and Schwarz, P. 2019. Is the apparent degree of fermentation a reliable estimator of fermentability? *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 77(1): 1-9.

Schwarz, P., and Li, Y. Malting and brewing uses in barley. In: S.E. Ullrich, ed. *Barley: Production, improvement, and uses*. Wiley-Blackwell, Ames, Iowa, pp: 478-521, 2011.

Shriariyanun, M., Mutrakulcharoen, P., Tepasamorndech, S., Cheenkachorn, K., and Rattanaporn, K. 2019. A rapid spectrophotometric method for quantitative determination of ethanol in fermentation products. *Orient. J. Chem.* 35(2): 744-750.

Huerta, Z.R., y Zamora, D.M. 2020. On the Use of Bovine Serum Albumin for the Spectrophotometric Determination of Protein in Unhopped Wort. *J. Am. Soc. Brew. Chem.* 78(3): 241-244.

Sección: Biotecnología y genómica.

EFFECTO DE LA PRESENCIA DE IMPUREZAS SOBRE EL PESO MOLECULAR DE β -GLUCANOS EXTRAÍDOS DE CEBADA

María Guadalupe Herrera-Hernández^{1*}, Ramón Huerta-Zurita¹ y Miguel A. Ávila-Perches¹
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias. herrera.guadalupe@inifap.gob.mx

Palabras clave: β -glucanos, pureza, almidón,

Introducción

Los β -glucanos son polisacáridos de monómeros de D-glucosa unidos a través de enlaces β -(1 \rightarrow 3). Este polisacárido se encuentra presente en una gran variedad de fuentes naturales como levadura, hongos, bacterias, algas y en mayor proporción en algunos cereales como la cebada y avena [1]. Los β -glucanos de cereales como la avena y la cebada son un tipo de fibra soluble que ayudan a reducir los niveles de colesterol y glucosa en sangre; sus propiedades reológicas pueden mejorar la estabilidad, textura y vida útil de algunos alimentos, en remplazo de ciertos aditivos o agentes texturizantes [2]. Los beneficios potenciales de la fibra dietética para la salud diversos como lo es la reducción del tiempo de tránsito intestinal, prevención del estreñimiento, reducción del riesgo de cáncer colorrectal, disminución del colesterol y la regulación de los niveles de glucosa en sangre para el manejo de la diabetes, producción de ácidos grasos de cadena corta, promoción del crecimiento de la micro flora intestinal entre otros [3]. Es por ello que los β -glucanos son considerados como ingredientes funcionales de los alimentos debido a los beneficios que aportan a la salud. Su alto peso molecular y alta viscosidad son responsables de sus propiedades hipocolesterolemicas e hipoglicémicas [4]. Además, sus características estructurales y moleculares han llamado la atención de investigadores debido a que éstas características determinan sus propiedades físicas como solubilidad, comportamiento reológico, así como los efectos funcionales en productos alimenticios [5]. Éstos compuestos han sido extensivamente usados en la industria de los alimentos por su habilidad para formar geles y potenciar la viscosidad en soluciones acuosas. También se han usado como un imitador de grasa en el desarrollo de productos alimenticios reducidos en calorías. Existe una gran variabilidad en las propiedades de los geles de β -glucano, siendo los principales determinantes el peso molecular, la estructura fina y la concentración. Los β -glucanos de menor peso molecular (<100,000) se gelifican más rápido que los β -glucanos de alto peso molecular y para un peso molecular específico, la tasa de gelificación puede aumentarse aumentando la concentración. Los β - de alto peso molecular forman geles más duros y más resistentes al estrés mecánico. De aquí el interés en purificar y obtener β -glucanos de cebada por su potencial uso en la industria alimentaria.

Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue extraer β -glucanos de cebada, determinar su grado de pureza así como impurezas tales como almidón y proteína.

Materiales y Métodos

Se utilizó la variedad de cebada maltera Esperanza para realizar la extracción de β -glucanos. Para el aislamiento y purificación se realizaron nueve diferentes tratamientos en los cuales se varió la temperatura de extracción, la concentración de enzimas empleadas, y el porcentaje de etanol para la precipitación. El procedimiento se realizó de acuerdo a la metodología reportada previamente [6]. A los β -glucanos obtenidos se les determinó el grado de pureza y el contenido de almidón empleando kits comerciales marca Megazyme. El contenido de proteína se determinó mediante el método Kjeldhal y la determinación de pesos moleculares se realizó mediante cromatografía de exclusión por tamaño siguiendo las condiciones de corrida indicadas en el estándar comercial de β -glucanos marca Megazyme. Para la evaluación de los resultados se realizó una comparación de medias por el método Tukey con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Resultados y discusión

El estudio de las propiedades fisicoquímicas de fracciones aisladas de los β -glucanos requiere procedimientos de extracción que optimicen el rendimiento, la pureza y la integridad retenida de la molécula de β -glucano [3]. El método de extracción más apropiado depende de las fuentes y las estructuras de los β -glucanos; la extracción de agua caliente es el método de extracción más común. Otros métodos de extracción incluyen extracto alcalino, extracción asistida por ultrasonido, extracción asistida por microondas, enzima como extracción de elicitors y extracción ácida. Algunos de los métodos de extracción existentes tienen inconvenientes, como un largo tiempo de extracción, altos costos de proceso y una menor sostenibilidad ambiental [7]. En este trabajo se realizó la extracción empleando agua caliente y enzimas. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 1). Los β -glucanos presentaron pesos moleculares que van de los 319 a 120×10^3 g/mol siendo los tratamientos A, B y C los que presentaron los mayores pesos moleculares. Estos resultados concuerdan los reportados por Storsley et al., 2003 en cebada [8]. Respecto a la pureza, los tratamientos que presentaron la mayor pureza fueron en F y el I con valores de 80 y 81 % respectivamente.

Cuadro 1. Peso molecular, pureza e impurezas de los β -glucanos extraídos de cebada.

| Tratamiento | Peso molecular(g/mol) | Pureza(%) | Almidón (%) | Proteína(%) |
|-------------|-----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| A | 319366 \pm 10747 a | 63.75 \pm 0.72 d | 13.98 \pm 1.29 a | 11.67 \pm 0.038 b |
| B | 245534 \pm 8231 c | 66.60 \pm 0.69 d | 12.65 \pm 0.464 a | 9.31 \pm 0.08 c |
| C | 275380 \pm 5684 b | 66.62 \pm 0.67 d | 7.105 \pm 0.391 b | 3.01 \pm 0.049 e |
| D | 178254 \pm 5964 d | 73.86 \pm 0.45 c | 4.42 \pm 0.137 c | 13.75 \pm 0.35 a |
| E | 164148 \pm 4328 de | 74.19 \pm 0.66 c | 3.37 \pm 0.067 c | 11.83 \pm 0.48 b |
| F | 170077 \pm 7022 d | 80.42 \pm 1.27 a | 1.95 \pm 0.168 d | 2.62 \pm 0.13 e |
| G | 121046 \pm 5562 g | 78.83 \pm 1.49 ab | 1.37 \pm 0.115 d | 5.64 \pm 0.30 d |
| H | 143757 \pm 1258 ef | 75.71 \pm 2.47 bc | 3.365 \pm 0.75 c | 5.17 \pm 0.41 d |
| I | 123694 \pm 11929 fg | 81.46 \pm 0.12 a | 0.7102 \pm 0.168 d | 1.45 \pm 0.07 f |

Medias con letras iguales en la misma columna no presentan diferencias significativas ($p < 0.05$) $n=3$

Por otro lado, en las impurezas como almidón y proteína también se observaron diferencias significativas entre tratamientos con valores que oscilaron entre 13.98-0.7 % y 11.6-1.45% para el almidón y proteína respectivamente. Respecto al contenido de almidón se observó que las muestras con mayor contenido de este compuesto presentaron los mayores pesos moleculares los cuales presentaron un coeficiente de correlación $R=0.89$ (figura 1).

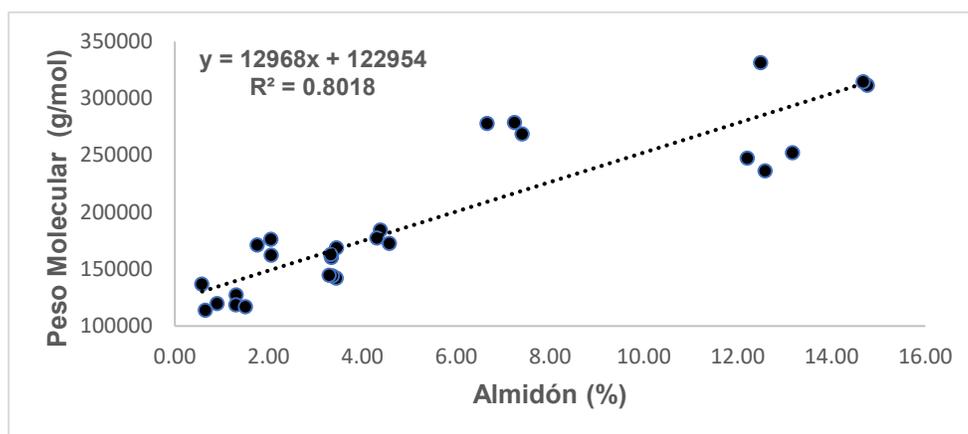


Figura 1. Grafica de dispersión de pesos molecular vs almidón.

Para el caso de proteína, ésta no mostró el comportamiento observado con el almidón. Estos resultados nos indican que probablemente la presencia de almidón podría estar interfiriendo en la determinación del peso molecular lo cual se comprobará una vez que las muestras se les elimine totalmente el almidón y se

sometan nuevamente al análisis de peso molecular. Con estos resultados se comprueba la importancia de antes de realizar análisis estructurales rigurosos del glucano aislado, es necesario estimar su pureza, es decir, la proporción de componente polisacárido y la presencia de impurezas. Los análisis de azúcares totales y / o reductores, así como las pruebas de la presencia de otros compuestos. El término "azúcares totales" cubre todos los mono, oligo y polisacáridos en comparación con los no azúcares (proteínas, lípidos, aromáticos, compuestos minerales, etc.) que pueden estar presentes en las preparaciones de glucanos.

Conclusiones

De los tratamientos evaluados se logró obtener en uno de ellos b-glucanos con alta pureza y bajo contenido de impurezas como lo fue el caso del tratamiento F y el I, los cuales presentaron pesos moleculares de 170 y 123 x10³ g/mol los cuales son pesos moleculares relativamente pequeños los cuales tienen propiedades de rápida gelificación y la formación de geles suaves los cuales son idóneos para utilizarse en la industria de las mermeladas en la que actualmente se realizan estudios sobre la utilización de estos compuestos para elaborar mermeladas de bajo índice calórico.

Agradecimientos

Los resultados aquí presentados forman parte del proyecto de fideicomiso titulado: "Nuevos desarrollos tecnológicos para el cultivo y la competitividad de la cebada en México" financiado por INIFAP.

Referencias

- [1] Zhu, Du & Xu. (2016). A critical review on production and industrial applications of betaglucans. *Food Hydrocolloids* , 275-288.
- [2] Shah et al. (2017). Structural, rheological and nutraceutical potential of. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre* , 11-25.
- [3] Charles & Louise. (2005). The potential use of cereal (1/3,1/4)-b-D-glucans. *Journal of Cereal science*, 42 , 42, 1-13.
- [4] Du, B., Meenu, M., Liu, H., & Xu, B. (2019). A concise review on the molecular structure and function relationship of β -glucan. *International journal of molecular sciences*, 20(16), 4032.
- [5] Volikakis, P.; Biliaderis, C.G.; Vamvakas, C.; Zerfiridis, G.K. (2004). Effects of a commercial oat-b-glucan concentrate on the chemical, physico-chemical and sensory attributes of a low-fat white-brined cheese product. *Food Res.Int.*, 37, 83–94.
- [6] Mesita-Colorado, L. Huerta-Zurita, R, Joaquin-Ramos, A.J., Herrera-Hernández, M.G. y Martínez-Martínez, T.O (2018). Extracción enzimática de beta-glucanos funcionales de cebada. Congreso Internacional CUCCAL sobre inocuidad, calidad y funcionalidad de los alimentos en la industria y servicios de la Alimentación. Boletín informativo pp 81-85.
- [7] Du, B., Meenu, M., Liu, H., & Xu, B. (2019). A concise review on the molecular structure and function relationship of β -glucan. *International journal of molecular sciences*, 20(16), 4032.
- [8] Storsley, J. M., Izydorczyk, M. S., You, S., Biliaderis, C. G., & Rossnagel, B. (2003). Structure and physicochemical properties of β -glucans and arabinoxylans isolated from hull-less barley. *Food Hydrocolloids*, 17(6), 831-844.

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola

b) Biotecnología y genómica

INDUCCIÓN DE TOLERANCIA A CRIOGENIA EN *Solanum tuberosum* MEDIADA POR ENZIMAS ANTIOXIDANTES Y CONTENIDO DE PERÓXIDO DE HIDROGENO.

Diana Rocio Ruiz-Sáenz^{1,2*}, Humberto Antonio López-Delgado¹, Diana Daniela Ayala Hernández¹, Carlos Trejo López², Martha Elena Mora-Herrera³, Ebandro Uscanga Mortera²

¹Programa Nacional de Papa, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias y Pecuarias (INIFAP), Conjunto SEDAGRO, 52140, Metepec, Edo Méx., México.²Colegio de Postgraduados (COLPOS), Carretera México-Texcoco Km. 36.5, Montecillo, Texcoco 56230, Estado de México. ³Centro Universitario Tenancingo Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). Carretera Tenancingo-Villa Guerrero Km 1.5 Estado de México, C. P. 52400 México.

lopez.humberto@inifap.gob.mx

Palabras claves: Estrés oxidativo, Papa, Criopreservación

INTRODUCCIÓN

Los protocolos criogénicos han mostrado ser una alternativa para la conservación de recursos fitogenéticos (criopreservación) así como para la producción de plantas libres de patógenos (crioterapia), con base en el uso de ultra bajas temperaturas (NL, -196°C). Durante los procesos criogénicos existen diversos tipos de estrés abiótico que generan la producción de especies reactivas de oxígeno (EROS), impactando en las tasas de supervivencia y regeneración. Una de las principales EROS es el H₂O₂ producido por la exposición a estrés. Enzimas antioxidantes como la catalasa (CAT) y peroxidasa (POX) son importantes para reducir los niveles de H₂O₂, evitando con esto daños celulares. El ácido salicílico (AS) es una molécula involucrada en los mecanismos de inducción de tolerancia a estrés biótico y abiótico. La aplicación de AS en plantas juega un papel importante en la estimulación de reacciones defensivas involucradas en el mantenimiento de los pigmentos y la integridad de las membranas, reduciendo la degradación oxidativa de lípidos y la permeabilidad de la membrana, induciendo tolerancia a frío y congelamiento (Ignatenko *et al.*, 2019). Se ha demostrado que el AS puede reducir daños bajo condiciones de estrés de frío o congelamiento en plantas de cebada, trigo y frijol mediante la regulación del sistema de defensa antioxidante (Ignatenko *et al.*, 2019). En papa, AS indujo un efecto a largo plazo de tolerancia a la congelación en microplantas (Mora-Herrera y López-Delgado 2006; López-Delgado *et al.*, 2018) y en plantas cultivadas a partir de tubérculos tratados con AS (López-Delgado *et al.*, 2018). Se demostró que el tratamiento con ácido salicílico-crioterapia fue efectivo para mejorar la supervivencia y eliminación del virus S de la papa de la papa (Ruiz-Sáenz *et al.*, 2019). El presente informe demuestra la inducción de tolerancia a la criogenia por un efecto fisiológico a largo plazo de AS, está mediado por la actividad antioxidante enzimática y el papel de señalización del H₂O₂. Alternativamente, se confirma la utilidad potencial de AS en biotecnologías criogénicas para mejorar la tolerancia a temperaturas ultra bajas.

OBJETIVO

Evaluar la inducción de tolerancia a la criogenia por AS asociada a actividades antioxidantes como CAT, POX y H₂O₂ así como los contenidos de H₂O₂ y prolina en tejido, durante el protocolo criogénico en dos clones de papa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para los experimentos se utilizaron microplantas de *Solanum tuberosum* L. clones 981818 y 06-27 del Banco de Germoplasma de Papa *in vitro* del Programa Nacional de Papa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Ganaderas (INIFAP), en Metepec, México. Se realizó la incubación de yemas axilares en medio MS en presencia de AS (0 y 10^{-6} M) durante 30 días antes del protocolo criogénico. Para el protocolo de deshidratación-crioplaca se realizó la disección de yemas axilares cultivadas en medio MS por 72 h, las cuales fueron transferidas a crioplacas y encapsuladas en solución de alginato de sodio osmoprotectadas con solución de carga (SC) y deshidratadas en gel de sílice. Se realizó un enfriamiento rápido en nitrógeno líquido. El recalentamiento del sistema se realizó en sacarosa 1.0 M las yemas recuperadas posteriormente fueron incubadas en oscuridad por 3 días, en condiciones normales de crecimiento. La supervivencia se estimó como el porcentaje de explantes de color verde y turgentes a las 72 h de finalizado el tratamiento con criogenia y se confirmó 15 días después mediante la observación de las señales de rebrote. Se evaluó el potencial hídrico antes de la exposición a nitrógeno líquido en el protocolo criogénico durante el paso de deshidratación, por medio del uso de cámaras psicométricas. Las actividades de las enzimas peroxidasa (POX) y catalasa (CAT) se evaluaron a las 72 h de finalizado el tratamiento con criogenia. El contenido de proteína se determinó directamente usando un espectrofotómetro Nanodrop 1000. La actividad de la POX se determinó a 470 nm con base a la reacción de oxidación del guayacol. La actividad CAT se determinó a 240 nm registrando la descomposición del H_2O_2 por disminución de absorbancia. El contenido de H_2O_2 se determinó a 390 nm basado en la reacción de oxidación del KI. El contenido de prolina se determinó a 520 nm basado en la reducción de la nihidrina. Los estadísticos se analizaron por prueba ANOVA y Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

Yemas provenientes del tratamiento de AS mostraron un incremento en la supervivencia a criogenia en ambos clones en contraste con los controles (Fig.1). El efecto del AS como molécula señalizadora para la inducción de tolerancia a frío o congelamiento ha sido reportado anteriormente en plantas de papa (Mora-Herrera y López-Delgado 2006; López-Delgado *et al.*, 2018) y en crioterapia al incrementar los porcentajes de supervivencia de plantas infectadas con PVS previamente incubadas con AS (Ruiz-Saenz *et al.*, 2019).

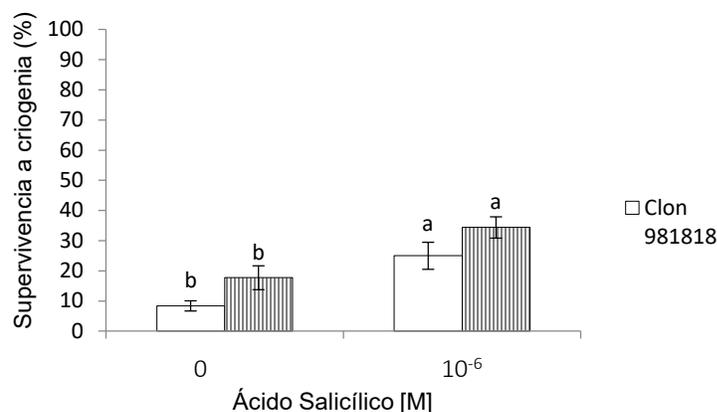


Figura 1: Efecto del ácido salicílico en la supervivencia después de criogenia, en yemas de 2 clones de *Solanum tuberosum* L. Yemas provenientes de tratamientos de AS, sometidas a criogenia y regeneradas. Las barras representan el promedio de 72 observaciones \pm E.S. Letras diferentes muestran diferencias significativas dentro de clones (Tukey, $\alpha=0.05$).

Yemas de ambos clones provenientes del tratamiento de AS mostraron una disminución de la actividad antioxidante de CAT respecto a los controles en la etapa previa a criogenia, mientras que este efecto solo se observo en las yemas del clon 981818 en la actividad de POX (Cuadro 1). El contenido de H₂O₂ se

incremento en la etapa previa en yemas provenientes de AS en ambos clones (Cuadro 1). Efectos similares previos a la exposición de estrés a bajas temperaturas ha sido reportado en esquejes provenientes de pretratamientos de AS (10⁻⁵, y 10⁻⁶; Mora-Herrera y López-Delgado 2006; López-Delgado *et al.*, 2018). Posterior a criogenia se observó que yemas provenientes de AS incrementaron la actividad antioxidante de ambas enzimas y se observó una reducción del contenido de H₂O₂, lo cuál favorece la regeneración y supervivencia de los explante de acuerdo a reportes en diversas especies (Lynch *et al.*, 2011). El AS mostro inducir en una acumulación de prolina en la fase previa en ambos clones, lo cuál esta estrechamente relacionado con la estabilidad de las membranas (Ignatenko *et al.*, 2019) permitiendo evitar la deshidratación excesiva como se observa en los valores obtenidos de potencial hídrico (Cuadro 1).

Cuadro 1: Actividades enzimáticas de CAT, POX y contenidos de H₂O₂ así como Pro, en dos etapas de evaluación en criogenia. Evaluación del potencial hídrico durante criogenia en el paso de deshidratación.

| Clon | PREVIO A CRIOGENIA | | | | POSTERIOR A CRIOGENIA | | | |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| | 981818 | | 06-27 | | 981818 | | 06-27 | |
| Tratamiento | T | AS | T | AS | T | AS | T | AS |
| CAT ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$) | 28.64 ± 0.87 | 20.52 ± 0.44 | 25.27 ± 1.75 | 18.64 ± 0.98 | 11.82 ± 2.07 | 22.74 ± 2.72 | 15.44 ± 1.34 | 28.71 ± 3.94 |
| POX ($\mu\text{mol guayacol min}^{-1} \text{ mg prot}^{-1}$) | 9.78 ± 0.39 | 7.61 ± 1.13 | 5.21 ± 0.99 | 9.25 ± 1.14 | 0.72 ± 0.07 | 1.78 ± 0.34 | 0.75 ± 0.17 | 1.51 ± 0.22 |
| H ₂ O ₂ ($\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ mg P.F.}^{-1}$) | 0.11 ± 0.008 | 0.18 ± 0.02 | 0.12 ± 0.004 | 0.17 ± 0.013 | 0.046 ± 0.007 | 0.020 ± 0.005 | 0.23 ± 0.022 | 0.12 ± 0.003 |
| Pro (nmol prolina mg.P.F. ⁻¹) | 2.43 ± 0.25 | 7.96 ± 0.77 | 5.57 ± 0.65 | 8.26 ± 0.55 | 0.30 ± 0.015 | 0.23 ± 0.024 | 0.65 ± 0.007 | 0.76 ± 0.021 |
| Potencial hídrico (MPa) | -24.98 ± 1.32 | -18.87 ± 1.04 | -20.81 ± 1.17 | -18.22 ± 1.85 | | | | |

CONCLUSIÓN

El Ácido Salicílico indujo tolerancia a la criogenia en ambos clones, mediada por la reducción de la actividad enzimática de CAT, mayor contenido de H₂O₂, acumulación de prolina y mayor potencial hídrico antes de la criogenia. Mayor actividad de CAT y POX después de la criogenia se relacionaron con una disminución del contenido de H₂O₂ y una mayor supervivencia. Los resultados sugieren el papel de señalización del H₂O₂ en la inducción de tolerancia al estrés por criogenia.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente al Laboratorio de Fisiología y Biotecnología vegetal del INIFAP por permitir el la realización experimental de la investigación y al COLPOS por brindar equipos para realizar mediciones de potencial hídrico. La investigación presente forma parte de la tesis de maestría del primer autor agradeciendo el financiamiento de la beca número 926485 por parte de CONACYT.

REFERENCIAS

- Ignatenko, A., Talanova, V., Repkina, N., & Titov, A. (2019). Exogenous salicylic acid treatment induces cold tolerance in wheat through promotion of antioxidant enzyme activity and proline accumulation. *Acta Physiologiae Plantarum*, 41(6), 1-10.
- López-Delgado, H. A., Martínez-Gutiérrez, R., Mora-Herrera, M. E., & Torres-Valdés, Y. (2018). Induction of freezing tolerance by the application of hydrogen peroxide and salicylic acid as tuber-dip or canopy spraying in *Solanum tuberosum* L. plants. *Potato Research*, 61(3), 195-206.
- Lynch, P. T., Siddika, A., Johnston, J. W., Trigwell, S. M., Mehra, A., Benelli, C. & Benson, E. E. (2011). Effects of osmotic pretreatments on oxidative stress, antioxidant profiles and cryopreservation of olive somatic embryos. *Plant Science*, 181(1), 47-56.
- Mora-Herrera, M. E., y Lopez-Delgado, H. A. (2006). Tolerancia a baja temperatura inducida por ácidos salicílico y peróxido de hidrógeno en microplantas de papa. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(Es2), 81-85.
- Ruiz-Sáenz, D. R., Ayala-Hernández, D. D., Niino, T., Cruz-Gutiérrez, E. J., Aquino- Martínez, J. G., & López-Delgado, H. A. (2019). Salicylic Acid-Cryotherapy Treatment for Elimination of Potato Virus S from *Solanum Tuberosum*. *American Journal of Potato Research*, 96(3), 225-234.

EL ÁCIDO SALICÍLICO INDUCE TOLERANCIA A HELADA Y LAS TEMPERATURAS ULTRABAJAS EN *Solanum tuberosum L.*"

Diana Daniela Ayala Hernández¹, Humberto Antonio López-Delgado^{1*}, Diana Rocio Ruiz-Sáenz¹, Yamile Torres-Valdés¹

¹Programa Nacional de Papa, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias y Pecuarias (INIFAP), Conjunto SEDAGRO, 52140, Metepec, Edo Méx., México.

lopez.humberto@inifap.gob.mx

Palabras claves : Estrés oxidativo, peróxido de hidrógeno, estrés baja temperaturas

INTRODUCCIÓN

Solanum tuberosum L. es uno de los cultivos alimentarios más importantes, expuesto a cualquier tipo de condición ambiental desfavorable que ocasiona reducciones en el crecimiento y rendimiento. La productividad de las plantas se ve fuertemente afectada por el estrés por bajas temperaturas o frío, lo que lleva a pérdidas sustanciales de cultivos. El estrés por frío es el resultado de temperaturas lo suficientemente frías como para producir lesiones, pero sin formación de cristales de hielo en los tejidos de las plantas, mientras que el estrés por congelación da como resultado la formación de hielo dentro de los tejidos de las plantas. Los cambios inducidos por temperaturas extremas conducen a la acumulación especies reactivas de oxígeno (EROS) como peróxido de hidrógeno (H₂O₂). Las EROS son moléculas de señalización que desencadenan la transducción de señales en respuesta al estrés ambiental; están controlados por un sistema antioxidante.

El ácido salicílico (AS), participa en la señalización de la actividad antioxidante en papas bajo temperaturas extremas (Mora-Herrera *et al.*, 2005; Aguilar-Camacho *et al.*, 2016) ya que esta asociado al aumento del sistema antioxidante en diversas especies (López-Delgado *et al.*, 2018). Mora-Herrera y López-Delgado (2006) encontraron que AS induce tolerancia a la temperatura de congelación (-6 °C) en la papa. Por otra parte, la conservación de los recursos genéticos y limpieza de virus, pueden realizarse mediante estrategias como el uso de procedimientos criogénicos, que implican someter los materiales vegetales a temperatura ultra baja (-196 °C). La formación de especies reactivas de oxígeno (EROS) en criogenia puede ocurrir durante varios de los pasos involucrados. Se ha demostrado que la adición de antioxidantes exógenos durante la criogenia, incrementa la supervivencia. AS es una molécula involucrada en la respuesta a la tolerancia a bajas temperaturas en los últimos años; esto se probó en combinación con métodos criogénicos para aumentar el porcentaje de supervivencia (Ruiz-Saenz *et al.*, 2019).

OBJETIVO

Probar el efecto potencial de AS en el aumento de las respuestas de supervivencia y crecimiento en yemas de papa sometidas a helada y criogenia

MATERIALES Y MÉTODOS

Congelación: Minitubérculos de papa de *Solanum tuberosum* L. Cv Granate producidos en invernadero a partir de microplantas del Banco de Germoplasma del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Metepec, Estado de México fueron brotados y sembrados en invernadero. Los tratamientos se hicieron por inmersión (1 h en 10^{-5} M AS). A los 45 días después de siembra se sometieron las plantas a estrés por helada (oscuridad -6 ± 1 ° C durante 4 h), evaluando la supervivencia a los 15 días después de ser sometidas a helada. Se realizaron las evaluaciones de CAT y H_2O_2 utilizando tejido foliar antes y después de la exposición a helada. La actividad CAT se determinó en base a la descomposición del H_2O_2 por disminución de absorbancia. El contenido de H_2O_2 en base a la reacción químico luminiscente del luminol.

Criogenia: Se seleccionaron microplantas de *Solanum tuberosum* L. del clon avanzado 06-27 con tolerancia al tizón tardío del Banco de Germoplasma *in vitro* del Laboratorio de Biotecnología y Fisiología de la Papa del INIFAP en Metepec, Estado de México, México, en base a su baja tolerancia a la criogenia observada en trabajo de laboratorio. Se incubaron durante 28 días en medio de propagación MS bajo tratamiento de AS: 0, 10^{-6} y 10^{-5} M. Posteriormente se sometieron yemas de dichas plantas al método criogénico de deshidratación-crioplaca (D- crioplaca). Todas las evaluaciones se realizaron después de 15 días de criogenia. La supervivencia ($n = 8-20$) se evaluó considerando vivos aquellos que reanudaron el crecimiento, sin oxidación ni pérdida de turgencia. Los estadísticos se analizaron por prueba ANOVA y Tukey ($P \leq 0.05$).

RESULTADOS

Helada: La supervivencia de plantas de 45 días provenientes del tratamiento de AS incremento significativamente respecto al control (Figura 1A). Antes del estrés (SI), las plantas de tubérculos sumergidos en AS mostraron una actividad CAT significativamente reducida (Cuadro 1). Después de la aplicación del estrés por congelación (SII), la actividad de CAT en plantas de tubérculos sumergidos en AS fue mayor que en el control (Cuadro 1). La inmersión de los tubérculos en AS redujo significativamente la concentración interna de H_2O_2 en las plantas en relación con el control (SI) (Cuadro 1).

Se observó un aumento importante en el contenido de H_2O_2 como efecto de la helada (SII) en el tratamiento de AS y plantas del control, aunque el tratamiento de AS fue estadísticamente menor que el control en este estadio (Cuadro 1). La inducción de tolerancia a helada en microplantas de papa mediante la aplicación de AS y H_2O_2 fue demostrada por Mora-Herrera *et al.*, (2005) y Mora-Herrera y López-Delgado (2006) quienes informaron que la capacidad de respuesta a estas moléculas parecía estar relacionada con el genotipo y la intensidad del estrés.

Cuadro 1. Efecto de la inundación de minitubérculos en AS (10^{-5} M) sobre la actividad CAT y la concentración de H_2O_2 , antes (SI) y después (SII) de exposición a helada (-6 ± 1 ° C) durante 4 h. Los datos son la media \pm SE de cuatro experimentos ($n = 10$ por experimento). Diferentes letras minúsculas encima de las barras verticales indican que las medias fueron significativamente diferentes a $P < 0.05$ según la prueba de rango múltiple de Duncan (DMRT)

Inmersión de tubérculos en AS

| AS [M] | CAT (mmol min ⁻¹ mg prot ⁻¹) | | H ₂ O ₂ (mmol*mg FW) | |
|------------------------|--|--------------------------|---|-------------------------|
| | SI | SII | SI | SII |
| | 0 | 63.000±2.03 ^a | 39.000±3.49 ^c | 0.320±0.03 ^c | 0.550±0.03^{a} |
| 10⁻⁵ | 51.093±3.01 ^b | 53.430±4.77 ^b | 0.241±0.01 ^d | 0.467±0.05 ^b |

Criogenia: Las microplantas a partir de los tratamientos de AS 10⁻⁶ y 10⁻⁵ M que reanudaron su crecimiento mostraron un aumento en la supervivencia en comparación con el control (Figura 1B). Los resultados observados pueden estar relacionados con una reducción del estrés oxidativo por AS, como se ha demostrado en papas bajo diferentes tipos de estrés, como una mayor supervivencia a bajas temperaturas (Mora-Herrera et al. 2005; López-Delgado et al. 2018).

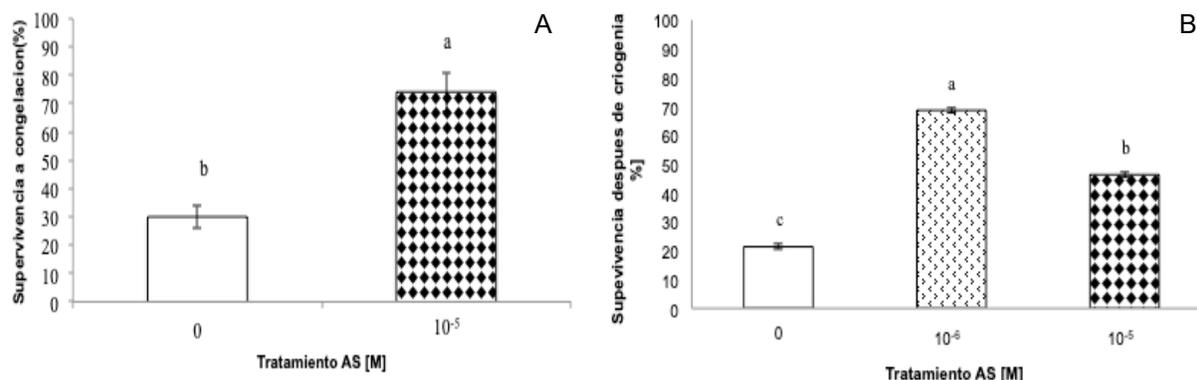


Figura 1: Efecto del AS en la supervivencia de plantas sometidas a estrés por A) Helada B)criogenia

CONCLUSIÓN

Helada: Se observó tolerancia en plantas cultivadas a partir de tubérculos previamente tratados con AS. Estos resultados sugieren que AS puede inducir respuestas de tolerancia de las plantas a helada en largo plazo. Nuestros resultados muestran que la etapa fisiológica y el método por el cual se aplica el tratamiento, (inmersión de tubérculos), es importante para inducir la tolerancia a helada por AS.

Criogenia: AS mejoró las tasas de supervivencia a los procesos criogénicos en plantas de papa que muestran una baja supervivencia a la criogenia. Existe un efecto promotor de AS en el desarrollo de explantes sometidos al proceso criogénico ya que se obtuvo un aumento significativo en el desarrollo de estos explantes luego de su regeneración. AS evitó la formación de callos después de la criogenia, que es un factor importante para mantener la estabilidad genética en cultivos como *Solanum tuberosum* L.

AGRADECIMIENTO

Esta investigación fue apoyada por una subvención de Recursos Fiscales, INIFAP (número de subvención 13572320889).

REFERENCIAS

- Aguilar-Camacho, M., Mora-Herrera, M. E. y López-Delgado, H. A. (2016). Potato virus X (PVX) elimination as short and long-term effects of hydrogen peroxide and salicylic acid is differentially mediated by oxidative stress in synergism with thermotherapy. *American Journal Potato Research*, 93
- López-Delgado, H. A., Martínez-Gutiérrez, R., Mora-Herrera, M. E., & Torres-Valdés, Y. (2018). Induction of freezing tolerance by the application of hydrogen peroxide and salicylic acid as tuber-dip or canopy spraying in *Solanum tuberosum* L. plants. *Potato Research*, 61(3), 195-206.
- Mora-Herrera, M. E., López-Delgado, H., Castillo-Morales, A. y Foyer, C. H. (2005). Salicylic acid and H₂O₂ function by independent pathways in the induction of freezing tolerance in potato. *Physiologia Plantarum*, 125(4),430-440.
- Mora Herrera, M. E. y López Delgado, H. A. (2006). Tolerancia a baja temperatura inducida por ácido salicílico y peróxido de hidrógeno en microplantas de papa. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 29(2),81-85.
- Ruiz-Sáenz, D. R., Ayala-Hernández, D. D., Niino, T., Cruz-Gutiérrez, E. J., Aquino-Martínez, J. G., y López-Delgado, H. A. (2019). Salicylic acid-cryotherapy treatment for elimination of potato virus S from *Solanum tuberosum*. *American Journal of Potato Research*, 96(3), 225-234.

microRNAS EN EL ESTUDIO DEL DESARROLLO DE LA TUNA (*Opuntia spp*)

Cruz-Hernández Andrés¹

¹Laboratorio de Biología Molecular, Escuela de Agronomía. Universidad De La Salle Bajío campus Campestre. Av. Universidad 602, Col. Lomas del Campestre. León, Gto.

andrex1998@hotmail.com/acruz@delasalle.edu.mx

Palabras clave: Adaptación, Desarrollo de semillas, Maduración.

INTRODUCCIÓN

La mayor cantidad de materiales genéticos de tuna son originarios de nuestro país; este fruto muestra una gran variabilidad en su anatomía (diferentes colores y tamaños), lo que lo hace atractivo para su comercialización. La característica fisiológica más importante de estos frutos es que sus variedades pueden presentar diferentes comportamientos de maduración; así se pueden clasificar en variedades de maduración temprana, maduración intermedia y maduración tardía. Las tunas presentan dos desventajas para su comercialización: número y tamaño de semillas y presencia de espinas. Sería de un gran interés identificar aquellos factores que generan estas características, a la fecha los reportes relacionados con estas características son escasos o nulos, además de considerar que no existe una secuencia genómica reportada para el nopal, que ayuden a un posible esquema de mejoramiento.

Los micro RNAs (miRNAs) son una clase de RNAs pequeños no codificantes que regulan la expresión génica en eucariotas. Están involucrados en diferentes procesos de desarrollo de las plantas, incluido el desarrollo de frutos y muy recientemente se han reportado como parte de los mecanismos de respuesta a enfermedades y otros tipos de estrés. Los miRNAs juegan un papel esencial en la regulación postranscripcional de genes y tienen como blancos un gran número de factores de transcripción y otras proteínas regulatorias sugiriendo un papel en el control de rutas regulatorias y en el desarrollo (Cedillo-Jiménez et al., 2016). Para identificar la función de los microRNAs es necesario analizar su expresión y la de los blancos, con los cuáles interactúan de forma negativa. Una mejor prueba de la función de los microRNAs es su expresión en plantas transformadas donde se pueda evaluar su efecto en los procesos de interés (Rosas-Cárdenas et al., 2015).

Con el alcance de los objetivos de este trabajo, se generaría información importante para entender el desarrollo del fruto y sus diferentes características en este interesante modelo, que podría ser aplicable a otros modelos y para posibles sistemas de mejoramiento genético

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal: Para los diferentes análisis moleculares se colectaron frutos de la morfoespecie de nopal "Reina" (maduración intermedia (*Opuntia robusta*). Se colectaron 4 estadios de desarrollo: botón floral, botón fecundado, fruto verde y fruto maduro, los frutos se procesaron como se ha descrito anteriormente (Rosas-Cardenas et al, 2015).

Análisis transcriptómico de los miRNAs durante el desarrollo del fruto

Para tener un panorama más completo del comportamiento de los miRNAs se analizó la expresión de los miRNAs en fruto transformado de tuna con una hibridación de microarreglos y por análisis del transcriptoma de los miRNA de los diferentes estadios (yema floral, yema fecundada, fruto verde y fruto maduro). Para los miRNAs conservados se utilizó el GeneChip® miRNA 4.0 Array (Affymetrix). Utilizando RNA total de tuna en diferentes estadios y se hibridó en el Unidad de Genotipificación y Análisis de Expresión (Instituto Nacional de Medicina Genómica-INMEGEN, Mexico). Para los miRNAs específicos se secuenciarán los transcriptomas en la Unidad de secuenciación del Instituto de Biotecnología de la UNAM.

Los datos se analizaron con el software R del Bioconductor Project (<http://www.bioconductor.org>) para la normalización de los datos antes de comparar y evaluar la expresión diferencial. La expresión diferencial será seleccionada con al menos 2x fold change usando los paquetes oligo (Carvalho and Irizarry, 2010) lima (Smyth et al., 2005).

Amplificación de los precursores de miRNA: Para validar la expresión diferencial de los miRNAs identificados, se extraerá RNA total a partir de 100 mg de tejido. Se amplificara el precursor de los miRNAs identificados de acuerdo al método de amplificación stem loop descrito por Li et al., (2009).

Establecimiento de las redes de expresión durante el desarrollo de los frutos

A partir de los datos de los transcriptomas y el arreglo se construyeron las posibles redes de expresión generadas por la expresión de los miRNAs relacionados con el desarrollo del fruto. Se utilizaron diferentes paquetes para el análisis masivo de datos (Blast to go, KEGG). Se relacionaron los resultados con el análisis fenotípico para encontrar la asociación de las diferentes moléculas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Extracción de RNA

Las extracciones se hicieron con tres réplicas biológicas y sin replicas técnicas. Posterior a la extracción se determinó la cantidad y calidad (en función de la absorbancia a 260 y 280 nm) del RNA con el equipo nanodrop 2000 Thermo Scientific. En promedio la concentración fue de 12.41 ng/μl y la relación A260/A280 de 1.85.

Hibridación de microarreglos

Para establecer el punto de comparación dentro del desarrollo de fruto, como parte del desarrollo sexual, fue necesario establecer como punto de referencia en la hibridación a los transcritos de FF y, condición contrastante FV (FF-FV, Figura 1a) y FM (FF-FM, Figura 1b). Finalmente, para tener la imagen completa dentro de la historia de desarrollo de fruto, se realizó una tercera hibridación confirmatoria, usando transcritos de FV como referencia y FM como condición contrastante (FF-FM, Figura 1c). Se utilizó el nivel de expresión x2 (mayor o igual a 2 y menor o igual a -2, *foldchange* 2x) para determinar si la expresión era diferencial. En la Tabla 1 se resume el conteo de miRNAs expresados diferencialmente. Del total de miRNAs expresados, 20.8% en FF-FV, 60.7% en FF-FM y 55% en FV-FM son expresados de manera diferencial. Este resultado sugiere de manera temprana en el análisis, el posible rol en expresión de miRNAs de manera especial en los estados de desarrollo de fruto más avanzados (FV y FM).

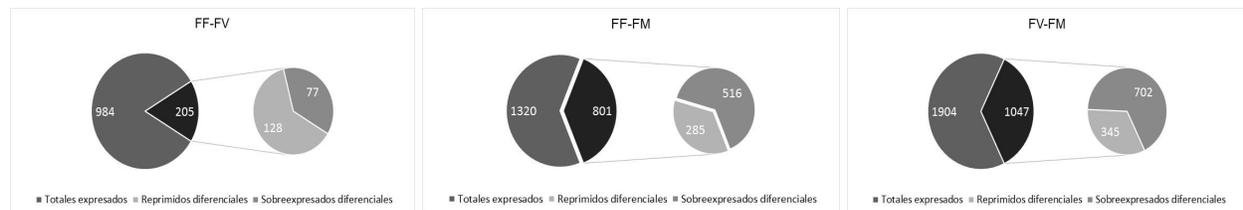


Figura 1. Expresión de miRNAs total y diferencial por hibridación en microarreglos

Tabla 1. Conteo de miRNAs expresados diferencialmente

| Expresión | FF-FV | FF-FM | FV-FM |
|-----------------|-----------|------------|-------------|
| Reprimidos | 128 | 285 | 345 |
| Sobreexpresados | 77 | 516 | 702 |
| Totales | 205 (984) | 801 (1320) | 1047 (1902) |

Análisis de miRNAs por RNA seq

El análisis por sRNA-seq uso los mismos tejidos (FF, FV y FM) y se hizo la búsqueda por homología únicamente contra *Arabidopsis thaliana* con *blastn-short* bajo criterio de identidad mayor 90%, máximo un *mismatch*, y longitud de alineamiento de 19-24 nt. Con una probabilidad mayor de 0.8, se detectaron 67 miRNAs diferenciales entre FF y FV, 89 entre FV y FM y, 99 entre FF y FM. Se encontró la participación de las familias miR156, miR162, miR164, miR165, miR169 en *Arabidopsis thaliana*. Aunque la expresión fue diferencial en miR165, la expresión es tan pequeña comparada con miR156, que no puede ser visualizada.

Los criterios para el establecimiento de candidatos de miRNAs con participación en el desarrollo y maduración de tuna fueron: a) familias de miRNAs con mayor prevalencia entre los diferentes grupos de

expresión de acuerdo al dendrograma y categorización, b) miRNAs con mayor nivel de expresión o represión en las transiciones de desarrollo de fruto. Se encontraron 30 familias de miRNAs candidatos, así como las especies homólogas detectadas (de acuerdo a miRBase v21) de manera diferencial. Se observó una fuerte conservación dentro del reino planta, así como un total de 14 miRNA conservados tanto en reino planta como animal, y 7 se reportan únicamente en animales. Del listado de especies con miRNAs homólogos, se encuentran tres plantas con frutos no-climatéricos: *Citrus clementina*, *Citrus sinensis* y *Vitis vinifera*. 16 familias de miRNAs candidatos se expresan en al menos una de estas tres especies. Se realizó una búsqueda de expresión de miRNAs en otros frutos no climatéricos y se encontró la expresión de siete familias de miRNAs: miR156, 157, 159, 162, 164, 165 y 168 (Li et al., 2009), de los cuales miR156 y 159 se expresan también en *Vitis vinifera* y miR162 en *Citrus clementina* y *Vitis vinifera*.

Se identificaron un total de 43 miRNAs con 26 diferentes blancos con relación al desarrollo de fruto desde la inducción floral. Destaca la importancia de miR172 y miR395, como candidatos claves en el tiempo de maduración de fruto. También se establece miR397, como oportunidad para la generación de variedades para producción de semilla.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo se analizó la expresión de miRNAs en diferentes estados de maduración de fruto, desde botón flora hasta fruto madura, con mayor énfasis en la transición de FV a FM, mediante metodologías de manejo masivo de datos. 1,047 miRNAs fueron expresados diferencialmente y se seleccionaron 30 familias de miRNAs basados en prevalencia en la expresión de familias miRNA entre los diferentes grupos de expresión así como intensidad de expresión.

Se rerealizó una búsqueda en bases de datos y otras fuentes, así como herramientas de predicción de interacciones miRNA:mRNA y encontramos 43 miRNAs y 26 blancos con rol dentro del proceso de maduración.

Se destaca la importancia de miR172 y miR395, como candidatos claves en el tiempo de maduración de fruto y, miR397, como oportunidad para la generación de variedades para producción de semilla.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Agradecimiento al CENGUA-INIFAP, por proveer los materiales biológicos de trabajo. Agradecimiento a la Universidad De La Salle Bajío por el financiamiento

REFERENCIAS

1. Carvalho, B.S., and Irizarry, R.A. 2010. A framework for oligonucleotide microarray preprocessing. *Bioinformatics* 26 (19), 2363–2367.
2. Cedillo-Jiménez Christopher A., Marcelo Hernández-Salazar, Tania Escobar-Feregrino, Juan Caballero-Pérez, Mario Arteaga-Vázquez, Alfredo Cruz-Ramírez, Irineo Torres-Pacheco, Ramón Guevara-González, Cruz-Hernandez Andrés. 2016. MicroRNAs Sequencing for Understanding the Genetic Regulation of Plant Genomes. In: *Plant Genomes*. Intech Publishing. ISBN 978-953-51-4622-3.
3. Li, H., Zhang, Z., Huang, F., Chang, L., and Ma, Y. (2009). MicroRNA expression profiles in conventional and micropropagated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants. *Plant Cell Rep.* 28 (6), 891–902.

4. Rosas-Cárdenas F., Escobar-Guzmán R., **Cruz-Hernández A.**, Marsch-Martínez N. and DeFolter S. 2015. An efficient method for miRNA detection and localization in crop plants. *Frontiers Plant Sci.* 6:99.
5. Smyth, G.K., Michaud, J., and Scott, H.S. (2005). Use of within-array replicate spots for assessing differential expression in microarray experiments. *Bioinformatics* 21 (9), 2067–2075

Sección: Biotecnología y Genómica /Agrícola

EFECTO DE LOS MICROORGANISMOS PROMOTORES DE CRECIMIENTO VEGETAL EN LA REPRODUCCIÓN VEGETATIVA DE *Echeveria*

María Fatima Vianey Domínguez Vásquez, María Esther Díaz Martínez^{1*}, Gabriela Sánchez Viveros¹, Rosalba Argumedo-Delira^{1,2}

¹Posgrado en Ciencias Agropecuarias, Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, 91000, Xalapa, Veracruz, México.

²Unidad de Servicios de Apoyo en Resolución Analítica (SARA), Universidad Veracruzana. Luis Castelazo Ayala s/n, Col. Industrial Animas, 91190, Xalapa, Veracruz, México.

mariadiaz@uv.mx

Palabras clave: *Echeveria*, Microorganismos, Reproducción.

INTRODUCCIÓN

El género *Echeveria*, pertenece a la familia *Crassulaceae*, y es un grupo exclusivo de América. México es el centro de mayor diversidad y endemismo de este grupo de plantas que está conformado por alrededor de 127 especies. De las cuales, el 83 % se restringe exclusivamente al territorio mexicano (Reyes y Brachet, 2009). Dicho género es altamente apreciado por productores y coleccionistas y, al igual que muchas otras, están siendo extraídas de su hábitat natural con la finalidad de satisfacer la demanda nacional e internacional (Reyes, 2009). La extracción no regulada ha provocado se catalogue el género en peligro de extinción (NOM-059) y genera la necesidad de aumentar la productividad. Una alternativa, es el uso de microorganismos promotores del crecimiento vegetal adquiere relevancia y tiene amplias posibilidades de insertarse en el sistema de producción actual y futuro (Puente *et al.*, 2010). En este sentido, no se encontró información sobre el papel de los microorganismos promotores de crecimiento inoculados en la propagación de este género. Por lo que es de suma importancia identificar los microorganismos que aceleran la reproducción de este género. Los mecanismos por los cuales los promotores de crecimiento vegetal ejercen efectos positivos sobre las plantas son numerosos entre ellos, ayudan a solubilizar fosfato mineral y otros nutrientes, aumentan la resistencia de la planta al estrés, ayudan a estabilizar los agregados del suelo mejorando su estructura y el contenido de materia orgánica. Hay mayor retención de nitrógeno orgánico del suelo y otros nutrientes aumentado su liberación, lo cual contribuye a la reducción de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos (Hayat *et al.*, 2010). Por lo anterior, el objetivo fue evaluar el efecto de microorganismos promotores de crecimiento vegetal en la reproducción vegetativa de dos especies del género *Echeveria*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron bioensayos en presencia y ausencia de arena para comparar el enraizamiento de hojas de *Echeveria* sp. y *E. runyonii*, durante la propagación vegetativa o asexual. Hojas maduras, de tamaño homogéneo y sanas de ambas especies fueron desprendidas de plantas madre y colocadas sobre contenedores planos a temperatura ambiente (27 °C) hasta que cicatrizo la parte basal (4 días). Posteriormente, se lavaron con agua destilada estéril y alcohol 70 %. Finalmente, se colocaron en contenedores estériles que contenían o no arena seca y esterilizada previamente. A cada hoja se le asignó un número para darle seguimiento durante el desarrollo longitudinal de la raíz. Las hojas en propagación de ambas especies de *Echeveria* fueron inoculadas con 400 µL, a una concentración de 1×10^7 esporas/mL, de cuatro hongos filamentosos *Trichoderma koningii* (CPT3), *Hypocrea lixii* (H12), *Trichoderma koningii* (CPT23), *Trichoderma gamsii* (Gamsii); dos bacterias *Pseudomonas tolaasii* (P61), *Sphingomonas* sp. (BT) y una levadura *Candida orthopsilosis* (B20). En el caso de las bacterias y la levadura se aplicaron 400 µL de una suspensión microbiana de 1×10^8 unidades formadoras de colonias (UFC). Las hojas se mantuvieron por 20 días, y al final se midió la longitud radical de la raíz con la ayuda de un vernier. Los datos obtenidos fueron capturados y analizados mediante el programa estadístico SAS Institute Inc. 2020.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que la presencia de microorganismos aumenta la longitud de las raíces de las hojas en menor tiempo. En ausencia de arena, *Echeveria* sp. y *E. runyonii* mostraron el mayor número de raíces en el tratamiento inoculado con la levadura *Candida orthopsilosis* (B20) y la bacteria *Sphingomonas* sp. (BT) desde el segundo día, mientras que el control presento raíces hasta el día ocho. En presencia de arena, se observó que los mejores resultados para *Echeveria* sp. (Figura 1), se obtuvieron con el tratamiento *Trichoderma koningii* (CPT23) mostrando raíces desde el día 5 en comparación al testigo el cual presento raíces hasta el día diez. Estos resultados pueden deberse a que la presencia de los microorganismos inoculados a la raíz incrementó la producción de la Auxina, Ácido 3 Indol Acético (AIA), en cantidades que estimularon el crecimiento radical (Vuelvas, 2015). El hongo *Trichoderma koningii* (CPT23) no presentó diferencia significativa con la levadura *Candida orthopsilosis* (B20) (Figura 3). Por otro lado, para la especie *Echeveria runyonii* (Figura 2) el mejor tratamiento fue el inoculo con la bacteria *Sphingomonas* sp. (BT). Dicha bacteria se ha caracterizado por producir (AIA) y promover el crecimiento vegetal del trigo (Díaz-Martínez, 2019).

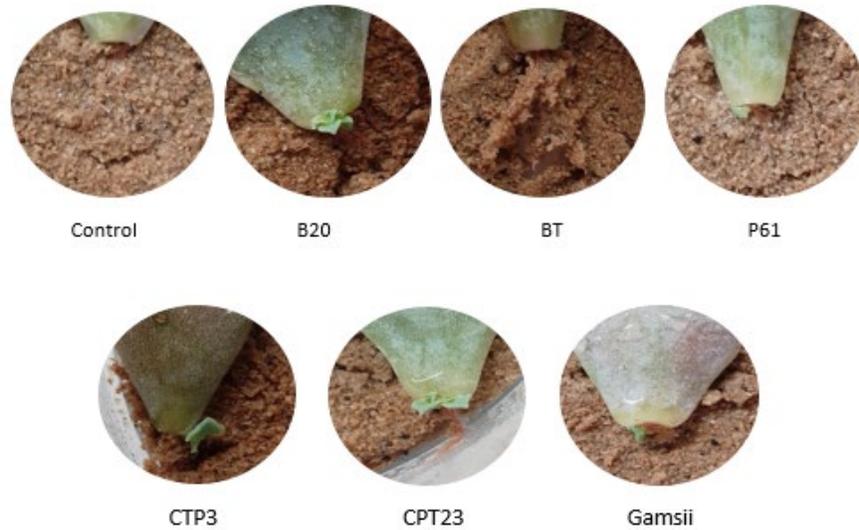


Figura 1. Brote de las hojas de *Echeveria* sp. al ser inoculadas por microorganismos en contenedor estéril en presencia de arena a los 20 días.



Figura 2. Brote de las hojas de *Echeveria runyonii* al ser inoculadas por microorganismos en contenedor estéril en presencia de arena a los 20 días.

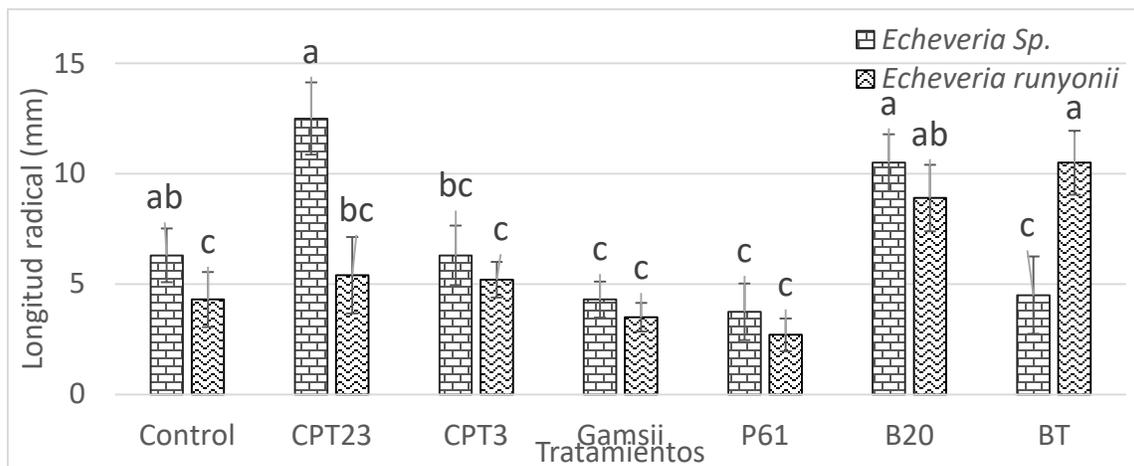


Figura 3. Longitud radical de dos especies de *Echeveria* después de 20 días de inoculación con microorganismos promotores de crecimiento en presencia de arena. *Trichoderma koningii* (CPT3), *Trichoderma koningii* (CPT23), *Trichoderma gamsii* (Gamsii), *Pseudomonas tolaasii* (P61), *Sphingomonas* sp. (BT) y *Candida orthopsilosis* (B20). Letras diferentes sobre las barras indican diferencias significativas. Media \pm error estándar, (n=6).

CONCLUSIÓN

Los microorganismos utilizados contribuyen al desarrollo radical y el enraizamiento de las hojas de *Echeveria*. En el caso de *Echeveria* sp. los mejores resultados se obtuvieron con *Trichoderma koningii* (CPT23), *Candida orthopsilosis* (B20), seguido por el control, el hongo *Trichoderma koningii* (CPT3), *Sphingomonas* sp. (BT), *Trichoderma gamsii* (Gamsii) y *Pseudomonas tolaasii* (P61) estos tres últimos sin diferencias significativas, los resultados se muestran de mayor a menor en este mismo orden. Para *Echeveria runyonii* los mejores tratamientos fueron *Sphingomonas* sp. (BT), la levadura *Candida orthopsilosis* (B20), los hongos *Trichoderma koningii* (CPT23) y *Trichoderma koningii* (CPT3), seguidos por el control, *Trichoderma gamsii* (Gamsii) y *Pseudomonas tolaasii* (P61) estos tres últimos no indicaron diferencias significativas en sus resultados.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

La primera autora agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de posgrado y al Instituto de Química Aplicada (IQA), de la Universidad Veracruzana, **especialmente el laboratorio de Biotecnología Microbiana**, por su apoyo y patrocinio para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Díaz Martínez, M. E. (2019). Plantas y microorganismos útiles en la recuperación de metales provenientes de residuos eléctricos. Tesis doctoral. Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Agrícolas. Región Xalapa.
2. Hayat R., Ali S., Amara U., Khalid R., Ahmed I. (2010). Bacterias benéficas para el suelo y su papel en la promoción del crecimiento de las plantas: una revisión. [Revisión anual de la microbiología](#) 60(4): 579-598.
3. Puente M. L., García J. E., Rubio E. y Peticari A Inta. (2010). Información técnica de trigo y otros cultivos de invierno. Campaña Publicación Miscelánea N° 116 39 Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como Inoculantes en trigo 44:1-4.

4. Reyes, J. (2009). Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas. Manual práctico. Comisión Nacional Forestal. México. 139 *Echeveria* Manual del perfil diagnóstico del género *Echeveria* en México 108:49-52.
 5. Reyes, J. y C. Brachet. (2009). *Echeveria mondragoniana*, una especie de la familia *Crassulaceae* para el estado de Oaxaca, México". *Cactáceas y suculentas mexicanas* 3:82-89.
- Sección:** Biotecnología y biología celular.

POTENCIAL ANTAGÓNICO DE TRES ESPECIES DE STREPTOMYCES CONTRA HONGOS FITOPATÓGENOS

ANTAGONISM OF THREE STREPTOMYCES SPECIES AGAINST PHYTOPATHOGENIC FUNGI

Sánchez-García Bertha María¹; Ramírez-Pimentel Juan Gabriel¹; Rodríguez-Guerra Raúl²; Guevara-Acevedo Luis Patricio¹, Raya-Pérez Carlos¹; Covarrubias-Prieto Jorge¹; y Mora-Avilés María Alejandra^{3*}

¹Tecnológico Nacional de México-Roque. Carretera Celaya-Juventino Rosas km 8, Celaya, Guanajuato. AP. 508. CP. 39110. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Región Noreste, Campo Experimental General Terán. Km 31 Carretera Montemorelos-China. 67400. General Terán, Nuevo León, México. ³Campo Experimental Bajío-INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Celaya, Guanajuato, México. CP. 38110.
(mora.alejandra@inifap.gob.mx)

Palabras Clave: Antagonistas, control biológico, hongos patógenos

INTRODUCCIÓN

Las actinobacterias pertenecen a un grupo de microorganismos abundantes en ecosistemas naturales, son partícipes de la degradación de compuestos orgánicos, productoras de compuestos bioactivos asociados a la promoción del sistema radicular, y protección de estrés biótico y abiótico mediante la producción de metabolitos secundarios. Estos microorganismos, particularmente los pertenecientes a la especie *Streptomyces* spp. se han caracterizado e identificado la gran mayoría de antibióticos que se utilizan en el ámbito de salud humana; sin embargo, son poco utilizados como antagonistas en sistemas agrícolas. Con el objetivo de analizar el potencial de actinobacterias en el ámbito de control de hongos fitopatógenos se analizaron tres cepas de actinobacterias de suelos perturbados y no perturbados, y se evaluó su potencial antagónico *in vitro* mediante confrontaciones, así como su caracterización morfológica, microscópica, y molecular.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos en dos fechas diferentes y en dos tipos de suelo, cultivado (sembradío) y no cultivado (serranía) en diversos municipios del Estado de Guanajuato, México.

Se realizaron escrutinios de selección rápida con el propósito de observar y seleccionar el potencial antagónico de las actinobacterias. El escrutinio consistió en frotar fragmentos de las 82 cepas de actinobacterias en el centro de cajas Petri con medio de cultivo PDA, cubriendo un radio de 3.0 cm aproximadamente de la superficie central del medio de cultivo. Posteriormente se colocaron explantes de 7 mm de diámetro de colonia con 72 horas de crecimiento de los hongos fitopatógenos *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* a 2 cm del margen de la colonia de las actinobacterias.

Las características de las cepas y el análisis de secuencias de la amplificación del gen 16S rARN.

Para determinar el potencial antagónico y acotar el número de cepas de actinobacterias con actividad antagónica mayor a 75 %, se eligieron tres cepas (B21, B22 y B37) para caracterizar su nivel antagónico con *R. solani*, *P. capsici* y *Fusarium oxysporum*. La evaluación se realizó a las 24, 48 y 72 h posteriores a la confrontación, donde se midió el crecimiento radial del micelio de los fitopatógenos confrontados y de los testigos, y se determinó el porcentaje de inhibición del crecimiento radial (PICR) utilizando la fórmula de Ezziyani et al. (2004), $PICR = (R1 - R2) / R1 * 100$, donde: R1 es el radio del crecimiento de la colonia del patógeno testigo y R2 es el radio de la colonia del patógeno en enfrentamiento.

Diseño Experimental y Análisis Estadístico

El diseño experimental fue un experimento completamente aleatorizado. Cada experimento consistió de al menos tres repeticiones donde la la unidad experimental fue una caja Petri. El análisis estadístico consistió de un análisis de varianza y comparación de medias a través de la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Muestreo e identificación de cepas. Se obtuvieron 82 cepas de actinobacterias provenientes de los diferentes municipios muestreados del Estado de Guanajuato. El municipio con mayor número de cepas de actinobacterias aisladas fue San Miguel de Allende (60) y el municipio con menor número de cepas fue Pénjamo (3). De las 82 cepas utilizadas en este escrutinio, tres cepas mostraron actividad antagónica mayor al 75 % a los patógenos empleados. Las cepas B21 y B22 (aisladas del municipio de Sta. Catarina, de suelo no perturbado con vegetación dominante de pinos y encino), y la cepa B37 (aislada del municipio de Pénjamo en suelo cultivado con maíz). Las cepas de actinobacterias fueron identificadas molecularmente a través de la secuencia de ADNr 16S como: B21 (*Streptomyces mauvecolor*), B22 (*Streptomyces lasiicapitis*) y B37 (*Streptomyces olivochromogenes*).

Actividad fungistática. Las tres especies de *Streptomyces* mostraron potencial antagónico contra *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora capsici* y *Fusarium oxysporum in vitro*. *S. mauvecolor* mostró un promedio de Porcentaje de Inhibición de Crecimiento Radial (PICR) para los tres patógenos de 62.88%, *S. lasiicapitis* de 98.72% y *S. olivochromogenes* de 83.58%. Asimismo, de los tres patógenos, *R. solani* fue inhibida en mayor proporción por las tres cepas (93.85%) (Cuadro 1). Se observó una fungistasis relevante de *S. lasiicapitis* sobre *P. capsici* oomiceto económicamente importante, reportado por primera vez como antagonista de patógenos de raíz.

Cuadro 1. Porcentaje de Inhibición del Crecimiento Radial (PICR) por actinobacterias a hongos fitopatógenos a las 72 h de confrontación.

| Actinobacteria | Patógenos | | | Promedio (%) |
|--|------------------|-------------------|---------------------|--------------|
| | <i>R. solani</i> | <i>P. capsici</i> | <i>F. oxysporum</i> | |
| <i>Streptomyces mauvecolor</i> B21 | 89.86 b† | 44.66 b | 54.13 b | 62.88 |
| <i>Streptomyces lasiicapitis</i> B22 | 96.18 a | 100.00 a | 100.00 a | 98.72 |
| <i>Streptomyces olivochromogenes</i> B37 | 95.51 ab | 57.69 b | 97.54 a | 83.58 |
| Promedio | 93.85 | 67.45 | 83.89 | 62.88 |

† Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey ≤ 0.05).

Es de hacer notar que la inhibición de los fitopatógenos por parte de las actinobacterias, se dio sin presentar contacto entre ellos, por lo que se sugiere la producción de metabolitos secretados y difusibles en el medio de cultivo (Betancourt-Aranguré *et al.*, 2019).

De acuerdo con Reyes *et al.* (2015) el PICR promedio que se obtuvo en 12 cepas de actinobacterias sobre dos cepas de *P. capsici* (PC89 y PC88) fue de 100 % y para la cepa CH11 (*P. capsici*) fue del 84 al 99 %. Los resultados obtenidos en este ensayo muestran valores superiores a los obtenidos por Kunova *et al.* (2016) quienes reportaron una inhibición de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* de 56.06 % con la cepa CMJ581 de *Streptomyces* sp. y de 60.69 % con la cepa CX14W de *S. anulatus*. Asimismo, Dávila *et al.* (2013) reportaron una inhibición de *F. oxysporum* de hasta 49.36%, lo que ubica a las cepas aquí reportadas con cualidades sobresalientes como agentes antagonistas.

Si bien las cepas B21 y B22 pertenecen al entorno agroecológico, también difieren en el potencial antagónico, para el control de *P. capsici* y *F. oxysporum*. De acuerdo con Sousa y Olivares (2016) las actinobacterias poseen diferentes mecanismos de acción en la inhibición de agentes fitopatógenos, debido a la versátil producción de metabolitos secundarios que actúan como sustancias antibióticas y fungicidas diferencialmente y sideróforos, utilizando éstos como estrategia principal competitiva para colonizar el área en que se encuentre, aun cuando las cepas pertenezcan a la misma especie y al nicho ecológico.

CONCLUSIONES

El presente estudio demostró la riqueza de actinobacterias aisladas en diferentes municipios del Estado de Guanajuato, de 82 cepas obtenidas, 3 mostraron más del 50 % de inhibición *in vitro* contra hongos fitopatógenos, lo que sugiere que podrían ser candidatas a ser utilizadas en escrutinios a nivel planta y

estudiar el modo de acción de las actinobacterias contra los fitopatógenos, los metabolitos específicos y diferenciados en cada nivel antagonico, los genes de resistencia inducidos en la interacción planta-patógeno-antagonista, así como evaluar si dichas actinobacterias actúan como promotoras de crecimiento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores(as) desean agradecer al CONACYT por la beca 206005 de doctorado, otorgada a Bertha María Sánchez García; así como, al TNM-Tecnológico de Roque por facilitar sus instalaciones para realizar esta investigación.

REFERENCIAS

1. Betancourt-Aranguré A., O. J. Cambero-Campos, C. Rios-Velasco, E. Cruz-Crespo, C. B. Cambero-Ayón, G. Luna-Esquivel (2019) Evaluación *in vitro* de microorganismos antagonistas y fungicidas contra *Colletotrichum theobromicola* Delacr, causante de antracnosis en inflorescencias de guanábana (*Annona muricata* L.). *Revista Bio Ciencias* 6, e678:1-13.
2. Ezziyyani M., S. C. Pérez, M. E. Requena, L. Rubio, y M. E. Candela (2004) Biocontrol por *Streptomyces rochei* –Ziyani–, de la podredumbre del pimiento (*Capsicum annuum* L.) causada por *Phytophthora capsici*. *Anales de Biología* 26: 69-78.
3. Kunova A., M. Bonaldi, M. Saracchi, C. Pizzatti, X. Chen and P. Cortesi (2016) Selection of *Streptomyces* against soil borne fungal pathogens by a standardized dual culture assay and evaluation of their effects on seed germination and plant growth. *BMC Microbiology* 16:272.
4. Reyes T. A., E. G. Rincón, M. Z. Evangelista, A. E. Quiñones y P. L. López (2015) Lucha entre microbios: una herramienta para el control de enfermedades de plantas. *Revista Digital Universitaria* 16:1-15.
5. Sousa J. A. and L. F. Olivares (2016) Plant growth promotion by streptomycetes: ecophysiology, mechanisms and applications. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 3:24.

Sección: Biotecnología y Genómica

Tipo de presentación: Cartel

EVALUACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE EMULSIONES DE HONGOS ENTOMOPATÓGENOS CONTRA EL GUSANO DEL FRUTO, EN TOMATE CULTIVADO EN TRASPATIO

Lucía Araceli Manzanarez Jiménez¹, Cipriano García Gutiérrez¹, Gustavo Hernández-Carmona².

¹Laboratorio de Bioinsecticidas. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional. Unidad Sinaloa, Departamento de Biotecnología Agrícola. COFAA-IPN

²Laboratorio de Química de Algas, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz Baja California. COFAA-IPN.

garciaciprian@hotmail.com

Palabras clave: Control biológico, Hongos entomopatógenos, Sustentabilidad.

INTRODUCCION

El estado de Sinaloa es un importante productor de tomate rojo de las variedades Bola, Saladette, Cherry y Grape en México; según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) al 30 de junio de 2021, se han sembrado 827,049.40 ha., de las cuales se cosecharon 736,759.29 ha, con rendimientos de 40.5 a 69 ton/ha (SIAP, 2021). Esta producción fue afectada por diversas plagas y enfermedades. Entre las plagas se encuentran el gusano del fruto *Chloridea virescens* F. = *Heliothis virescens* (Fabricius) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae), el cual desarrolla entre seis y siete instares larvarios (Capinera, 2018). Las larvas atacan el cultivo en la floración y fructificación, en los meses de enero y febrero (Manzanarez-Jiménez *et al.* (2021), recién emergidas se alimentan de hojas y flores y luego se mueven a los frutos, lo que puede provocar la entrada de patógenos que causan enfermedades y afectar el tomate. Para su control se aplican diversos insecticidas químicos y en menor proporción productos biológicos, a base de bacterias y hongos entomopatógenos (García-Gutiérrez *et al.* 2019).

En Guasave y Ahome Sinaloa los hongos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin son utilizados para el control de plagas como el picudo del chile (*Anthonomus eugenii* Cano), gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), gusano soldado (*Spodoptera exigua*), gusano barrenador de la caña (*Diatraea* spp) y gusano del fruto *C. virescens* (García-Gutiérrez *et al.* 2020), donde se ha encontrado potencial para ofrecer una solución sustentable al problema de estas plagas. En este trabajo, se evaluó la efectividad de dos emulsiones de *B. bassiana* y *M. anisopliae* para determinar su efectividad contra larvas del gusano del fruto en plantas de tomate Var. Saladette en condiciones de traspatio.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el valle agrícola de Ahome Sinaloa (25°55'10"N 109°10'16"O; 12 m.s.m). Los hongos *B. bassiana* (Cepa B9) y *M. anisopliae* (M1) se obtuvieron de la colección de hongos entomopatógenos del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Guasave, Sinaloa, México (CIIDIR-IPN), por ser patógenas contra *C. virescens*. Las formulaciones de los hongos en emulsión; TI (*M. anisopliae*) y TII (*B. bassiana*) = aceite mineral + extracto de alga *Macrocystis pyrifera* L. (pH=7.0) y las larvas de primer instar de *C. virescens* utilizadas en este estudio se obtuvieron según lo descrito por Manzanarez-Jiménez *et al.* (2021). El extracto del alga es un polímero natural soluble en agua, con propiedades espesantes, emulsificantes y estabilizadoras obtenido por extracción alcalina en el Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas (CICIMAR-IPN). Los insecticidas comerciales usados como control positivo fueron: TIII = BEA-SIN® (*B. bassiana*) y TIV = META-SIN® (*M. anisopliae*). Se utilizó agua destilada con Tween® 80 al 0.05% como control negativo (TV).

El bioensayo previo a la evaluación en plantas de tomate se hizo con larvas del primer instar de *C. virescens* de acuerdo a la metodología descrita por Manzanarez-Jiménez *et al.* (2021). Para la evaluación en tomate,

los tratamientos se prepararon en un volumen de 2.7 litros de agua potable, 30 ml Tween® 80 al 0.05% como agente dispersante y una concentración de conidias a 3×10^8 conidias/ml, cargados en una bomba de uso agrícola con capacidad de 5 L, boquilla de 15 mm de diámetro y presión de 38 PSI, mezclados y homogenizados manualmente. Las aplicaciones de los tratamientos se hicieron en plantas de tomate Var. Saladette, cultivadas en bolsas de polietileno de alta densidad (30 × 24 cm) con sustrato compuesto por una mezcla de turba negra, perlita y suelo, durante el ciclo otoño-invierno (2020-21), en etapa de floración y fructificación (45 d), divididas en bloques de 20 plantas por tratamiento, infestadas de manera artificial con 10 larvas de primer instar de *C. virescens*/planta, con dos repeticiones, con diferencia de 48 h. La aspersión se hizo a las 6:00 p.m, las condiciones climatológicas promedio fueron 23.5 ± 4.5 °C; humedad relativa <70% y fotoperiodo de 10:14 horas de luz: oscuridad.

La mortalidad de larvas se evaluó cada 24 h., a partir de la segunda aplicación. Los datos de mortalidad de larvas en porcentaje, se normalizaron mediante una transformación arcoseno. Para determinar las diferencias entre los tratamientos se realizó un ANDEVA unidireccional y para determinar las diferencias entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey HSD con un nivel de significancia de $p \leq 0.05$, utilizando el programa SAS® versión 9.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En laboratorio hubo diferencias significativas de mortalidad de larvas con respecto al control ($F = 34.40$; $gl = 4, 10$; $P < 0.00$), en tomate cultivado en traspatio la mortalidad fue mayor con los formulados comerciales y el formulado a base de conidias de *M. anisopliae* en aceite mineral + extracto de alga y menor con *B. bassiana*, con diferencias significativas con el tratamiento control ($F = 319.36$; $gl = 4, 15$; $P < 0.00$) (Cuadro 1).

Cuadro3. Efectividad de insecticidas biológicos en larvas de primer instar de *C. virescens* en laboratorio y plantas de tomate en traspatio.

| Tratamiento | Mortalidad (%) | Tukey ($\alpha=0.05\%$) | Mortalidad (%) | Tukey ($\alpha=0.05\%$) |
|--------------------|----------------|---------------------------|-------------------|---------------------------|
| | Laboratorio | | Plantas de tomate | |
| T I= Ma | 86.87 ± 13.34 | a | 85.31 ± 00.96 | a |
| T II=Bb | 80.00 ± 01.00 | a | 75.31 ± 02.23 | a |
| T III=META-SIN® | 93.33 ± 15.34 | a | 86.25 ± 04.37 | a |
| T IV= BEA-SIN® | 90.00 ± 03.00 | a | 84.69 ± 02.58 | a |
| T V=Agua destilada | 00.00 ± 00.00 | c | 4.38 ± 02.32 | c |

Las medias con letra distinta son significativamente diferentes. Prueba de Tukey HSD ($\alpha = 0.05$).

Los cuatro tratamientos fueron efectivos contra larvas del primer instar de *C. virescens* en laboratorio y en plantas de tomate cultivadas en traspatio, estos resultados de mortalidad de larvas causados por las emulsiones experimentales son mayores a trabajos realizados anteriormente con la formulación en emulsión a base de conidias en aceite mineral + extracto de alga evaluadas en larvas de mayor tamaño de este insecto (segundo y tercer instar), en tomate cultivado en invernadero, donde la mortalidad fue 64.5 y 50.5% con *M. anisopliae* y *B. bassiana*, respectivamente (Manzanarez-Jiménez *et al.* 2021). En este estudio la mezcla de conidias de estos hongos en aceite mineral con el extracto del alga *M. pyrifera* fue más efectiva contra larvas de primer instar, respecto al segundo y tercer instar larvario, esto debido al tamaño de las larvas y a su poca movilidad en la planta de tomate, la cual es menor comparada con larvas de segundo y tercer instar, que son más activas en el follaje de la planta.

CONCLUSIONES

La emulsión con conidias de los dos hongos en aceite mineral con extracto del alga *M. pyrifera* fue efectiva contra larvas de primer instar de *C. virescens* en tomate de la Var. Saladette cultivado en condiciones de traspatio. Se requieren más estudios a campo abierto de cultivo de tomate, para determinar la efectividad de los insecticidas biológicos elaborados a base de estos hongos para el control de esta plaga.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Agradecemos a CONACyT por la beca otorgada para Estudio de Doctorado a M. en C. Lucía Araceli Manzanarez Jiménez. Este trabajo fue apoyado por el proyecto SIP-IPN 20195417 “Estudio de efectividad y persistencia de formulaciones de hongos entomopatógenos para el control de plagas del tomate”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. J. L. Capinera, (2018). “Tobacco Budworm, *Heliothis virescens* (Fabricius) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae),” Gainesville, FL 32611, pp. 1-5.
2. García-Gutiérrez, C., A. D. Armenta-Bojórquez, L. A. Gaxiola-Castro, N. Vázquez-Montoya, y M. Acuña-Jiménez. (2020). Evaluación de insecticidas biorracionales y *Beauveria bassiana* (Vuill) para el control del gusano del fruto del tomate. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 17: 17-25.
3. García-Gutiérrez, C., E. Cortez-Mondaca, y L.A. Manzanarez-Jiménez. (2019). Reseña del complejo *Heliothis* spp., y análisis de su situación actual en cultivos de importancia económica en Sinaloa. Memoria del XLII Congreso Nacional de Control Biológico, Boca del Rio Veracruz.
4. Manzanarez-Jiménez, L. A., N. M. Rosas-García, A. Luna-González, C. M. Escobedo-Bonilla, y García-Gutiérrez C. (2021). Evaluación de Formulaciones en Aceites de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* contra *Chloridea virescens* F. (46) 2, pp., 503-510.
5. SIAP., (2021). Avance de Siembras y Cosechas. Boletín mensual de producción Tomate rojo (Jitomate). https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ . Consultado el 20 de julio de 2021.

Sección: Biotecnología y biología celular.

GENES INVOLUCRADOS CON LA FIJACIÓN DE NITRÓGENO EN RHIZOBACTERIAS, IDENTIFICADOS CON DIFERENTES SOFTWARE ESTADÍSTICOS DE DATOS OBTENIDOS CON RNA-SEQ

Brayan Esaú Arias Macías¹, Esperanza Martínez Romero² y Lorena Jacqueline Gómez-Godínez*³

1 Instituto tecnológico de Colima; 2 Centro de Ciencias Genómicas CCG-UNAM.;

3 Centro Nacional de Recursos Genéticos CNRG-INIFAP

gomez.lorena@inifap.gob.mx

Palabras clave: RNA-seq, Fijación biológica de nitrógeno, Consorcio microbiano.

INTRODUCCIÓN

La fijación biológica de nitrógeno (FBN) es un proceso mediante el cual el nitrógeno atmosférico se transforma en nitrógeno asimilable en el suelo. Este proceso es llevado a cabo por bacterias, en condiciones de simbiosis o vida libre (Rosenblueth et al., 2018). Diversos biofertilizantes están diseñados con microorganismos individuales o consorcios, un ejemplo de esto es la co-inoculación de *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium tropici* en maíz incrementando el rendimiento de su producción en 10 -30%, en comparación con plantas no inoculadas (Marks et al., 2015). Actualmente existen diversas estrategias para desentrañar la función que desempeñan las bacterias en el suelo, un ejemplo de esto son los metatranscriptomas o RNA-seq, los cuales mediante diversas herramientas estadísticas nos permite evaluar la expresión diferencial de genes (EDG), cuantificando los niveles de expresión genética bajo diferentes condiciones experimentales, dichos tratamientos puede ser realizados mediante diferentes paqueterías de bioconductor, que conllevan la utilización de diversos métodos y pruebas estadísticas (Soneson y Delorenzi, 2013). El objetivo de este trabajo fue evaluar con diferentes paqueterías de bioconductor (Limma, EdgeR, DESeq2 y NOISeq) la expresión diferencial de genes, relacionados con la fijación de nitrógeno de una comunidad de bacterias asociadas a maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron los datos depositados en GeneBank con el número de bioproject PRJNA499163 (Gómez-Godínez et al., 2019), en este trabajo se evaluó la expresión diferencial de una comunidad de bacterias en medio de cultivo PY (Peptone Yeast) y en plantas de maíz.

Para la EDG se consideraron las siguientes paqueterías: **Limma**, creada en un inicio para su uso con microarrays, pero adaptada a tecnología RNA-seq por conversión de datos voom. **EdgeR**, está basado en el modelo binomial negativo, utiliza el método empírico de Bayes para las estimaciones de la dispersión y la prueba exacta e Fisher para la selección de genes diferenciados. **DESeq2**, utiliza el modelo binomial negativo, utiliza sus propios factores de escalamiento para la normalización y la prueba significativa de Wald para la selección de genes diferenciados, finalmente **NOISeq**, se fundamenta en un modelo no paramétrico, utiliza un modelo de distribución mixta de características variables e invariables (cuadro1).

Cuadro 1. Características de cada una de las paqueterías del proyecto bioconductor (Limma, EdgeR, DESeq2 y NOISeq)

| Paquetería | Modelo | Normalización | Test estadístico |
|------------|-------------------|--------------------------|---|
| Limma | Lineal | TMM | Prueba t-student |
| EdgeR | Binomial negativo | TMM | Prueba análoga exacta de Fisher |
| DESeq2 | Binomial negativo | Factores de escalamiento | Prueba de significancia de Wald |
| NOISeq | No paramétrico | RPKM | Estimación probabilidad expresión diferencial |

Los datos fueron normalizados por tamaño de librería utilizando el método de Cuentas Por Millón (CPM). Una vez con los datos filtrados se llevó a cabo el análisis de expresión diferencial en Rstudio (V.4.0.2) con cada una de las paqueterías de bioconductor (Limma (V.3.44.3), EdgeR (V.3.22.5), DESeq2 (V.1.28.1) y NOISeq (V.2.31.0). Los análisis se realizaron de acuerdo a los manuales de cada una de las paqueterías. Para la EDG se asignó valor de $p \geq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comparó la EDG, en los tratamientos de comunidad en medio PY (CPY), versus comunidad en planta (CPL). Los resultados se dividieron en el número de genes sobre expresados (UP), no significativos (Not Sig) y sub representados (Down). En dichos resultados se puede apreciar que Limma es el software más restrictivo al seleccionar los genes diferencialmente expresados, mientras que EdgeR y DESeq2 a pesar de contar con distintos algoritmos para realizar las estimaciones muestran un resultado similar (EdgeR detectó 21 genes menos con respecto a DESeq2). NOISeq por su parte detectó una cantidad menor de

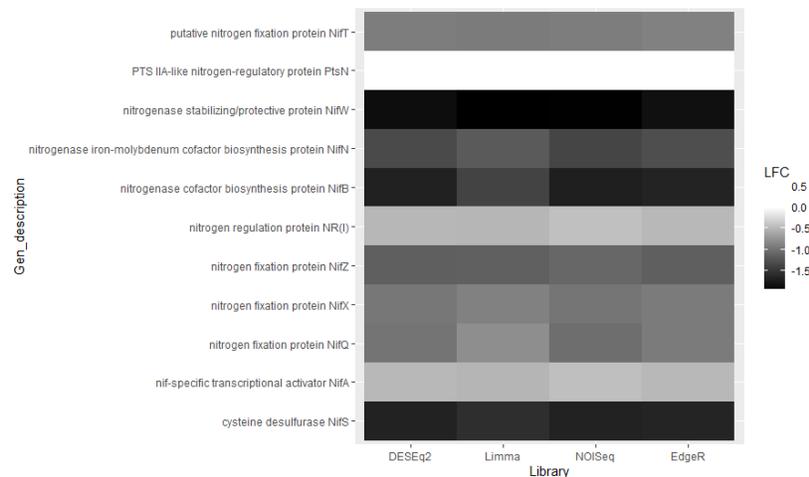
genes en comparación con EdgeR y DESeq2. El comportamiento de las paqueterías para detectar genes diferencialmente expresados coincide con lo reportados por Chamorro-Poyo (2019).

Cuadro 4. Genes diferencialmente expresados de la comparación de condiciones comunidad en medio PY (CPY) contra comunidad presente en planta (CPL) para cada una de las paqueterías del proyecto bioconductor (Limma, EdgeR, DESeq2 y NOISeq).

| | DGEs | Limma | EdgeR | DESeq2 | NOISeq |
|------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| CPY_vs_CPL | Down | 772 | 990 | 958 | 894 |
| | NotSig | 4,910 | 4,661 | 4,682 | 4,716 |
| | UP | 524 | 555 | 566 | 596 |

Dentro de los genes de importancia para la fijación de nitrógeno, tenemos a los genes nif, por esta razón nos dimos a la tarea evaluar la expresión diferencial de estos, con las diferentes paqueterías. Para comparar los valores de log-fold change se realizó un heatmap con los genes nif responsables de la fijación de nitrógeno para cada una de las paqueterías.

Figura 1. Heatmap donde se compara los genes nif del contraste comunidad en medio PY contra comunidad presente en planta.



Los valores de Log-Fold Change (LFC) son muy similares entre las paqueterías DESeq2 y edgeR, esto se debe a que ambos software se basan en un modelo negativo binomial. En cambio, Limma tiende a mostrar valores de lfc notoriamente mayores en comparación de las otras paqueterías para los genes: NifB, Nifn, NifX, NifQ y NifS. Mientras que en el caso de NifA, Nifz y la proteína NR NOISeq muestra un valor de lfc más alto y las otras paqueterías valores muy similares (Figura 1).

CONCLUSIONES

Se identificaron diferente número de genes diferencialmente expresados, según la paquetería utilizada, sin embargo, la mayoría de estos quedo agrupado DeSeq2.

La identificación y expresión de genes nif, no varía según la paquetería utilizada.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados se realizaron durante las residencias profesionales del primer autor en el Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP (CNRG-INIFAP).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sonesson, C., & Delorenzi, M. (2013). A comparison of methods for differential expression analysis of RNA-seq data. *BMC bioinformatics*, 14(1), 1-18.
2. Rosenblueth, M., Ormeño-Orrillo, E., López-López, A., Rogel, M. A., Reyes-Hernández, B. J., Martínez-Romero, J. C., & Martínez-Romero, E. (2018). Nitrogen fixation in cereals. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1794.
3. Marks, B. B., Megías, M., Ollero, F. J., Nogueira, M. A., Araujo, R. S., & Hungria, M. (2015). Maize growth promotion by inoculation with *Azospirillum brasilense* and metabolites of *Rhizobium tropici* enriched on lipo-chitoooligosaccharides (LCOs). *Amb Express*, 5(1), 1-11.
4. Gómez-Godínez, L. J., Fernandez-Valverde, S. L., Romero, J. C. M., & Martínez-Romero, E. (2019). Metatranscriptomics and nitrogen fixation from the rhizoplane of maize plantlets inoculated with a group of PGPRs. *Systematic and applied microbiology*, 42(4), 517-525.
5. Chamorro Poyo, C. (2019). Análisis de datos de RNA-Seq empleando diferentes paquetes desarrollados dentro del proyecto Bioconductor para estudios de expresión génica diferencial. Universidad Oberta de Catalunya.

Categoría: Biotecnología y genómica.

EVALUACIÓN DE SEGMENTOS DE HOJA DE *Laelia autumnalis* PARA USO EN ORGANOGENESIS MEDIADO POR ÁCIDO SALICÍLICO

Manuel Hernández Bello¹, Juan Manuel Olivares Aguilar², Araceli Garcia Vara², Martha Elena Mora Herrera²

¹ Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. Carretera Acuaco - Zacapoaxtla, Km 8, Colonia Totoltepec, Zacapoaxtla, Puebla, C.P. 73680; ² Centro Universitario Tenancingo, Universidad Autónoma del Estado de México. Carr. Tenancingo-Villa Guerrero Km 1.5 Tenancingo, México 52400 México.

marthaelenam@gmail.com

Palabras clave: *in vitro*, orquídeas, auxinas, citosinas

INTRODUCCIÓN

Las orquídeas están entre las seis familias con mayor diversidad en México, se han reportado hasta ahora 1260 especies, de las cuales 40 % son endémicas. Sus poblaciones, están disminuyendo significativamente principalmente por destrucción del hábitat y del saqueo. Aunado a lo complejo de su desarrollo son especialmente vulnerables, por lo que de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, 16 especies están en peligro de extinción, 58 amenazadas y 107 sujetas a protección especial (SEMARNAT, 2010).

Laelia autumnalis si bien esta especie no está clasificada por la SEMARNAT como amenazada, las poblaciones se han visto significativamente disminuida y deterioradas por la extracción de ejemplares, para uso tradicional en festividades en municipios del sur del Estado de México Emeterio (2014). La biotecnología es uno de los muchos recursos que pueden contribuir en forma importante a la rehabilitación de ecosistemas y paisajes degradados (ONU, 1992). Especialmente en la propagación, multiplicación y rescate de materiales. La organogénesis somática permite que a partir de poco material biológico de puedan obtener suficientes ejemplares para repoblar o conservar la biodiversidad, que además puede ser aprovechado desde distintos enfoques como el ornamental, educativo y científico (Emeterio 2014). Al utilizar secciones de hojas, raíces y/o tallos se puede disponer de material vegetal sin depender de la floración de la planta. El uso de reguladores de crecimiento en el medio de cultivo es muy importante ya que, en la división y crecimiento celular, de esta manera induciendo la formación de callo y posteriormente órganos o embriones, útiles para la multiplicación. Un problema que frecuentemente se encuentra en el uso de los explantes es su posible oxidación (Azofeifa, 2009), el que induce ácido salicílico (AS) es una fitohormona implicada en la regulación del desarrollo de las plantas, especialmente en la regulación del sistema antioxidante ante factores de estrés y su participación en la formación de callos de algunas especies (Fajardo *et al.*, 2015).

El ácido salicílico (AS) es una fitohormona con un amplio efecto fisiológico de regulación sobre las plantas como crecimiento y desarrollo, e induce respuestas de tolerancia al estrés biótico y abiótico (Fajardo *et al.*, 2015) al modular el sistema antioxidante enzimático y no enzimático que podría coadyubar a evitar oxidación en explantes para la organogénesis.

Por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del pretratamiento de AS para evitar la oxidación de los explantes de hoja de *L. autumnalis* incubados en BAP y ANA para la inducción de callo.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizaron plantas *in vitro* de *L. autumnalis* L. del Laboratorio de Fisiología y Biotecnología del del Centro Universitario Tenancingo UAEMex, las cuales se subcultivaron a medio MS con 50% de sales (Murashige y Skoog, 1962; Espinoza *et al.*, 1986) con 0 y 10 μM de AS por 3 meses. Después 25 secciones de hoja de entre 5 y 8 mm fueron cultivadas en medio MS con 50% de sales adicionado con ácido naftalenacético (ANA) y bencilaminopurina (BAP) en una combinación de concentraciones de 0, 0.1, 0.5, 1.0 y 1.5 mg-L (Cuadro 1), después de 2 meses se evaluaron los segmentos entre oxidados (totalmente oscuros) y no oxidados (totalmente verdes).

Cuadro 1. Tratamientos empleados en explantes de hojas preincubados en 0 y 10 μM de AS.

| | | ANA mg L ⁻¹ | | | |
|-------------------------|-----|------------------------|-----|-----|-----|
| | | 0.1 | 0.5 | 1.0 | 1.5 |
| 6BAP mg L ⁻¹ | 0.1 | t1 | t2 | t3 | t4 |
| | 0.5 | t5 | t6 | t7 | t8 |
| | 1.0 | t9 | t10 | t11 | t12 |
| | 1.5 | t13 | t14 | t15 | t16 |

Los cultivos *in vitro* se mantuvieron en un cuarto de incubación con un fotoperíodo de 16 horas a una temperatura de $20 \pm 1^\circ\text{C}$ y una radiación de ca $35 \mu\text{mol m}^2 \text{seg}^{-1}$, 400-700 nm.

Se utilizaron 5 explantes y 5 repeticiones por cada tratamiento, el análisis de los datos se realizó con una prueba estadística (t Student, $P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los procesos morfogenéticos es importante el tipo de explante o sección de la planta a utilizar, al igual que la combinación y tipo de fitohormonas. Generalmente se tiene éxito en la mayoría de plantas, sin embargo, algunas como leñosas u orquídeas llegan a presentar dificultad sobre todo por los procesos oxidativos. Ya había reportes de oxidación en el 100% de secciones de hojas de *Bletia purpurea* desde el inicio del tratamiento para inducción de callo (Morales, 2012).

El ácido salicílico es una fitohormona que poco se ha estudiado en los procesos de morfogénesis *in vitro*, Fajardo y colaboradores (2015), encontraron que la adición de AS al medio de cultivo aceleró la formación de callos en clones de cacao además de incrementar metabolitos secundarios y además participa en la inducción del sistema antioxidante ante estrés (Mora-Herrera et al 2005), de acuerdo con esto se postuló la hipótesis que el pretratamiento con AS en *L. autumnalis* podría inducir respuestas hacia la morfogénesis. En los resultados preliminares de este trabajo se encontró que los explantes provenientes de microplantas de *L. autumnalis* preincubadas en AS 10 μM , disminuyeron la oxidación (Fig. 1), en 12 de los tratamientos utilizando una combinación de ANA y BAP, se obtuvo significativamente menor oxidación en los preincubados en AS 10 μM , los efectos del AS como tolerancia a factores de estrés y sistema antioxidante podrían estar participando en estas respuestas (Cuadro 2).

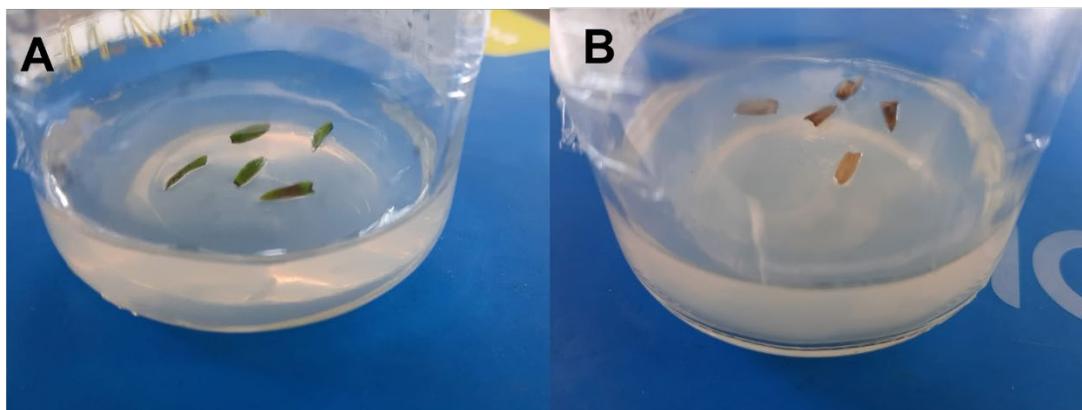


Figura. 1. Secciones de hoja de *Laelia autumnalis* A) sin oxidación, preincubadas en 10 μM de AS y subcultivadas en ANA/BAP B) con oxidación preincubadas en 0 de AS y subcultivadas en ANA/BAP.

Cuadro 2. Porcentaje de explantes de hoja de *Laelia autumnalis* preincubados en ácido salicílico 0 y 10 μM no oxidados los resultados. Los resultados son de 25 explantes por tratamiento. (*) Diferencia estadística (t Student, $P < 0.05$).

| Tratamiento | Porcentaje de explantes no oxidados | |
|--------------------|---|--|
| | Explantes preincubadas en 0 μM de AS | Explantes preincubadas en 10 μM de AS |
| T0 | 50 | 48 |
| T1 | 30 | 42* |
| T2 | 56 | 80* |
| T3 | 30 | 28 |
| T4 | 12 | 28* |
| T5 | 45* | 20 |
| T6 | 16 | 55* |
| T7 | 24 | 35* |
| T8 | 45 | 56* |
| T9 | 25 | 36* |
| T10 | 25 | 32* |
| T11 | 8 | 48* |
| T12 | 24 | 68* |
| T13 | 32 | 52* |
| T14 | 44* | 32 |
| T15 | 65* | 52 |
| T16 | 32 | 56* |

CONCLUSIÓN

Explantes de hoja de *Laelia autumnalis* preincubadas en 10 μM de AS previo al tratamiento fitohormonal para morfogénesis evita la oxidación.

AGRADECIMIENTOS

Al Laboratorio de Fisiología y Biotecnología vegetal del INIFAP, por la asesoría prestada a este trabajo. A la Dra. Aucencia Emeterio Lara por la información e identificación de la problemática generada sobre *Laelia autumnales* en el sur del Estado de México.

REFERENCIAS

- Azofeifa Álvaro. 2009. Problemas de oxidación y oscurecimiento de explantes cultivados. *Agronomía mesoamericana* 20(1): 153-175.
- Emeterio L., A. (2014). Aprovechamiento de las orquídeas silvestres del sur del Estado de México. Tesis de maestría en Ciencias. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM Tenancingo.
- Fajardo Rosabal L, Silva Pupo J. J., Viera Tamayo Y, Cobas Rodríguez Y. 2015. Efecto del ácido salicílico sobre la formación de callos en tres clones de *Theobroma cacao* L. *Biotecnología Vegetal* Vol. 15, No. 4: 217 – 225.
- Morales Mis E. De J. 2012. Propagación in vitro de *Bletia purpurea* Lam Para La Producción De Semillas Sintéticas. Tesis De Maestría. Centro De Investigación Y Asistencia En Tecnología Y Diseño Del Estado De Jalisco, A.C.
- SEMARNAT-2010-NOM-059. (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2018, Protección ambiental Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario oficial.

Sección: Biotecnología y genómica

EXPRESIÓN DIFERENCIAL DE LOS GENES *PL15* Y *GUN* EN FRUTO MADURO DE GUANÁBANA (*Annona muricata* L.).

Luis Felipe Guzmán Rodríguez^{1*}, Moisés A. Cortés Cruz², Marco Aurelio Aragón Magadán¹, Carlos Iván Cruz Cárdenas¹.

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP; ²Dirección de Investigación-CIRPAC-INIFAP.

guzman.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: Pectato liasa, Endoglucanasa, Maduración.

INTRODUCCIÓN

La guanábana (*Annona muricata* L.) es un fruto tropical perteneciente a la familia Annonacea. Es la especie más cultivada dentro del género *Annona* por ser utilizada en la alimentación y la medicina. México es el principal productor de guanábana, seguido de Venezuela, Brasil y Costa Rica (Reyes-Montero *et al.*, 2018). Por otra parte, la pared celular vegetal está compuesta principalmente por pectina y celulosa. La enzima pectato liasa, codificada por el gen (*PL*), participa en la degradación de la pectina (Chen *et al.*, 2019) y la enzima endoglucanasa, codificada por el gen *GUN*, degrada la celulosa, produciendo el ablandamiento del fruto (Jara *et al.*, 2019).

Durante el almacenamiento del fruto, la calidad comienza a disminuir debido al deterioro causado por la actividad enzimática y acumulación de sustancias que degradan la pared celular. Como consecuencia, la comercialización del producto resulta afectada y, por lo tanto, es necesario incorporar en los programas de mejoramiento genético marcadores moleculares para extender el tiempo de vida útil y de anaquel del fruto (Tiencheu *et al.*, 2021). El objetivo fue analizar la expresión diferencial de los genes *PL15* y *GUN* en fruto maduro de guanábana a temperatura ambiente y en refrigeración desde la cosecha hasta 9 días después.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente trabajo se incluyeron seis frutos maduros de guanábana (*Annona muricata* L.). En el experimento se consideraron seis tratamientos: el mantenimiento del fruto a temperatura ambiente (TA) a 0, 3 y 6 días y en refrigeración a 15°C (TR) a 3, 6 y 9 días. La toma de muestra se llevó a cabo por triplicado de la pulpa del fruto para la obtención de los transcritos.

El RNA se obtuvo de 100 mg de la pulpa del fruto de guanábana con el método comercial Spectrum™ Plant Total RNA Kit de la marca Sigma, de acuerdo a las especificaciones del fabricante. Con 5 µg del RNA aislado y purificado se sintetizó la primera cadena de cDNA con el método comercial SuperScript™ III Reverse Transcriptase de la marca Invitrogen, de acuerdo a las especificaciones del fabricante. El cDNA obtenido se cuantificó por espectrofotometría en un equipo Nanodrop 2000 de la marca Thermo y las concentraciones fueron estandarizadas a 20 ng/µL.

En el laboratorio de ADN y genómicas del Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP se llevó a cabo el análisis de expresión génica, durante el periodo de marzo a junio de 2021. La expresión se determinó en los genes *PL15* y *GUN* mediante el método de cuantificación relativa $\Delta\Delta C_t$ por qPCR, en un equipo termociclador StepOnePlus™ de la marca Applied Biosystems. El gen ubiquitina (*UBC*) fue utilizado como el gen constitutivo de referencia y el tratamiento a temperatura ambiente en el día 0 (TA0) como la muestra control. La amplificación se llevó a cabo en 20 µL de volumen de reacción con 1X de TaqMan Fast Advanced Master Mix, 0.4 µM de los iniciadores sentidos y antisentido, 0.18 µM de sonda marcada con fluorescencia y 40 ng de cDNA. Los iniciadores y sondas se diseñaron y fueron sintetizados por T4Oligo. Las condiciones de amplificación fueron: un ciclo de desnaturalización inicial a 95°C por 5 min, seguido de 45 ciclos de desnaturalización a 95°C por 60 s y alineamiento y extensión a 55°C por 60 s. Los resultados se analizaron con los valores C_t y el gráfico de amplificación, obtenidos con el programa StepOne v2.3.

El análisis de varianza se aplicó a los resultados de la expresión de ambos genes y la comparación de medias por mínimos cuadrados con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$) para determinar las diferencias entre los factores y los tratamientos, con el programa estadístico Statgraphics Centurion versión XVII.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se presenta la expresión relativa de los genes *PL15* y *GUN* en fruto de guanábana por el método $\Delta\Delta C_T$. La expresión de *PL15* en todos los tratamientos es mayor al control TA0 (figura 1a). A temperatura ambiente, la expresión aumenta al tercer día y se reduce al sexto, mientras en refrigeración la expresión se incrementa con el paso de los días (figura 1a). Por otra parte, la expresión de *GUN* en todos los tratamientos es mayor al control TA0 (figura 1b). A temperatura ambiente y en refrigeración, la expresión aumenta al tercer día y se reduce al paso de los días (figura 1b). Este comportamiento de expresión con incremento al 3 día y disminución al día 6 es reportado en el gen *aldehído deshidrogenasa (ALDH)* en guanábana en refrigeración y a temperatura ambiente y en el gen *expansina (EXP)* en refrigeración por Berumen-Varela *et al.* (2020).

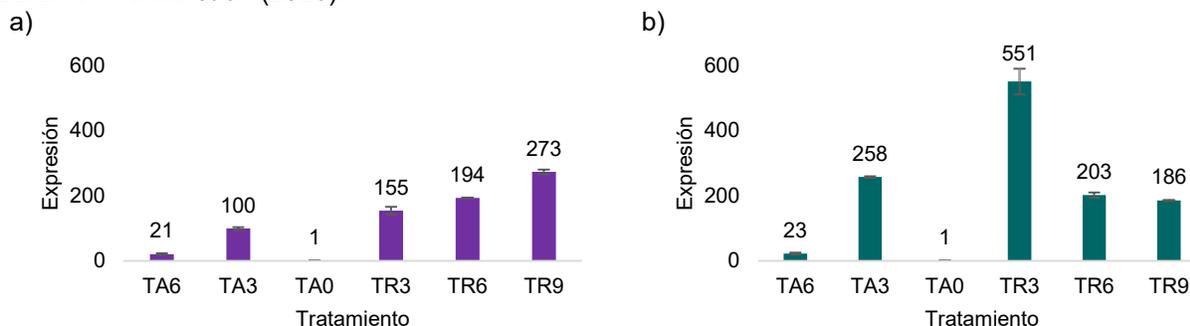


Figura 1. Expresión relativa de los genes *PL15* y *GUN* en fruto de guanábana en seis tratamientos. TA0, TA3 y TA6: temperatura ambiente a 0, 3 y 6 días, respectivamente; TR3, TR6 y TR9: temperatura de refrigeración a 15°C a 3, 6 y 9 días, respectivamente.

El análisis de varianza de la expresión de los genes *PL15* y *GUN* con los factores temperatura de almacenamiento y días transcurridos se presenta en el cuadro 1 y la comparación de medias en el factor días se presenta en el cuadro 2. En el gen *PL15*, diferencias estadísticas fueron observadas en temperatura ($p < 0.0001$) y días ($p = 0.0007$) (cuadro 1). La media del día 3 no presentó diferencias con

las medias de los días 0 y 6, mientras, el resto de las medias fueron diferentes ($p < 0.05$) (cuadro 2).

Cuadro 1. Anova de la expresión de los genes *PL15* y *GUN* en el fruto de guanábana con los factores temperatura y días.

| Fuente de variación | gl | <i>PL15</i> | | | | <i>GUN</i> | | | |
|---------------------|----|-------------|--------|-------|-----------|------------|---------|--------|-----------|
| | | SC | CM | F | Valor-P | SC | CM | F | Valor-P |
| Temperatura | 1 | 38,828 | 38,829 | 46.72 | <0.0001 * | 167,534 | 167,534 | 169.59 | <0.0001 * |
| Días | 3 | 27,889 | 9,296 | 11.19 | 0.0007 * | 366,476 | 122,159 | 123.66 | <0.0001 * |
| Error | 13 | 10,804 | 831 | | | 12,842 | 988 | | |
| Total | 17 | 16,363 | | | | 595,566 | | | |

gl: grados de libertad. SC: suma de cuadrados. CM: cuadrado medio

Cuadro 2. Comparación de medias de la expresión de *PL15* y *GUN* en el factor días (Tukey, $p \leq 0.05$).

| Día | <i>PL15</i> | | | <i>GUN</i> | | |
|-----|-------------|----------|--------|------------|----------|--------|
| | Media LS | Sigma LS | Grupos | Media LS | Sigma LS | Grupos |
| 0 | 57.9 | 18.6083 | a | 119.2 | 20.2883 | a |
| 3 | 107.4 | 11.7689 | ab | 404.2 | 12.8315 | b |
| 6 | 127.1 | 11.7689 | b | 112.7 | 12.8315 | a |
| 9 | 216.5 | 18.6083 | c | 67.9 | 20.2883 | a |

*Grupos con letras compartidas no presentaron diferencias significativas.

En el gen *GUN*, se observaron diferencias estadísticas en temperatura y días ($p < 0.0001$) (cuadro 1), mientras, la media del día 3 fue diferente a las medias del resto de los días ($p < 0.05$) (cuadro 2).

El ANOVA de los tratamientos se presenta en el cuadro 3 y la comparación de medias en el cuadro 4. En los genes *PL15* y *GUN* se observan diferencias significativas ($p < 0.0001$). En *PL15*, las medias de todos los tratamientos fueron diferentes ($p < 0.05$) y en *GUN*, la media de TA6 fue igual al control TA0, las medias de TR6 y TR9 fueron similares y el resto de los tratamientos presentaron diferencias ($p < 0.05$) (cuadro 4).

Cuadro 3. Anova de la expresión de los genes *PL15* y *GUN* en el fruto de guanábana por tratamiento.

| Fuente de variación | gl | <i>PL15</i> | | | | <i>GUN</i> | | | |
|---------------------|----|-------------|--------|--------|-----------|------------|---------|--------|-----------|
| | | SC | CM | F | Valor-P | SC | CM | F | Valor-P |
| Entre grupos | 5 | 163,195 | 32,639 | 908.26 | <0.0001 * | 592,275 | 118,455 | 431.91 | <0.0001 * |
| Dentro grupos | 12 | 431 | 36 | | | 3,291 | 274 | | |
| Total | 17 | 163,626 | | | | 595,566 | | | |

Cuadro 4. Comparación de medias de la expresión de *PL15* y *GUN* por tratamiento (Tukey, $p \leq 0.05$).

| Tratamiento | <i>PL15</i> | | | <i>GUN</i> | | |
|-------------|-------------|--------|--|------------|--------|--|
| | Media | Grupos | | Media | Grupos | |
| TA0 | 1.0 | a | | 1.0 | a | |
| TA3 | 99.6 | b | | 257.9 | b | |
| TA6 | 21.1 | c | | 22.7 | a | |
| TR3 | 154.5 | d | | 550.6 | c | |
| TR6 | 193.7 | e | | 202.6 | d | |
| TR9 | 273.3 | f | | 186.0 | d | |

*Grupos con letras compartidas no presentaron diferencias significativas.

CONCLUSIONES

La expresión de los genes *PL55* y *GUN* en fruto maduro de guanábana es mayor en refrigeración y a temperatura ambiente a lo largo de los días respecto al primer día de cosecha. Estos resultados ayudan a mejorar la comprensión del proceso de maduración del fruto de guanábana.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados preliminares presentados son parte del proyecto Conacyt de ciencia básica "Caracterización morfológica, bioquímica y genética de guanábana (*Annona muricata* L.).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Berumen-Varela G, Martínez-González E *et al.* Expression profile of *EXP*, *Succ-CoA* and *ALDH* genes in soursop (*Annona muricata* L.) fruits during ripening in response to refrigeration conditions. *Indian J of Biotechnol.* 2020; 19:254–262.
2. Chen J, Duan Y, Hu Y, Li W, Sun D, Hu H, et al. Transcriptome analysis of atemoya pericarp elucidates the role of polysaccharide metabolism in fruit ripening and cracking after harvest. *BMC Plant Biol.* 2019; 19(219):1–19.
3. Jara K, Castro RI, Ramos P, Parra-Palma C, *et al.* Molecular insights into FaEG1, a strawberry endoglucanase enzyme expressed during strawberry fruit ripening. *Plants.* 2019; 8(140):1–13.
4. Reyes-Montero JA, Aceves-Navarro E, Caamal-Velázquez JH, and Alamilla-Magaña JC. Soursop (*Annona muricata* L.) production in high density planting as alternative for producers with reduced surfaces. *Agro Productividad.* 2018; 11(9):37–42.
5. Tiencheu B, Egbe AC *et al.* Nutritional, organoleptic and phytochemical properties of soursop (*Annona muricata*) pulp and juice after postharvest ripening. *Eur J Nutr Food Saf.* 2021; 13(1):15–28.

Sección: Biotecnología y genómica

TÉCNICA SQUASH UTILIZADA EN MERISTEMOS APICALES EN CEBOLLA (*Allium cepa*) Y CHILE (*Capsicum annuum*)

Brenda Zulema Guerrero Aguilar^{1*}, Mario M. González Chavira¹, José Luis Pons Hernández¹, María Alejandra Mora Avilés¹ y Salvador Villalobos Reyes¹.

¹Centro de Investigación Regional del Centro CIRCE-INIFAP

guerrero.brenda@inifap.gob.mx

Palabras clave: Raíz, mitosis, citogenética

INTRODUCCION

hoy en día existen varias técnicas citogénicas empleadas para el conteo de cromosomas en los tejidos de las plantas, pero no en todos son las apropiadas principalmente para las plantas que tienen cromosomas pequeños. Una de las técnicas que toda vía es muy utilizada por ser fácil, rápido y económica es la técnica conocida como aplastado o "squash" que consiste en un número de pasos a seguir desde la obtención de raíces, donde se lleva el proceso de formación de nuevas células que ocurre en regiones de crecimiento conocidos como meristemas y la morfología de los cromosomas es observada fácilmente bajo el microscopio sin tener en cuenta el material vegetal, aunque los ápices radiculares se convertían en la fuente más usada para la colecta de células mitóticas (Valladolid et al 2004). Esta técnica a pesar de ser fácil y rápido en la preparación de muestras se requiere destreza y experiencia constantemente para obtener muestras de cromosomas dispersos sobre un portaobjetos (Fukui, Nakuyama, 1996). De acuerdo a lo mencionado se planteó el siguiente objetivo; utilizar la técnica de squash en cebolla y chile para la observación de cromosomas.

MATERIALES Y METODOS

Material vegetal. Se utilizaron líneas experimentales de cebolla (*Allium cepa* L.) y chile (*Capsicum annuum*), todos ellos de material del programa de mejoramiento genético del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Las plantas se cultivaron en condiciones de campo e invernadero, hasta su floración para la inducción de la ginogénesis *in vitro* y cultivo de anteras.

Cuando las plántulas *in vitro* alcanzaron un desarrollo de aproximadamente tres a cuatro raíces primarias, algunas raíces secundarias, y de cinco a seis hojas, se tomaron fragmentos de los meristemas apicales de raíz y se utilizó la técnica Squash.

Recolección de raíces en plantas de cebolla *in vitro*. Para el corte de las raíces de las plántulas de cebolla y chile *in vitro* fue a las 10:00 am, con la ayuda de un bisturí y pinza se cortaron de 2 a 3 raíces en crecimiento activo, de 1 a 2 cm de longitud, las raíces colectadas se colocaron en una solución de ácido acético a 45% durante tres horas con agitación suave (100rpm), posteriormente se transfirieron las raíces en una solución de etanol al 70% con agitación suave por dos horas, posteriormente se refrigeró a 4°C, este proceso, las raíces pueden permanecer por un periodo de hasta cuatro años.

Prefijación. De las raíces almacenadas en alcohol, se tomaron dos raíces y se transfirieron en un microtubo de 1.5 ml con 600µl del inhibidor 8-hidroxiquinolina al 0.002M por cuatro horas en oscuridad a temperatura ambiente.

Fijación. Pasado el tiempo de prefijación, se retira la solución (inhibidor) con ayuda de una micropipeta, para no dañar las raíces, se adicionó 600 µl de la solución de Farmer (Etanol absoluto y ácido acético glacial en proporción 3:1) por 24 horas a 4°C, se puede extender el tiempo hasta 48 hr. Este proceso va a facilitar la dispersión de los cromosomas en el citoplasma, si el tiempo es excedido y no se conserva a bajas temperaturas se corre el riesgo de que el material se deteriore. En esta etapa se interrumpen rápidamente los procesos viales de las muestras conservando invariable la estructura fina de las células, además se incrementa la naturaleza basófila de la cromatina haciéndola susceptible de ser coloreada.

Hidrolisis. Se retira la solución de Farmer con micropipeta y se realiza el hidrolisis ácido con HCL al 1N por 15 minutos a 60°C reforzando con un hidrolisis enzimático cutinasa al 0.2% por 15 minutos en cebolla

y 30 min en chile a una temperatura de 37°C. El objetivo de este proceso es suavizar los ápices radiculares y de ese modo favorecer el squash.

Tinción con acetocarmin. El sobrenadante se retira nuevamente con la micropipeta y se realizaron dos lavados a las raíces con 600 µl de la solución de EDTA 1mM, se retiró la solución y se adicionó 500µl de colorante acetocarmin al 1% por un tiempo de 30 minutos.

Aplastamiento Squash. Después del proceso de coloración, se sacaron las raíces con ayuda de una pinzas y se colocaron en un portaobjetos, se le adicionó un poco del colorante y una gota de ácido acético glacial al 45% para no deshidratar la raíz, se cortó la punta oscura en donde se encuentra el meristemo apical y se hicieron pequeños cortes, con la navaja, se colocó el cubreobjetos, se hizo una pequeña presión o ya sea dando pequeños golpes o con el microtubo de 1.5 ml, se selló la parte la placas con esmalte transparenté, para conservación de la muestras.

Observación al microscopio. La muestra preparada se observó bajo el microscopio óptico, con el objetivo de aumento de 10X, 40X y una vez localizadas las células se observó con el objetivo 100x.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al momento de observar los cromosomas bajo el microscopio óptico, fue importante que las células que estaban dispersas en el cubreobjetos estén formando una sola capa de células, evitando así la superposición, para llevar a cabo esto fue necesario integrar puntos importantes, que se describen a continuación:

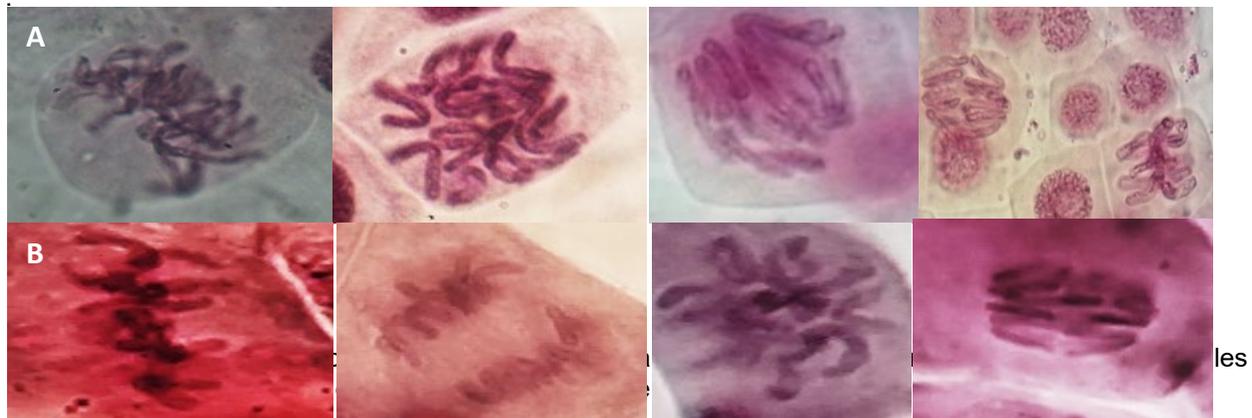
Recolección de raíces. Un punto importante para obtener la mayor cantidad de células mitóticas, es la hora de corte de las raíces, en donde varios autores han demostrado que existe una hora específica entre 8:00 y 11:00 am de la mañana. Después de esta hora, la cantidad de células en la mitosis es menor y en las horas de la tarde es casi nulo, predominando las células interfacitas. Esto puede ser explicado por el umbral de absorción de nutrientes y agua para suplir las necesidades en las diversas rutas metabólicas, por lo cual se incrementa la división celular en los ápices radiculares, en ese rango de este horario (Delgado et al., 2010).

Prefijación. El pretratamiento mediante el uso de ciertos productos químicos, es importante cual se va a utilizar ya que existen otros como la colchicina y el 8-hidroxiquinolina, este último fue el que se utilizó por ser el más utilizado y fácil de conseguir, además permite una buena visualización de los cromosomas así facilitando su conteo. Este inhibidor de la mitosis actúa sobre el proceso de formación del huso acromático, impidiendo el paso hacia el anafase y causando el acortamiento y dispersión de los cromosomas.

Fijación. Para obtener una buena fijación del núcleo y de los cromosomas, así como para mantener la integridad del citoplasma y de las células en general, se empleó fijadores deshidratantes. En este caso se usó la mezcla de alcohol etílico con ácido acético. Es muy importante que el fijador sea preparado cada vez que se usa, ya que reacciona rápidamente a la temperatura ambiente, formando un éster y por lo tanto no tiene el mismo efecto fijador.

Aplastamiento. Para obtener una buena una visualización de las etapas mitóticas, se debe tener cuidado en la aplicación de fuerza en el aplastamiento, ya que, si aplica mucha fuerza, se rompen las células y es difícil de visualizar el cromosoma, lo que se hizo fue colocar el cubre el fragmento realizado en la punta de los meristemas y con la ayuda de un lápiz (parte del borrador) dar 3 pequeños golpes.

En la Figura 1 se observan los cromosomas bajo el microscopio en el inciso A se encuentran los cromosomas de cebolla, lo cual se ve claramente los cromosomas, en el inciso B, se observan los cromosomas de chile lo cuales son más pequeños, pero se observan claramente, lo cual significa que el procedimiento fue el adecuado, por lo que se puede utilizar en cromosomas de células grandes como es la cebolla como en chile que son cromosomas pequeños.



CONCLUSIÓN

De acuerdo con varios autores en la utilización de la técnica Squash y algunas modificaciones realizadas a esta técnica se empleó en dos tipos de cultivo en cebolla y chile lo cual fue adecuado para la visualización de los cromosomas, que puede usarse para el conteo de cromosomas.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto Fiscal “**Adecuación de tecnología de producción de plantas dobles haploides para el mejoramiento genético**” con número SIGI:13232234789

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Delgado Marcela, Lina, & Uribe Lastra, Marcela, & Marulanda Ángel, Marta Leonor (2010). Estandarización de la técnica citogenética "squash" para conteo de cromosomas mitóticos en *Rubus glaucus* Benth. *Scientia Et Technica*, XVII (46),74-79. ISSN: 0122-1701. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84920977013>.

Fukui K. Nakuyama S. (eds.). 1996. *Plant Chromosomes Laboratory Methods*. CRC Press Inc

Valladolid A, Blas R, Gonzáles R. (2004). Introducción al recuento de cromosomas somáticos en raíces andinas. En: Seminario J. (ed.) *Raíces Andinas. Contribuciones al conocimiento y la Capacitación. Serie: Conservación y Uso de la Biodiversidad de raíces y tubérculos andinos: Una década de investigaciones para el desarrollo (1993- 2003)*. N°6. C.I.P. agencia suiza para el desarrollo y la Cooperación. Lima, Perú. pp. 96-99.

Sesión: biotecnología y genómica

EFFECTO DE MICRORNAS EN LA PRODUCCIÓN DE METABOLITOS SECUNDARIOS DE CULTIVO DE RAÍCES IN VITRO DE CEMPAXÚCHITL (*Tagetes erecta*)

Olvera-Martínez Fernando, Bañuelos-Hernández Bernardo, Albarrán-Tamayo Froylán, López-de Alba Pedro Luis, Cruz-Hernández Andrés¹

¹Laboratorio de Biología Molecular, Escuela de Agronomía. Universidad De La Salle Bajío campus Campestre. Av. Universidad 602, Col. Lomas del Campestre. León, Gto.

andrex1998@hotmail.com/acruz@delasalle.edu.mx

Palabras clave: Flavonoides, Ingeniería Metabólica, Taxanos,

INTRODUCCIÓN

México considerado un país megadiverso contiene una gran cantidad de especies vegetales, que han sido asociadas con la cultura de nuestros pueblos, sin embargo existe un desconocimiento de los componentes que dan razón a sus usos con diferentes funciones (alimentarias, medicinales, agrícolas, entre otras). Es necesario identificar los productos; como metabolitos secundarios y sus posibles mecanismo de control de síntesis. La FAO en 2006, sugirió como estrategia que para el estudio competitivo de los materiales vegetales endémicos sería recomendable aplicar tecnologías de vanguardia para su identificación, conservación y manejo racional. La genómica y el cultivo de plantas *in vitro* podrían ser herramientas que cumplan esta función.

El desconocimiento de los componentes (metabolitos, regulación) ha traído consigo una subexplotación y desvaloración de estas plantas, que consecuentemente las ha llevado al borde de la extinción, o como en el caso del cempaxúchitl (*Tagetes erecta*) de ser relegadas al uso de ornato solamente. Un desarrollo biotecnológico permitirá encontrar productos (metabolitos, secuencias genéticas) que las hagan de interés y pueda generar otra expectativa para su uso manejo y conservación. En cempaxuchitl no se han desarrollado estrategias que permitan la identificación de los metabolitos, las rutas de síntesis de los mismos y mucho menos se han aislado secuencias genéticas que se relacionen con la producción de los metabolitos, o su regulación.

En este trabajo nos enfocaremos al estudio de moléculas reguladoras (microRNAs y sus blancos) para identificar los mecanismos de producción en sistemas de cultivo *in vitro* con el fin de asentar un modelo de estudio que pueda ser controlado experimentalmente y posteriormente explotado comercialmente. Los micro RNAs (miRNAs) son una clase de RNAs pequeños no codificantes que regulan la expresión génica en eucariotas. Están involucrados en diferentes procesos de desarrollo de las plantas y muy recientemente se han reportado como parte de los mecanismos de respuesta a enfermedades y otros tipos de estrés (**Vargas-Hernández et al., 2019**). Los miRNAs juegan un papel esencial en la regulación postranscripcional de genes y tienen como blancos un gran número de factores de transcripción y otras proteínas regulatorias sugiriendo un papel en el control del desarrollo vegetal (**Cedillo-Jiménez et al., 2016**). Recientemente se ha enfocado el estudio de los miRNAs con el metabolismo secundario y ha sido posible asignar la función de estas moléculas con las rutas de síntesis de metabolitos secundarios (**Vargas-Hernández et al., 2019**). los miRNAs que encontramos inducidos en raíces y flores de las plantas de estudio son un ejemplo. Establecer la correlación entre los miRNAs expresados y los RNAm blancos sobre los que actúan, dará una pista del papel de la síntesis de metabolitos secundarios regulado por miRNAs.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Germinación *in vitro* de cempaxúchitl

Se desinfectaron las semillas de acuerdo a los protocolos establecidos anteriormente en el grupo de trabajo, las semillas se desinfectaron con etanol absoluto, hipoclorito de sodio 20% y se mantuvieron durante 12 horas en compuesto antifúngico (PPM), cuando fueron expuestas a medio MS para su germinación a plántulas a 25°C con un fotoperiodo de 16/8 horas de luz/oscuridad.

2. Inducción de raíces *in vitro*

Se establecieron los cultivos de raíces y de callos de cempaxúchitl a partir de plántulas germinadas *in vitro* e inducción de raíces por cultivo de callos en medio MS (Murashige y Skoog, 1962) suplementado con auxinas (raíces) o con citocininas (callos).

3. Extracción de RNA total

Se colectó el tejido de raíces, hojas y callos, se congelaron en nitrógeno líquido y se molieron hasta pulverizar. Se extrajeron con Trizol (*in vitro*), de acuerdo a las instrucciones del fabricante, se extrajo el RNA a partir de 100 mg de tejido. El material extraído se precipitó con Cloruro de litio y se resuspendió en 50 μ l de agua estéril libre de RNAsas. Se calculó la concentración y se analizó la integridad en gel de agarosa al 1%.

4. Análisis de expresión de los microRNAs a través de RT-PCR loop

Las moléculas seleccionadas se analizaron para evaluar su expresión en los diferentes tejidos seleccionados a través de la tecnología de RT-PCR stem Loop específica para microRNAs de acuerdo a lo reportado por Li y col. (2009) y se analizaron en geles de agarosa al 4%.

4. Análisis de expresión de los genes blanco controlados por los microRNAs

Se validaron los genes blanco de los miRNAs. Se diseñaron oligonucleótidos para analizar la expresión de los genes blanco que permita indicarnos el papel regulador de los microRNAs, los genes blanco seleccionados fueron Dihidroflavonol 4-reductasa, Taxano 13 α -hidroxilasa, Taxano 2 α -O benzoiltransferasa (BAPT), Citocromo P450 oxidoreductasa, Protochlorofilide oxidoreductasa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

I. Desarrollo de un sistema de producción de raíces en cempaxúchitl

El cempaxúchitl, originario de México perdió su carácter de planta de interés comercial, después de liderar la producción en el mundo durante mucho tiempo. Hoy en día China (70%), India (20%) y Perú (5%) acaparan la producción mundial (FAO, 2020) con diferentes usos industriales. Es necesario entonces desarrollar herramientas biotecnológicas para la producción de metabolitos novedosos que puedan generar un nuevo mercado, que además no exponga la existencia de la especie y que al contrario pueda ayudar a su conservación. Buscamos desarrollar un sistema de cultivo *in vitro* (callos o raíces) para cempaxúchitl, como una base para la inducción con diferentes moléculas (orgánicas e inorgánicas) para la producción de metabolitos de interés.

Se diseñó una cinética de inducción de raíces en cempaxúchitl, con diferentes concentraciones de IBA (0, 100, 250, 500 y 1000 μ g/ml) y se calculó la Eficiencia de Formación de Raíces, en este sistema se observó la inducción la mayor eficiencia de Formación con un valor de 10.58 en 1 mg/litro y después un descenso a los 2 mg de IBA. Se indujo la formación de callos a partir de explantes de hojas de las plántulas germinadas *in vitro*, el tejido foliar se transfirió a medio suplementado con 2,4D (1 mg/l) y BAP (0.5 mg/l) y se incubó durante 21 días, cuando fue posible observar la presencia del tejido desdiferenciado. Se colectaron los tejidos obtenidos (raíces, callos), y se incluyeron tallos y hojas de las plántulas germinadas, se congelaron y se pulverizaron para extraer el RNA total de los tejidos; a partir del RNA se hizo el análisis de RT-PCR loop para la detección de los miRNAs en los diferentes tejidos inducidos *in vitro*.

II. Análisis de expresión de microRNAs en sistemas de cultivo *in vitro*

El método de Li (et al, 2009), consiste en la amplificación de un pre-miRNA específico, con el uso de primers que sintetizan la estructura secundaria y genera un producto de entre 70 y 200 bases. Se amplificaron 10 miRNAs para determinar su comportamiento en los cultivos *in vitro* de callos y raíces de cempaxúchitl y se observaron diferentes patrones de expresión. En la **Tabla 1**, se observan los resultados de la amplificación; así observamos que hubo tres miRNAs con expresión específica en raíz (miR164, miR168, miR171); cuatro con expresión específica en callo (miR159, miR165, miR167, miR169) y tres con expresión en ambos tejidos (miR156, miR157, miR172).

Tabla 1. Expresión de miRNAs en cultivo *in vitro* de cempaxúchitl (*Tagetes erecta*)

| Patrón de expresión | microRNAs |
|---------------------|---------------------|
| Inducible Callo | miR159, 165,167,169 |
| Inducible Raíz | miR164, 168, 171 |
| Constitutivo | miR156, 157, 172 |

III. Análisis de expresión de los blancos seleccionados

Se seleccionaron tres miRNAs (miR156, miR164 y miR171) para evaluar la síntesis de los miRNAs con la expresión de sus RNAm blanco. Se seleccionaron como blancos las enzimas asociadas con la síntesis de metabolitos secundarios, estos incluyen síntesis de flavonoides (Dihydroflavonol 4-reductasa), síntesis de taxanos (Taxano 13 α -hidroxilasa, Taxano 2 α -O benzoiltransferasa); y síntesis de isoprenoides (Protochlorofylide oxidoreductasa, y p450 oxidoreductasa). La presencia del miRNA debe inhibir la presencia del RNAm blanco. Con esto en mente se amplificaron las secuencias de las diferentes enzimas, algunas de ellas no sabíamos si deberían estar por que no existía reporte de la producción del metabolito en las plantas de estudio. En el caso de cempaxúchitl observamos la presencia de bandas diferenciales expresándose en tejido de hoja para las enzimas Taxano 13 α -hidroxilasa, Taxano 2 α -O benzoiltransferasa BAPT, Citochrome P450 oxidoreductasa, lo que es muy aceptable. Aquí podemos observar dos aspectos: por un lado la correlación negativa entre los RNAm y los microRNAs, por otro lado la presencia de genes clave asociados con el metabolismo de isoprenoides y Taxanos (diterpenos). Para correlacionar los resultados, se detectó la presencia de taxanos en hoja a través de TLC.

Tabla 2. Análisis de expresión de RNAm blancos en cempaxuchitl

| miRNA | Enzima | Expresión de RNAm |
|--------|---|-------------------|
| miR156 | Dihydroflavonol 4-reductasa | Constitutivo |
| miR164 | Taxano 13 α -hidroxilasa | Hoja |
| | Taxano 2 α -O benzoiltransferasa | Hoja |
| miR171 | Citochrome P450 oxidoreductasa | Hoja |
| | Protochlorofilide oxidoreductasa | Sin expresión |

CONCLUSIONES

1. Se establecieron sistemas de producción de raíces y de callos *in vitro* para cempaxúchitl, se optimizaron las condiciones para el desarrollo diferencial con diferente balance hormonal a partir de auxinas y citocininas.
2. Se analizó la expresión de miRNAs y sus blancos en los sistemas de cultivo *in vitro*: callos, raíces y hojas *in vitro* para cempaxúchitl. Se observó una expresión diferencial en
3. Se evaluó la síntesis de metabolitos secundarios (taxanos) de los sistemas de cultivo *in vitro* de cempaxúchitl.

REFERENCIAS

1. **Cedillo-Jiménez** C.A., Marcelo Hernández–Salazar, Tania Escobar-Feregrino, Juan Caballero-Pérez, Mario Arteaga-Vázquez, Alfredo Cruz-Ramírez, Irineo Torres-Pacheco, Ramón Guevara-González, Cruz-Hernández Andrés. 2016. MicroRNAs Sequencing for Understanding the Genetic Regulation of Plant Genomes. In: Plant Genomes. Intech Publishing. ISBN 978-953-51-4622-3.
2. **Li**, H., Zhang, Z., Huang, F., Chang, L., and Ma, Y. (2009). MicroRNA expression profiles in conventional and micropropagated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) plants. *Plant Cell Rep.* 28 (6), 891–902 <http://dx.doi.org/10.1007/s00299-009-0693-3>.
3. **Murashige** T. & **Skoog** F. 1962 A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* 15: 472–497
4. **Vargas-Hernández** M., Vázquez-Marrufo G., Aguilar-Ruiz C., González-Márquez M. A., Rocha Oscar, Cerna-Pantoja D. and Cruz-Hernández A. 2019. MicroRNAs Associated with Secondary Metabolites Production. In *Plant Physiological Aspects of Phenolic Compounds*. Intechopen. Editorial. ISBN 978-1-78984-034-6

Sección: Biotecnología y Genómica /Agrícola

VARIACIONE GENOTÍPICA A LA ORGANOGÉNESIS EN PLANTAS DE PLÁTANO MACHO (*Musa AAB subgrupo Plantain*) SELECCIONADAS POR RENDIMIENTO

Karem Oriana Rodríguez Lopez¹, Alfonso Azpeitia Morales^{2*}, Eder Ramos Martínez²

¹Instituto Tecnológico Superior de los Ríos. ²Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Agrícolas y Pecuarias,

azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx

Palabras clave: Mejoramiento genético, organogénesis, plátano.

INTRODUCCIÓN

Las estimaciones disponibles indican que la producción mundial media de bananos pasó de 69 millones de toneladas en 2000- 2002 a 116 millones de toneladas en 2017-2019, por un valor aproximado de 31 000 millones de dólares EE. UU. Los platanales mexicanos generan rendimientos notables al superar la media mundial, en una superficie que representa 1.4% del total mundial con el cultivo. La producción de plátano en México, en el año 2020 fue de 2,464,133.76 toneladas aproximadamente, de un total de 79,746 ha cosechadas de 10 variedades de plátano, de acuerdo con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2020).

El plátano macho es un fruto muy utilizado por su consumo frito, hervido, asado y como ingrediente de muchas comidas. Sin embargo, este cultivo presenta muchos problemas de rendimiento ocasionado por una alta heterogeneidad genética produciendo racimos que oscilan entre los 4 kg a los 16 kg. Recientemente, el INIFAP ha iniciado un programa de mejoramiento genético a través de selección masal en plantaciones comerciales, donde ha la fecha ha seleccionado seis genotipos con base a su peso de racimo que oscila entre los 14 a 16 kg. Con base a lo anterior, la presente investigación tuvo como objetivo estudiar la respuesta a embriogénesis somática y organogénica en selecciones de plátano macho para su clonación *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

embriogénesis somática a partir de frutos (dedos) inmaduros. Se colectó una inflorescencia (bellota), la cual fue colectada en una plantación comercial en la Ranchería Cucuyulapa, segunda sección del municipio de Cunduacán, Tabasco. Esta fue esterilizada por medio de lavado con jabón y agua, seguido de tratamiento de hipoclorito de sodio al 100% de su concentración (v/v) por tres minutos; posteriormente, se sometió a inmersión en solución de alcohol al 70% por otros tres minutos; por último, fue enjuagada tres veces con agua estéril. Para su cultivo, se retiraron las brácteas en campana de flujo laminar y fueron tomados dos dedos inmaduros, que fueron cortados en rodajas de aproximadamente 3 mm para ser implantados en frascos contenidos con 25 ml de medio Murashige y Skoog (MS, 1962) suplementado con 30 g.L⁻¹ de sacarosa grado reactivo, adicionado con distintas dosis de ácido diclorofenoxiacético (2,4-D). Fueron establecidos cuatro tratamientos: 1) Testigo 0 mg. L⁻¹, 2) 2 mg. L⁻¹, 3) 4 mg. L⁻¹ y 4) 8 mg. L⁻¹ respectivamente, el pH fue ajustado a 5.6 ± 1 con NaOH y HCl. El diseño experimental se estableció completamente al azar con cuatro tratamientos. Cada tratamiento se estableció con 10 repeticiones donde cada repetición se conformó por una rodaja de dedo inmaduro. Al cabo de 20 días todos los explantes fueron cambiados a un medio MS libre de fitohormonas.

organogénesis a partir de ápices de plátano. Los ápices fueron reducidos a un tamaño de 8 cm y sometido al mismo proceso de desinfección aplicado para dedos inmaduros. Después, en campana de flujo laminar se retiraron con bisturí fueron disectados hasta generar un explante entre 0.5 y 1 cm y fueron sembrados en frascos con 25 ml de medio MS suplementado con 30 g.L⁻¹ de sacarosa grado reactivo, adicionado con BAP e IBA a concentraciones establecidas en 2 mg. L⁻¹ y 0.01 mg. L⁻¹ respectivamente, pH se ajustó a 5.6 ± 1 con NaOH y HCl. Después de 15 días los explantes se disectaron por la mitad y se subcultivaron en nuevo medio con las mismas características que el primero. Posteriormente, pasados 35 días los explantes se disectaron según la formación de los brotes en formación y fueron cambiados a frascos con medio con características establecidas al principio de modo individual.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

embriogénesis somática a partir de frutos (dedos) inmaduros. En el cultivo de dedos inmaduros, no se encontró respuesta favorable en la inducción de embriogénesis somática, después de 60 días de cultivo, no respondieron al estímulo de la fitohormona 2,4-D y por lo tanto no mostraron cambios en sus estructuras morfológicas.

organogénesis a partir de ápices de plátano. En contraparte, el segundo experimento contó con una respuesta favorable a la organogénesis (Figura 1). Los resultados mostraron diferencias genotípicas en la respuesta a la formación de brotes, siendo superior la línea tres la cual presentó una tasa de formación de brotes de seis, mientras que la línea 1 presentó una baja tasa de formación de un brote (Figura 2).



Figura 3. Planta madre seleccionada (a) y racimo (b), hijuelo de plátano (c), ápice de plátano en esterilización (d), frasco en proceso de organogénesis (e) v explante con brote en crecimiento (f).

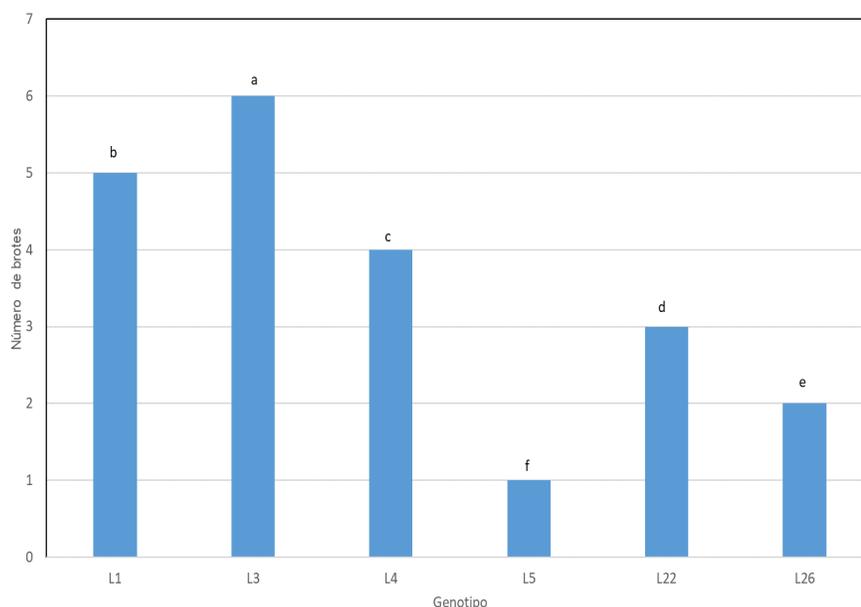


Figura 2. Número de brotes obtenidos después de 60 días de cultivo en medio Murashige y Skoog, en seis selecciones de plátano macho. Los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, (Tukey 0.05).

De acuerdo con varios estudios, el plátano Dominico Hartón presentó una tasa de multiplicación de 3.5 brotes (Velasco, 2019). Los resultados de este estudio han mostrado diferencias genotípicas, encontrando desde un brote hasta seis brotes. Esta respuesta es debida a la variabilidad que existe entre una misma especie y a las concentraciones fitohormonales que ejercen de distinta forma para cada explante en cultivo.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados encontrados, los dedos inmaduros poseen poca o nula capacidad para ser inducidos a embriogénesis somática al menos en la variedad de plátano macho. Por su parte, la inducción a organogénesis es posible en los ápices del plátano de esta especie, de tal forma que resulta viable la selección de plantas y su clonación por medio de la organogénesis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue culture. *Physiologia Plantarum*, 15, 437–497

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2020). Panorama Agroalimentario 2020 [Archivo PDF]. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2020/11/Atlas-Agroalimentario-2020.pdf>

Velasco Párraga, A. A. 2019. Efecto del tamaño del explante sobre la tasa de multiplicación de plantas in vitro de cultivares de plátano. Tesis de Licenciatura. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 69 p.

EFFECTO FITOTOXICO DE METABOLITOS DE ACTINOMICETOS

Evangelina Esmeralda Quiñones Aguilar¹, Juan Carlos Rico Aguilar², Jesús Rafael Trinidad Cruz¹, Diana Laura Guillen Patiño³, Gabriel Rincón Enríquez¹, Luis López Pérez^{2*}

1 Control Biológico de Enfermedades de Plantas. Unidad de Biotecnología Vegetal. Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (CIATEJ). C.P. 45019. Zapopan Jalisco México.

2 Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán. México. C.P. 58000.

*luisloper@icloud.com

Palabras clave: Fitotoxicidad, actinobacterias, crecimiento.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de nuevas alternativas de control biológico contra enfermedades en los cultivos, los actinomicetos y sus metabolitos han surgido como una buena opción para disminuir el daño ocasionado por diversos patógenos (Takahashi y Omura, 2003). Diversos estudios muestran la efectividad de estos microorganismos y sus derivados en el control de bacterias y hongos (Arora *et al.*, 2018). Sin embargo, la aplicación de metabolitos puede ocasionar un efecto fitotóxico en las plantas, que podría producir un efecto adverso en éstas y verse reflejado en daños fisiológicos, una posible disminución de su crecimiento y en ocasiones la muerte de la planta. Este efecto fitotóxico abre una posibilidad de que este tipo de metabolitos producidos por actinobacterias, puedan utilizarse como herbicidas naturales y puedan ser una alternativa orgánica y sustentable para los agricultores, ahora, ante las restricciones del uso de otros productos como los glifosatos. Por lo que, en este trabajo se evaluó, el efecto fitotóxico de los metabolitos producidos por una cepa de actinomiceto efectiva en el control de *Pseudomonas syringae* pv. *phaseolicola* en una leguminosa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó el actinomiceto CIA01 (proporcionado por la Dra. Quiñones del CIATEJ). La cepa se reactivó en medio PDA-Y, durante siete días a 28°C. Se transfirieron dos discos de micelio de 7 mm de diámetro a matraces Erlenmeyer de 125 mL que contenían 25 mL de medio de cultivo PDB-Y, incubados a 200 rpm, durante cinco días, a una temperatura de 28°C. Posteriormente se centrifugó a 13000 rpm durante 10 min; los sedimentos resultantes se lavaron tres veces con agua destilada estéril y se resuspendieron en 30 mL de agua destilada estéril. La cepa se puso en fermentación sólida de acuerdo con la metodología de Ellaiah *et al.* (2004), en matraces Erlenmeyer de 250 mL, con 10 g de sémola humedecida con 12 mL de PDB a pH 7. Se añadieron 2 mL de inóculo (equivalente a 1.2-5.6 mg p / p de masa celular seca), incubándose a 28° C durante 12 días. El extracto bioactivo se obtuvo añadiendo 25 mL de tampón fosfato (8.06 g de NaCl L⁻¹, 0.22 g de KCl L⁻¹, 1.15 g de Na₂HPO₄ L⁻¹, 0.2 g de KH₂HPO₄ L⁻¹) a pH 8.0 (Adinarayana *et al.*, 2003), colocándose en un agitador orbital a 200 rpm durante 1 h, y posteriormente 16 h a 4°C. El contenido de cada matraz se centrifugó a 13000 rpm, durante 20 minutos y finalmente se filtró con membrana de 0,22 µm (MILLEX®GP). Como material vegetal se utilizaron plantas de frijol, (var. Azufrado), estas se establecieron en macetas de 1 kg, utilizando suelo agrícola y agrolita (1:1 v/v), como medio

de crecimiento y se establecieron en condiciones de invernadero. A los 47 días de crecimiento de las plantas se les asperjó, (a punto de rocío), a toda la planta 2 mL del extracto del actinomiceto. A los 16 días después de la aplicación del metabolito, se evaluó el peso seco total, área foliar, número de hojas con daño, porcentaje de defoliación y la sintomatología presentada. Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos, con y sin de aplicación de metabolitos de actinomicetos, con 10 repeticiones cada uno. Los datos recabados fueron analizados mediante un análisis de varianza de una vía ($P < 0.05$), con el paquete estadístico SPSS para windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antes de la aplicación de los metabolitos, las plantas de frijol presentaron un crecimiento normal, buena coloración y aspecto sano. Tres días después de la aplicación del extracto, a las plantas que se les aplicó el metabolito comenzaron a presentar manchas cloróticas y necróticas en las hojas, (Fig. 1A). A partir del día 4 o 5 estas hojas comenzaron a secarse y en algunos casos hubo defoliación de estas (Fig. 1B). Entre el cuarto y séptimo días después de la aplicación se observaron hojas malformadas (Fig. 1C). Con forme pasaban los días la clorosis fue avanzando, en algunas plantas se presentó una alta defoliación (Fig. 1D), pero en algunas otras las hojas nuevas no presentaron síntomas de fitotoxicidad (Fig. 1E). Este efecto pudo deberse a una deficiencia en la aspersión del metabolito o, a que la concentración aplicada no fue lo suficiente para presentar un mayor daño.



Figura.1. Síntoma de fitotoxicidad por extractos de actinomicetos.

Al final del ensayo, el peso seco total de las plantas tratadas con el metabolito se redujo un 57%, tuvieron en promedio 16 hojas menos que las no tratadas y presentaron 40% de su área foliar con síntomas de daño. Después de 16 días, las plantas con los metabolitos, presentaron una supervivencia del 90% pero la mayoría con daños severos (Cuadro 1).

Cuadro1. Efecto de la aplicación de metabolitos de actinomicetos, en variables de crecimiento y daño en plantas de frijol, a los 16 después de su aplicación.

| Tratamiento | Peso seco total (g) | Área Foliar (cm ²) | Hojas con daño (%) | Pérdida de área foliar (%) |
|----------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Con metabolito | 3.07 b | 145 b | 40 | 54 |
| Sin metabolito | 5.6 a | 230 a | - | - |

Medias con letras distintas son estadísticamente significativas (Tukey<0.05).

Pocos estudios se han enfocado en la utilización de metabolitos de actinomicetos como herbicida, la mayoría se enfocan en el control biológico de enfermedades causadas por bacterias y hongos. Sin embargo hay reportes que mencionan que la aplicación de estos metabolitos aparte de controlar en cierta medida el ataque de estos microorganismos, han ocasionado algún efecto fitotóxico en las plantas. Rico-Aguilar (2020), menciona que cuando usó metabolitos de actinomicetos en plantas de chile para controlar el daño por *Xanthomonas vesicatoria*, las plantas que fueron asperjadas con los metabolitos presentaron una defoliación mayor respecto a las enfermas y no tratadas con los metabolitos. La sintomatología presentada por las plantas hace suponer que los metabolitos de actinomicetos son capaces de interferir en procesos fisiológicos de las plantas como la fotosíntesis al presentar clorosis, probablemente por daño en los fotosistemas o síntesis de clorofila y en la inhibición del desarrollo celular al presentar deformaciones las hojas. La alta supervivencia pudo deberse a la dosis empleada.

CONCLUSIONES

Se observó un daño fitotóxico severo y disminución del crecimiento en plantas de frijol por la aplicación de extractos de actinomicetos. Esto abre una nueva alternativa para poder ser utilizados estos compuestos como herbicidas. Sin embargo, es necesario realizar más investigaciones al respecto, para en un futuro ser una alternativa orgánica, inocua y sustentable en la agricultura.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Este proyecto fue financiado por distintos proyectos de investigación del Laboratorio de Fitopatología de Biotecnología Vegetal del CIATEJ y a la CIC de la UMSNH.

REFERENCIAS

- Adinarayana, K., Ellaiah, P., Srinivasulu, B., Bhavani, DR., Adinarayana, G. (2003). Enfoque metodológico de superficie de respuesta para optimizar los parámetros nutricionales para la producción de neomicina por *Streptomyces marinensis* bajo fermentación en estado sólido. *Process Biochemistry*. 38: 1565 – 1572.
- Arora, N., Kumar, S., Satti, NK., Ali, A., Gupta, P., and Katoch, M. 2018. Una cepa de *Streptomyces* sp. aislado del suelo rizosférico de *Crataegus oxycantha* produciendo ácido nalidíxico, un antibiótico sintético. *Rev. Microb. Apl.* 124 (6): 1393–1400.
- Ellaiah, P., Srinivasulu, B., Adinarayana, K. (2004). Estudios de optimización sobre la producción de neomicina por una cepa mutante de *Streptomyces marinensis* en fermentación en estado sólido. *Process Biochemistry*. 39: 529 – 534.

Rico-Aguilar Juan Carlos. 2020. Control biológico de bacterias fitopatógenas por actinomicetos. Tesis de Maestría. Programa Institucional de Maestría en Ciencias Biológicas. UMSNH. 122 p.

Takahashi, Y., and Omura, S. 2003. Aislamiento de nuevas cepas de actinomicetos para la detección de nuevos compuestos bioactivos. *The J. G. Appl. Microb.* 49 (3): 141-154.

Sección: Biotecnología y genómica

ACLIMATIZACIÓN Y DESARROLLO FENOLÓGICO DE PLANTAS SELECTAS DE TOMATE DE CASCARA (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) OBTENIDAS POR CULTIVO *in vitro*

Héctor Luna Vicente¹, Aureliano Peña Lomelí¹, José Luis Rodríguez De La O¹, Juan Martínez Solís¹, Natanael Magaña Lira¹

¹Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. Universidad Autónoma Chapingo. Km 38.5 Carretera México-Texcoco. 56230, Chapingo, Estado de México.

luna.hlv1989@gmail.com

Palabras clave: Aclimatización, Fenología, *in vitro*.

INTRODUCCIÓN

Ante un escenario del cambio climático que abate la productividad de los cultivos, se requieren más y mejores variedades disponibles para los agricultores. Las variedades actuales generadas se han obtenido a través de selección debido a que esta especie es autoincompatible lo que impide la formación de líneas endogámicas para la formación de híbridos más productivos. Una estrategia para la formación de híbridos es cruzar poblaciones con cierto grado de endogamia, hasta encontrar una combinación híbrida entre progenitores de rendimiento superior. No obstante, la producción comercial de semilla híbrida necesita la propagación y mantenimiento del genotipo de los progenitores a lo largo de las generaciones (Santiaguillo *et al.*, 2004). Esto puede ser posible a través de reproducción vegetativa por cultivo *in vitro* (Van & De Kroon, 1990; Manzo *et al.*, 1998). Al respecto se han desarrollado protocolos de cultivo *in vitro* y aclimatización en distintos genotipos de *Physalis ixocarpa* utilizando diferentes fuentes vegetativas como explantes obteniendo respuestas morfogénicas favorables (Andrade *et al.*, 2005). Con base en lo anterior, el presente trabajo se realizó con el objetivo establecer y evaluar el protocolo para aclimatización y estudiar la fenología de las plantas obtenidas por cultivo *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en los invernaderos del Campo Agrícola Experimental en la UACH. Se estudiaron ocho familias clonales provenientes de cultivo *in vitro*: dos de la variedad Tecozautla, cinco de Morado San Miguel y uno de Manzano Tepetlixpa. Para la aclimatización, se utilizó como sustrato turba (Cosmopeat®), el cual se esterilizó y se depositó en vasos de unicel de 240 ml que se colocaron en un macrotúnel con un sistema de nebulización durante 15 días. Una vez aclimatizadas, se trasplantaron al invernadero en macetas de polietileno negro con un volumen de 18 L de tezontle como sustrato y se usó una solución nutritiva Steiner (1984) al 100 %. Para evaluar la aclimatización y estudiar la fenología de los clones se hizo un diseño de bloques completos al zar con cuatro repeticiones y la unidad experimental se constituyó de siete plantas. Se registraron los datos de altura de planta, número de hojas, botones y flores, y se determinó el porcentaje de aclimatización. Para la fenología se registró la altura de planta, número de hojas, flores y bolsas. Se hizo análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Tukey ($p = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se puede observar hay diferencias estadísticas significativas en las variables evaluadas de altura, número de hojas, flores, botones y tallos entre las 8 familias clonales en la aclimatización. Respecto al porcentaje de sobrevivencia se obtuvo el 100 % para todas las familias clonales con excelente respuesta al protocolo establecido y al control de la humedad relativa mediante nebulización. La Figura 1 muestra el desarrollo fenológico que existe diferencias estadísticas significativas para todas las variables evaluadas y entre las variedades que obedecen principalmente al hábito de crecimiento de cada variedad. El ciclo de vida comprendió alrededor de los 98 días, contados a partir del cultivo *in vitro* en el laboratorio hasta el desarrollo de los primeros frutos.

Cuadro 1. Comparación de medias para altura de planta, número de hojas, flores, botones y tallos tomadas de plantas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) regeneradas in vitro para aclimatización.

| Variedad | Familia | ALT | NH | NF | NB | NT |
|-------------|---------|---------------------|-----------|--------|---------|--------|
| Morado | 1 | 4.42 b ^z | 11.6 de | 0.0 b | 1.3 cd | 1.6 a |
| Morado | 2a | 12.95 a | 13.6 cde | 0.3 a | 2.3 bc | 1.2 ab |
| Morado | 2b | 13.66 a | 16.7 abcd | 0.1 ab | 3.0 ab | 1.3 ab |
| Morado | 3a | 12.92 a | 18.6 abc | 0.2 ab | 4.0 a | 1.5 ab |
| Morado | 3b | 12.38 a | 21.3 a | 0.0 b | 0.8 d | 1.4 ab |
| Manzano | 2 | 10.87 a | 14.2 bcde | 0.0 b | 1.5 cd | 1.3 ab |
| Tecozautila | 2 | 10.88 a | 19.8 ab | 0.1 ab | 1.8 bcd | 1.3 ab |
| Tecozautila | 3 | 11.28 a | 10.1 e | 0.1 ab | 2.2 bcd | 1.1 b |
| DMSH | | 2.96 | 5.8 | 0.3 | 1.4 | 0.5 |

^zValores de las medias con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05). DMSH: diferencia mínima significativa honesta. ALT: altura de planta; NH: número de hojas; NF: número de flores; NB: número de botones; NT: número de tallos.

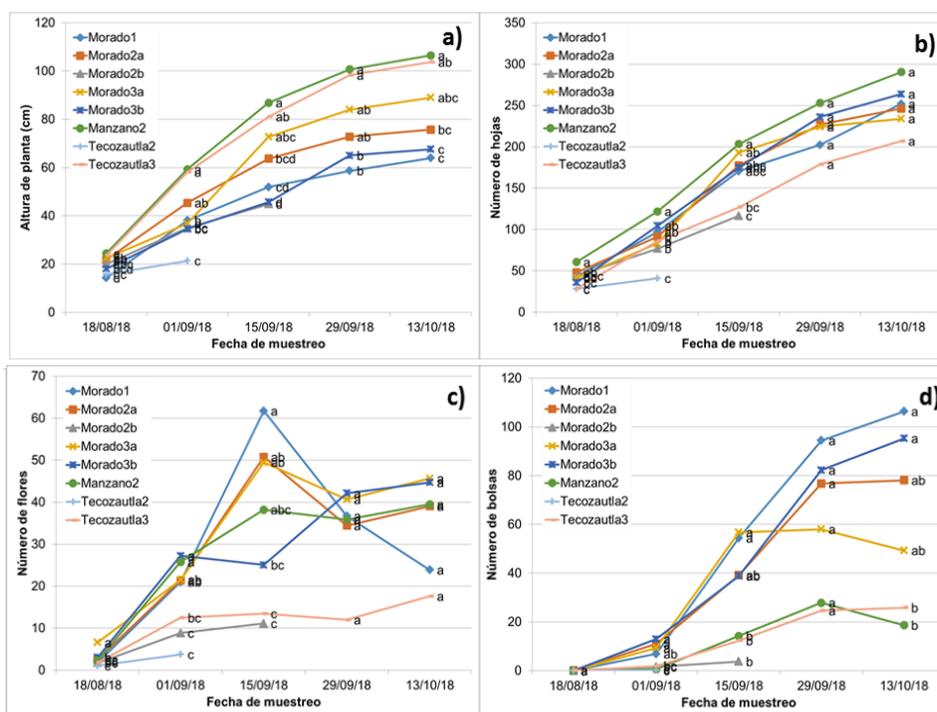


Figura 1. Comparación de medias entre familias de clones de tres variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) bajo invernadero a lo largo de 75 días a partir de la aclimatización. a) Altura de planta; b) número de hojas; c) número de flores; d) número de bolsos. Medias con la misma letra, para cada fecha, no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

CONCLUSIONES

Se estableció con éxito el protocolo aclimatización obteniendo un porcentaje de sobrevivencia del 100 % para todas las familias de clones. La fenología de los clones presentó un desarrollo normal, de acuerdo con el tipo de crecimiento a la variedad de origen.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Estos resultados son parte del proyecto de investigación "Propagación *in vitro* de plantas selectas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot. ex Horm.) para cruza interclonales" y forman parte de la tesis de maestría del primer autor. Este proyecto fue financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y la Universidad Autónoma Chapingo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade RM, López PMC, González HVA, García VA, & Peña LA. (2005). Efecto del genotipo en la micropropagación de tomate de cáscara. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 11(1), 31-37.
2. Steiner, A. 1984. The universal nutrient solution. In: I. S. O. S. C. Proceedings 6th International Congress on Soilless Culture. The Netherlands. pp. 633-649.
3. Manzo GA, Ledesma HA, Villatoro LJC, Alvarez EI, Rodríguez de la O, JL, Peña LA. (1998). Regeneración *in vitro* de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 4, 45-49.
4. Santiaguillo HJF, Cervantes ST, & Peña LA. (2004). Selección para rendimiento y calidad de fruto de cruza planta x planta entre dos variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 27(1), 85-91.
5. Van, GJ, & De-Kroon, H. 1990. Clonal growth in plants: regulation and function. The Hague, The Netherlands: S.P.B. Academic Publishing.

Sección: b) Biotecnología y genómica

DESARROLLO DE UN EFICIENTE Y REPRODUCIBLE METODO DE EXTRACCIÓN DE ADN DE CHILCUAGUE (*Heliopsis longipes*)

Mario Martín González Chavira¹, Brenda Zulema Guerrero Aguilar^{1*}, José Luis Pons Hernández¹, Ixchel Parola Contreras² y Ramón G. Guevara González²

¹Centro de Investigación Regional del Centro (CIRCE) del INIFAP. Carr. Celaya-San Miguel de Allende Km. 6.5 S/N, Celaya, Guanajuato, C.P. 38110, México; ² Grupo de Biosistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Campus Amazcala. Carr. Chichimequillas-Amazcala Km 1 S/N. Amazcala, El Marques, Querétaro, C.P.76265, México.

*querrero.brenda@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Protocolos de extracción, metabolitos secundarios, plantas recalcitrantes.

INTRODUCCIÓN

Heliopsis longipes, conocido con el nombre de chilcuague es una hierba perenne endémica de la sierra de Álvarez y Sierra Gorda, región donde coinciden parte de los territorios de San Luis Potosí, Guanajuato y Querétaro, y de donde se conoce que su raíz tiene usos tradicionales en donde se han encontrados compuestos en la raíz como la afinina (Acree et al., 1945), azúcares, flavonoides y terpenos (Salazar, 1999), y en las hojas la presencia de esteroides, terpenos, flavonoides (Cárdenas, 2005). En la actualidad, la aplicación de técnicas moleculares es importante en especial interés para la realización de estudios genéticos, una parte importante de estos análisis es la calidad, la integridad y el rendimiento del ADN ya que afectan invariablemente sus resultados. Hoy en día el aislamiento de ADN se considera un proceso rutinario, sin embargo, pueden surgir desafíos específicos, según los organismos y los tipos de tejido utilizados. Este es el problema muy frecuente en las plantas recalcitrantes como es el caso del Chilcuague, que es rica en metabolitos secundarios además de polifenoles y taninos (Parola-Contreras, et al. 2020). Estos compuestos presentes en las hojas, dificultan la extracción del ADN, en la cantidad y calidad requerida y también pueden inhibir técnicas como la PCR (En inglés: Reacción en Cadena de la Polimerasa). A pesar de que actualmente existen diversos métodos de aislamiento de ADN que van desde los “caseros” hasta los “comerciales”, que dicen remover eficientemente la mayoría de los compuestos inhibitorios del tejido vegetal, es necesario encontrar el adecuado para las características bioquímicas muy específicas de esta especie. Es debido a esto que se planteó este trabajo, que tiene como objetivo definir un protocolo de purificación de ADN de chilcuague, que permita extraerlo de hojas, con la calidad, integridad y el rendimiento adecuado para su uso en posteriores análisis genéticos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de las muestras.

Las muestras de tejido foliar utilizadas, procedían de tres poblaciones de chilcuague (*Heliopsis longipes*) 10 plantas de la localidad de Xichú, 8 de Conca y 10 de Arrollo seco. Estas plantas se colectaron y se realizaron siembra en macetas por medio de esquejes para su reproducción y conservación en invernadero.

Metodologías de extracción de ADN.

Para la extracción de ADN se compararon los protocolos descritos por Doyle (1991), el de Doyle y Doyle (1990) con modificaciones, reportado por Bermúdez-Guzmán, et al. en el 2016 y el de Doyle y Doyle (1990). Los protocolos se identificaron consecutivamente como P1, P2 y P3 respectivamente. Para los tres protocolos se utilizaron 100 mg de tejido foliar obtenidos directamente de las plantas, cuidando que fueran de hojas sanas y jóvenes. En los protocolos P1 y P3, se pulverizaron en nitrógeno líquido previo a ponerlas en la solución de extracción. En el protocolo P2, las hojas se molieron en el buffer de lisis. Todos los protocolos se repitieron 3 veces.

Se describirá a continuación el protocolo 2, ya que fue el de mejores resultados. De las hojas colectadas de chilcuague se colocaron en un mortero con 2 ml de buffer de lisis: CTAB (100mM Tris HCL pH 8, 50mM EDTA pH 8, 1.4 M de NaCl, 3% de CTAB y 1% PVP), y 10 µL de β-mercaptoetanol concentrado, una vez molido el tejido se transfirieron 500 µl del producto a un micro tubo de 1.5 ml. Se le adiciono a la mezcla 5

µl de proteinasa K (20mg/ml), se agito por inversión y se incubo en baño María a 65°C por 60 min. Se le adiciono 500 µl de fenol: cloroformo: alcohol isoamílico (25:24:1), se agito y se centrifugo a 13000 rpm por 15 minutos, se repitió nuevamente este procedimiento. El sobrenadante se transfirió a un microtubo de 1.5 ml con 600µl de isopropanol frio y 100 µl de acetato de sodio al 3.2 M pH. 5.2 se refrigero a -20 °C por 30 minutos. Las muestras se centrifugaron a 1000 rpm por 10 minutos, se descartó el sobrenadante y se le adiciono 500µl de etanol al 70%, se agito por inversión y nuevamente se centrifugo por 1000 rpm por 3 minutos, se descartó el sobrenadante y se secó la pastilla en toallas absorbentes. La pastilla se eluyó con 100 µl de TE 1X.

Evaluación de la calidad del ADN extraído.

La calidad del ADN obtenido fue verificada mediante electroforesis en gel de agarosa al 1.5%, con regulador de corrida TBE 1X, a un voltaje de 120V y un tiempo de corrida de una hora. El ADN se tiñó con gel red (Biotium) y se visualizó en un transiluminador de luz ultravioleta. Se utilizó 1Kb Plus como marcador de peso molecular.

Se midió la concentración de ADN y la pureza en un espectrofotómetro (NanoDrop-8000) marca Thermo Cientific. Para comprobar que el ADN no tiene inhibidores de la técnica de PCR, se amplificó utilizando como cebador el 26S con las siguientes condiciones: La reacción se llevó a cabo en un volumen de 25µl, con Buffer 10x, (2.0 µl), MgCl₂ 50x (1.0 µl), dNTP's 2.5Mm (2.0 µl), cebador 26s 5 µm (4 µl), Taq polimerasa 1 U (0.2 µl), ADN 20ng/ µl (3.0 µl). El programa utilizado en el termociclador fue: Un ciclo a 94°C por 5 min seguido de 25 ciclos a 94°C 30 s, 60°C un min., 72°C 30 s, y por ultimo un ciclo a 72 °C por 5 min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se visualiza la calidad de ADN, en ella se aprecia en el protocolo 2 una banda de alto peso molecular sin señales de degradación para todas las colectas. Esto es indicativo de que el ADN genómico de las muestras de chilcuague, tiene un alto nivel de integridad. En cambio, en los protocolos 1 y 3 se no se ve una banda de ADN de alto peso molecular, solo se ve un barrido a lo largo del carril, señal de un ADN está fragmentado y que no es apto para trabajos moleculares.

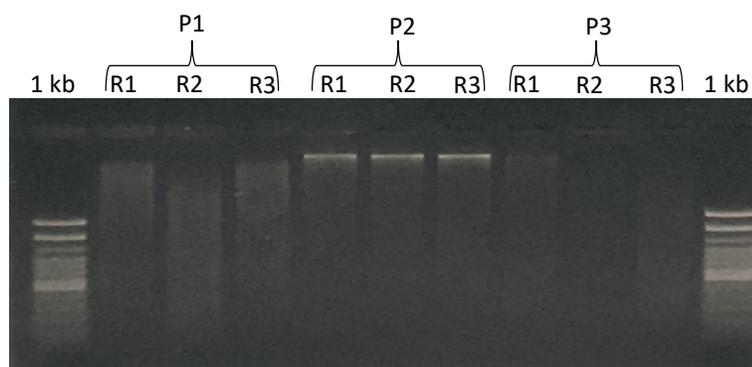


Figura 1. Visualización de ADN total en gel de agarosa, extraído de hojas de chilcuague. 1Kb Plus como marcador de peso molecular. P1, P2 y P3 protocolos, R1, R2 y R3 repeticiones por protocolos.

La pureza obtenida con el protocolo 2 fue en promedio 1.8 de cociente DO 260/280, esto nos indica que se tiene un ADN con una pureza óptima, en cambio en los protocolos 1 y 3 el promedio de DO 260/280 fue de 1.5 y 1.6 respectivamente, lo que significa que se tiene un ADN con una posible contaminación por compuestos aromáticos como fenoles y proteínas.

En cuanto a la cantidad, las lecturas señalan concentraciones promedio de 346 ng/ml en el protocolo 2 y 101.7 y 159.8 en los protocolos 1 y 3. La cantidad obtenida en una sola extracción con el protocolo 2 es suficiente para realizar varias técnicas moleculares.

Como prueba final de la calidad del ADN obtenido, se amplificaron los ADN obtenidos con los tres protocolos usando un iniciador que amplifican regiones ribosomales constitutivas. Como se esperaba solo en el protocolo 2 se obtuvo la banda de amplificación esperada (Figura 2).

En general, los resultados obtenidos tanto en la integridad de las muestras, así como la concentración y pureza del ADN extraído coinciden con los inconvenientes descritos por Li, Su y Chen (2002), que describen la problemática relacionada con la co-extracción de polisacáridos y polifenoles que actúan como inhibidores durante la extracción del ADN, y que pueden llegar a oxidar el ADN durante el proceso de lisis. En base a estos resultados, se seleccionó como el mejor el protocolo el de Doyle y Doyle (1990) modificado por Bermúdez-Guzmán, et al. en el 2016. Los datos de calidad y cantidad son los requeridos, además, de que se comprobó que no tiene algún contaminante que impida la función de la enzima taq polimerasa, lo que lo hace confiable para su uso en posteriores análisis genéticos.

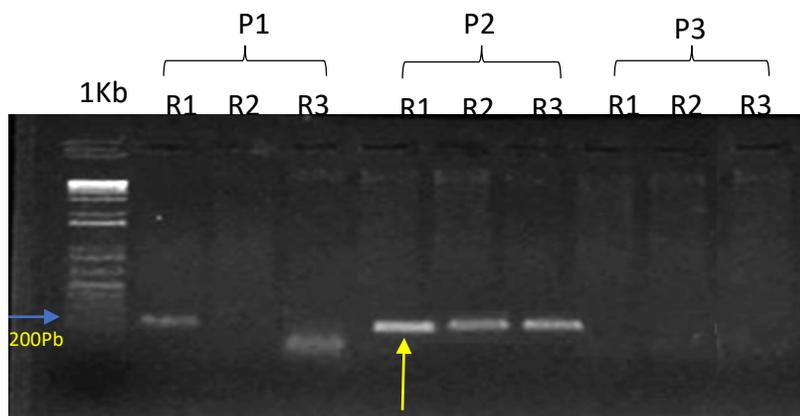


Figura 2. Amplificación del ADN extraído de hojas de chilcuague, utilizando el cebador 26S. 1Kb Plus como marcador de peso molecular. P1, P2 y P3 protocolos, R1, R2 y R3 repeticiones por protocolos.

CONCLUSIONES

El protocolo establecido funciona en las condiciones normales de laboratorio sin utilizar ningún equipo sofisticado ni kits/productos químicos costosos.

El ADN extraído es de alto peso molecular, tiene alta calidad y cantidad y es adecuado para varias aplicaciones moleculares como el PCR.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece a la Universidad Autónoma de Querétaro por el financiamiento a través del proyecto FOPER #0930-2019.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acree F. Jr., Jacobson M. y Haller H.L. 1945. The structure of af-finin, the insecticidal amide from *Erigeron affinis* DC. *Journal of Organic Chemistry*. 10: 449-45
2. Bermúdez-Guzmán, Manuel de Jesús, Guzmán-González, Salvador, Orozco-Santos, Mario, Velázquez-Monreal JJ, Buenrostro-Nava MT, & Michel-López CY. 2016. Optimización de un protocolo para aislamiento de DNA de hojas de *Saccharum officinarum*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(4), 897-910.

3. Doyle J. 1991. DNA Protocols for Plants. In: Hewitt G.M., Johnston A.W.B., Young J.P.W. (eds) Molecular Techniques in Taxonomy. NATO ASI Series (Series H: Cell Biology), vol 57. Springer, Berlin, Heidelberg.
4. Doyle, J.J. and Doyle J.L. 1990. Isolation of plant DNA from fresh tissue. Focus, v.12, p.13-15.
5. Parola-Contreras I, Guevara-González RG, Feregrino-Pérez AA., Reynoso-Camacho R., Pérez-Ramírez IF, Ocampo-Velázquez RV, Rojas-Molina A, Luna-Vazquez F and Tovar-Pérez EG. .2020. Phenolic compounds and antioxidant activity of methanolic extracts from Leaves and flowers of *chilcuague* (*Heliopsis longipes*, Asteraceae). Bot. sci vol.99 no.1.
6. Li, Y. X., Su, Z. X. and Chen, F. (2002). Rapid Extraction of Genomic DNA From Leaves and Bracts of Dove Tree (*Davidia involucreta*). Plant Molecular Biology Reporter 20(2):185.
7. Salazar N.N.G. 1999. Farmacoetnología del chilcuague *Heliopsis longipes* (A. Gray) Blake. Tesis profesional. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, San Luis Potosí, México. 72 pp.

Sección: Biotecnología y genómica.

COMPARACIÓN EN LA GENERACIÓN DE ESTRUCTURAS VEGETALES DE DOS ÁRBOLES DE AGUACATE EN CONDICIONES *in vitro*

Magali Ruiz Rivas*¹, H. Jesús Muñoz Flores¹, J. Trinidad Sáenz Reyes¹, Yamir Bucio Aguilar², D. Valeria Sánchez Muñoz², Cristina Regalado García².

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias campo experimental Uruapan.

² Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

ruiz.magali@inifap.gob.mx

Palabras clave: Micropropagación, Clonación vegetal, Biotecnología.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de aguacate en el país genera una gran derrama económica; sin embargo, como todos los demás cultivos se encuentra sometido a los diferentes tipos de estrés biótico o abiótico que se pudieran generar en el ambiente, ídem que posee una alta variabilidad genética debido a la heterocigocidad en los patrones o portainjertos en las plantaciones, lo que representa una problemática si se desean conservar linajes con características deseables lo que se ve reflejado directamente en comportamientos distintos de las plantas dentro de las áreas de cultivo (Gutiérrez-Díez et al., 2009); La Biotecnología Vegetal juega un papel importante y una herramienta útil, ya que podría disminuir o incluso desaparecer las diferencias entre los organismos patrones mediante la propagación única de clones con características deseables, presentando ventajas como la selección y propagación de individuos que cumplan con determinados parámetros, como la resistencia a estrés biótico (plagas y enfermedades) y abiótico (condiciones extremas de temperatura, sequía, salinidad), tiempo de crecimiento, altura, desarrollo de raíces, etc., logrando el establecimiento de huertas sembradas con especímenes uniformes y con determinados fenotipos.

Hasta el momento se han realizado estudios con protocolos para la propagación de plantas de aguacate mediante cultivo *in vitro* (Hiti Bandaralage et al., 2015; Ibarra et al., 2016; Hiti-Bandaralage et al., 2017), sin embargo, es necesario el proceso de estandarización de protocolos para cada especie a propagar, debido a que las características de cada individuo como edad, presencia de hormonas, así como las condiciones climáticas y ambientales pueden influir en el establecimiento de las técnicas de micropropagación.

Debido a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue evaluar las diferencias en el desarrollo y generación de estructuras vegetales de dos tipos de árboles de aguacate en condiciones de cultivo *in vitro*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El medio basal sobre el cual se desarrollaron los explantes fue el propuesto por Lloyd and McCown's (1981) Woody Plant Medium (WPM) pH 5.65, adicionado de sacarosa (20g/L) y fitagel (3g/L), siguiendo el protocolo de Hiti en el 2015. Para los ensayos de generación de brotes se utilizó medio WPM completo, adicionado con cada uno de los fitorreguladores por separado.

Material vegetal. Se seleccionaron varetas que contuvieran el mayor número de yemas axilares de dos árboles de aguacate variedad Hass pertenecientes al campo experimental Uruapan, INIFAP, donde se cortaron en segmentos de 5 a 10 cm de longitud.

Desinfección de los tejidos. El método de desinfección se modificó y adaptó a partir del trabajo de Hiti (2015). Las varetas fueron sometidas a un tren de lavado con soluciones de etanol, hipoclorito de sodio y agua estéril, en el último lavado las varetas permanecieron en una solución antioxidante hasta que se cortaron y se colocaron en los respectivos medios de cultivo.

Iniciación del cultivo. Las varetas de cada árbol fueron tomadas y tratadas por separado con pinzas y colocadas en cajas Petri con solución antioxidante, se cortaron en segmentos de 2 cm asegurando la

presencia de al menos una yema axilar. Los explantes se secaron sobre papel absorbente y se transfirieron a frascos de vidrio que contenían medio de cultivo WPM formulado en la mitad de su concentración original, los cultivos fueron colocados bajo condiciones de temperatura controlada a 25°C, con un fotoperiodo de 16 h luz durante 7 días, con la finalidad de hacer un escrutinio de los posibles explantes contaminados, transcurridos los 7 días se procedió a desechar los brotes contaminados y oxidados, quedándonos únicamente con explantes viables.

Generación de brotes. Una vez obtenidos los brotes viables, estos se seleccionaron al azar y se traspasaron a los medios de cultivo adicionados con los diferentes fitorreguladores los ensayos se realizaron con 5 réplicas biológicas para cada tratamiento, donde: WPM: Medio basal, MT: Medio basal + Metatopolina (0.1 mg/L), AG3: Medio basal + Ácido giberélico (0.1 mg/L), MT + AG3: Medio basal + Metatopolina (0.1 mg/L) + Ácido giberélico (0.1 mg/L), TDZ: Medio basal +Tidiazuron (0.01mg/L), TDZ + MT: Medio basal + Tidiazuron (0.01mg/L) + Metatopolina (0.1 mg/L), BAP: Medio basal + Bencil amino purina (0.1 mg/L), BAP + MT: Medio basal + Bencil amino purina (0.1mg/L) + Metatopolina (0.1 mg/L).

ANÁLISIS DE DATOS

Para determinar cuál método presentaba mejor adaptación de los explantes a los medios de cultivo, se consideraron como variables la aparición de brotes en un periodo de 10 días, el número de explantes que lograron la generación de hojas y como último parámetro el número de hojas promedio por cada explante una vez transcurridos 60 días desde su colocación en los diferentes medios, lo anterior se resume en el cuadro 1, donde se muestran las diferencias entre tratamientos y árboles.

Cuadro 1. Variables respuesta de los explantes de aguacate sometidos a los diferentes tratamientos con fitorreguladores.

| | | WPM | MT | AG ₃ | AG ₃ + MT | TDZ | TDZ + MT | BAP | BAP + MT |
|---|---------|-----|-----|-----------------|----------------------|-----|----------|-----|----------|
| Frecuencia de generación de brotes a los 10 días (número de brotes / número de explantes totales) | Árbol 1 | 0/5 | 2/5 | 2/5 | 3/5 | 1/5 | 1/5 | 3/5 | 3/5 |
| | Árbol 2 | 2/5 | 3/5 | 2/5 | 4/5 | 3/5 | 3/5 | 1/5 | 4/5 |
| Número de explantes que generaron hojas verdaderas | Árbol 1 | 2 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 3 | 3 |
| | Árbol 2 | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 | 3 | 1 | 5 |
| Número promedio de hojas a los 60 días | Árbol 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 |
| | Árbol 2 | 1 | 4 | 3 | 5 | 1 | 4 | 2 | 3 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 10 días de siembra en los respectivos medios de cultivo se observaron cambios en el tamaño de las yemas; entre árboles se presentaron combinaciones de fitorreguladores que mostraron diferencias, en el caso del medio basal el árbol 2, que tiene la capacidad de generar brotes aún sin la presencia de fitorreguladores, incluso más brotes que con la presencia de fitorreguladores en el medio como BAP o AG3. Hubo diferencias en el número de explantes que lograron la formación de brotes, el árbol 2 presentó el mayor el número; lo mismo ocurrió con el número de explantes que desarrollaron hojas.

Dados los resultados, la mejor formulación de medio de cultivo es la mezcla de BAP con MT, seguida de AG3 con MT, ya que son las formulaciones donde se presentó mayor número de brotes y hojas en los explantes de ambos árboles.

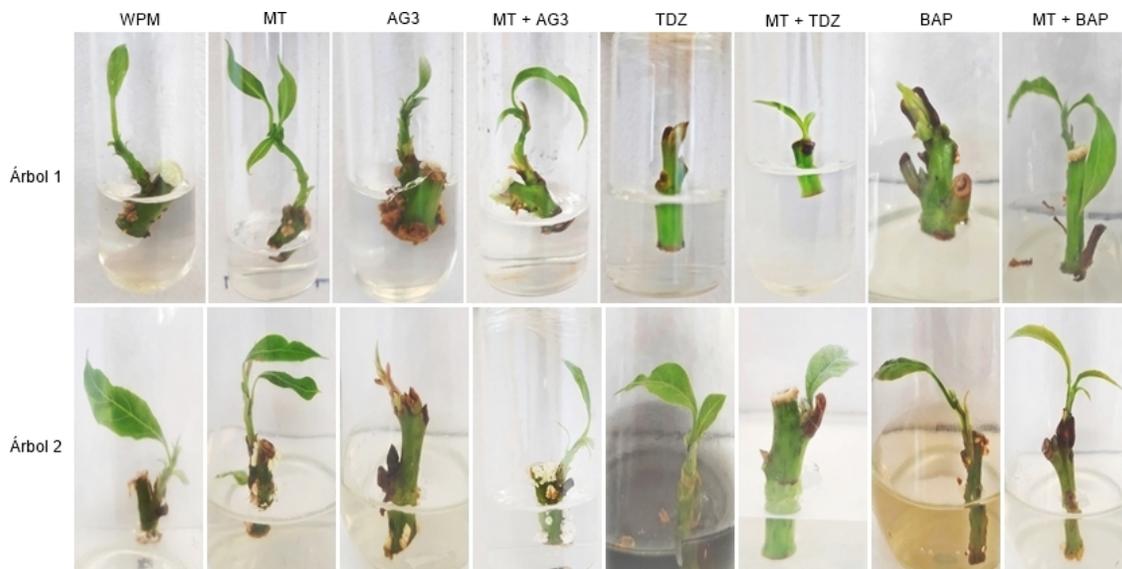


Figura 1. Explantes de los árboles 1 y 2 en los diferentes medios de cultivo transcurridos 60 días de crecimiento en condiciones de cultivo *in vitro*.

CONCLUSIONES

Se presentaron diferencias en el número de brotes y hojas generadas en el sistema de micropropagación mediante cultivo *in vitro* de dos árboles de aguacate, sin embargo, sí hay formulaciones que favorecen la generación de estructuras en ambos árboles.

Es posible la generación de órganos a partir de tejidos vegetales para la propagación clonal de especies de aguacate bajo condiciones específicas de cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gutiérrez-Díez, A., J.M. de la Cerda, E.A. García-Zambrano, L. Iracheta-Donjuan, J.D. Ocampo-Morales, et al. 2009. Estudio de diversidad genética del aguacate nativo en nuevo león, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(1): 1–11. doi: 10.35196/rfm.2009.1.9-18.
- Hiti-Bandaralage, J.C.A., A. Hayward, and N. Mitter. 2017. Micropropagation of Avocado (<i>Persea Americana</i> Mill.). *Am. J. Plant Sci.* 08(11): 2898–2921. doi: 10.4236/ajps.2017.811197.
- Hiti Bandaralage, J., A. Hayward, C. O'Brien, and N. Mitter. 2015. Gibberellin and cytokinin in synergy for a rapid nodal multiplication system of avocado. *VIII World Avocado Congr.*: 95–98.
- Ibarra, A., M. del C. Ojeda, E. García, and A. Gutiérrez. 2016. Inducción *in vitro* de brotes de dos cultivares de aguacate raza Mexicana *Persea americana* var. *drymifolia* Schltdl. & Cham * *In vitro* induction seedlings to two cultivars Mexican race avocado *Persea americana* var. *drymifolia* Schltdl. & Cham *Resumen. Revista Mex. Ciencias Agrícolas* 7(2): 337–347.

Sección: Biotecnología y Genómica.

Tipo de presentación: Cartel

USO DE FITORREGULADORES EN LA GENERACIÓN DE BROTES PARA ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO *In vitro* DE PLANTAS DE AGUACATE

Magali Ruíz Rivas*¹, Luis Mario Tapia Vargas¹, Víctor Manuel Coria Ávalos¹, Antonio Larios Guzmán¹ y Lorena Jaqueline Gómez Godínez²

¹Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Av. Latinoamericana No. 1101, Col. Revolución, CP 60160, Uruapan, Michoacán; ²Centro Nacional de Recursos Genéticos. INIFAP. Blvd. De la Biodiversidad No. 400, Rancho Las Cruces, CP 47600, Tepatlán, Jalisco.

ruiz.magali@inifap.gob.mx

Palabras clave: Micropropagación, Clonación vegetal, Biotecnología.

INTRODUCCIÓN:

El aguacate es el producto agrícola producido en México con mayores volúmenes y valor en los mercados de exportación (SEDRUA 2021). Se trata de un cultivo con una alta variabilidad genética debido a la heterocigidad en los patrones o portainjertos en las plantaciones, lo que representa una problemática si se desea conservar linajes con características deseables, además, se presentan problemas de adaptabilidad a condiciones climáticas y del suelo, lo que se ve reflejado directamente en comportamientos distintos de las plantas dentro de las áreas de cultivo (Gutiérrez-Díez et al., 2009); es aquí donde la biotecnología vegetal juega un papel importante y se vuelve una herramienta útil, ya que podría permitir disminuir o incluso desaparecer las diferencias entre los organismos patrones mediante la propagación única de clones con características deseables, lo que ofrece como ventajas la selección y propagación de individuos que cumplan con determinados parámetros, como la resistencia a estrés biótico y abiótico lo que permitiría el establecimiento de huertas con especímenes uniformes y con determinados fenotipos deseados. Hasta el momento se han realizado estudios con protocolos para la propagación de plantas de aguacate mediante cultivo *in vitro* (Hiti Bandaralage et al., 2015; Ibarra et al., 2016; Hiti-Bandaralage et al., 2017); sin embargo, es necesaria la implementación de protocolos estandarizados para cada especie que se desea propagar, debido a que las características de cada individuo como son edad, presencia de hormonas, así como las condiciones climáticas y ambientales pueden influir en el establecimiento de las técnicas de micropropagación.

OBJETIVO

Estandarizar un protocolo eficiente para la micropropagación de explantes de aguacate en condiciones *in vitro* y evaluar su respuesta en la generación de estructuras mediante la formulación de medios de cultivo adicionados con diferentes fitorreguladores.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El medio basal sobre el cual se desarrollaron los explantes fue el propuesto por Lloyd and McCown's (1981) Woody Plant Medium (WPM) pH 5.65, adicionado de sacarosa (20g/L) y fitagel (3g/L), siguiendo el protocolo de Hiti en el 2015. Para los ensayos de generación de brotes se utilizó medio WPM completo, adicionado con cada uno de los fitorreguladores por separado.

Material vegetal. Se seleccionaron varetas que contuvieran el mayor número de yemas axilares de dos variedades de árboles de aguacate variedad Hass pertenecientes al campo experimental Uruapan, INIFAP, donde se cortaron en segmentos de 5 a 10 cm de longitud.

Desinfección de los tejidos. El método de desinfección se modificó y adaptó a partir del trabajo de Hiti (2015). Las varetas fueron sometidas a un tren de lavado con soluciones de etanol, hipoclorito de sodio y agua estéril, en el último lavado las varetas permanecieron en una solución antioxidante.

Iniciación del cultivo. Las varetas fueron tomadas con pinzas y colocadas en cajas Petri con solución antioxidante, se cortaron en segmentos de 2 cm asegurando que hubiera al menos una yema axilar, los explantes se secaron sobre papel absorbente y se pasaron a frascos de vidrio que contenían medio de cultivo WPM formulado en la mitad de su concentración original, los cultivos fueron colocados bajo condiciones de temperatura controlada a 25°C, con un fotoperiodo de 16 h luz durante 7 días, con la finalidad de hacer un escrutinio de los posibles explantes contaminados, transcurridos los 7 días se procedió a desechar los brotes contaminados y oxidados, quedándonos únicamente con explantes viables.

Generación de brotes. Una vez obtenidos los brotes viables, estos se seleccionaron al azar, se colocaron 5 réplicas (explantes) en tubos por separado con los diferentes medios de cultivo adicionados con los fitorreguladores en las siguientes concentraciones, tomando como control al medio WPM sin fitorreguladores. WPM: Medio basal, MT: Medio basal + Metatopolina (0.1 mg/L), AG3: Medio basal + Ácido giberélico (0.1 mg/L), MT + AG3: Medio basal + Metatopolina (0.1 mg/L) + Ácido giberélico (0.1 mg/L), TDZ: Medio basal + Tiazuron (0.01mg/L), TDZ + MT: Medio basal + Tiazuron (0.01mg/L) + Metatopolina (0.1 mg/L), BAP: Medio basal + Bencil amino purina (0.1 mg/L), BAP + MT: Medio basal + Bencil amino purina (0.1mg/L) + Metatopolina (0.1 mg/L), Coco: Medio basal + Endospermo de coco (10 ml/L), Coco + MT: Medio basal + Endospermo de coco (10 ml/L) + Metatopolina (0.1 mg/L), 2-4D: Medio basal + Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (1mg/L), 2-4D + MT: Medio basal + Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (1mg/L) + Metatopolina (0.1 mg/L), KIN: Medio basal + Kinetina (0.1mg/L), KIN + MT: Medio basal + Kinetina (0.1mg/L) + Metatopolina (0.1 mg/L).

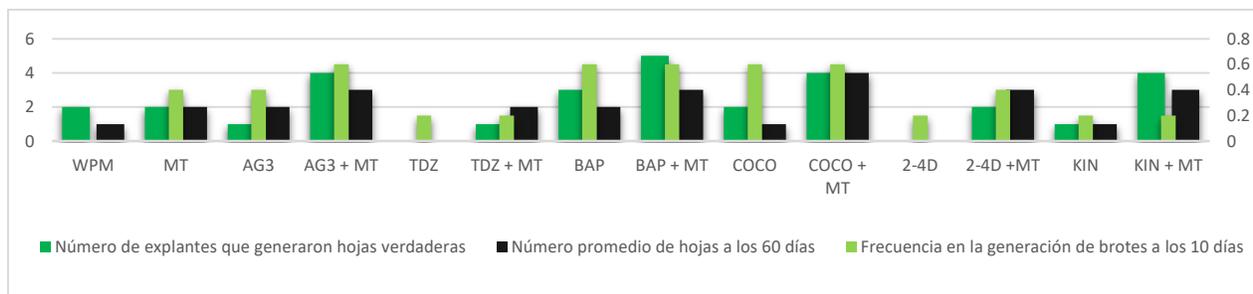
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la técnica de micropropagación de tejidos vegetales, es importante estandarizar un protocolo de desinfección, el cual permitirá la obtención de tejidos axénicos libres de cualquier agente contaminante; dicha técnica representa un cuello de botella, debido a que los tejidos vegetales pueden presentar oxidación si se utiliza un método abrasivo, o bien presentar contaminación en el medio si el método no es lo suficientemente eficiente. En nuestros ensayos, el método de desinfección y selección de tejidos vegetales de aguacate permitió el establecimiento de más del 80% de explantes utilizados en los ensayos, haciendo posible descartar aquellos oxidados y contaminados para evitar su uso en los experimentos.

Los ensayos de realizaron con 5 réplicas biológicas por tratamiento, las variables cuantificadas fueron, generación de brotes a los 10 días, número de explantes que generaron hojas, y número de hojas formadas.

La adición de fitorreguladores en el medio de cultivo disminuyó el tiempo en la generación de brotes en los explantes de aguacate, lo que se evaluó con la aparición de brotes en los diferentes tratamientos en los primeros 10 días, en la figura 1, se muestran además las estructuras generadas en el cultivo a los 60 días y el promedio de hojas en los explantes.

Los resultados muestran que, la combinación de auxinas o la mezcla de una giberelina en el medio de cultivo favorecen la generación temprana de estructuras como brotes y hojas en explantes de aguacate



sometidos a condiciones de cultivo *in vitro*, tal como lo menciona el grupo de Hiti en el 2015, donde demuestran que al hacer uso de la mezcla de MT con AG3 en el medio de cultivo aumenta el tamaño y número de hojas que al utilizar los fitorreguladores de manera aislada, podemos destacar que en nuestros ensayos logramos reducir el tiempo de generación de brotes comparado con otros autores y logramos la generación de hojas verdaderas en un alto número de explantes, siendo la mezcla de endospermo de coco combinado con MT seguido por BAP con MT y AG3 con MT los tratamientos donde se presentaron los mejores resultados (Figura 1).

Figura 1. Generación de estructuras vegetales en explantes de aguacate en los medios de cultivo formulados para su propagación clonal en cultivo *in vitro*.

En la figura 2, se muestran fotos representativas de los explantes sometidos a los diferentes tratamientos transcurridos 60 días, cabe mencionar que en algunos tratamientos comenzó el desarrollo de hojas verdaderas a partir del día 20, sin embargo, se decidió esperar más tiempo para concluir si era posible el desarrollo de hojas en los explantes crecidos únicamente con la presencia de TDZ y 2-4D en el medio de cultivo, aunque esto no ocurrió bajo estas condiciones, sí se generaron hojas en explantes crecidos en la mezcla de auxinas.

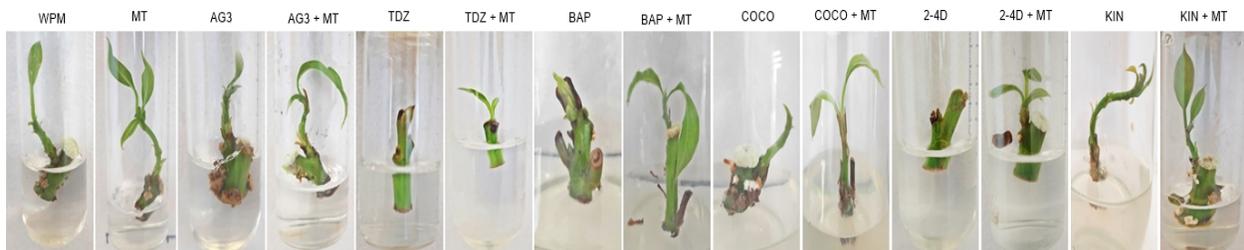


Figura 2. Estructuras vegetales generadas a los 60 días después de la colocación de los explantes en los diferentes tratamientos, se muestran los explantes más representativos de cada condición.

CONCLUSIONES:

El método de desinfección de explantes de aguacate que se aplicó es altamente eficiente, por lo que se utilizará como protocolo en la técnica.

La adición de una mezcla de fitorreguladores en la formulación de medios de cultivo para la generación de estructuras a partir de tejidos vegetales de aguacate reduce el tiempo en la generación de estructuras, lo que favorecerá el establecimiento de un protocolo de micropropagación clonal.

La formulación de medio WPM adicionado con endospermo de coco combinada con MT es la más eficaz para la generación de brotes y hojas de aguacate a partir de explantes de tejidos vegetales, seguida por las mezclas de BAP y AG3 combinadas con MT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Gutiérrez-Díez, A., J.M. de la Cerda, E.A. García-Zambrano, L. Iracheta-Donjuan, J.D. Ocampo-Morales, et al. 2009. Estudio de diversidad genética del aguacate nativo en Nuevo León, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 32(1): 1–11. doi: 10.35196/rfm.2009.1. p. 9-18.
2. Hiti-Bandaralage, J.C.A., A. Hayward, and N. Mitter. 2017. Micropropagation of Avocado (&i&tPersea Americana&t/i&t; Mill.). *Am. J. Plant. Sci.* 08(11):2898–2921. doi: 10.4236/ajps.2017.811197.

3. Hiti Bandarlage, J., A. Hayward, C. O'Brien, and N. Mitter. 2015. Gibberellin and cytokinin in synergy for a rapid nodal multiplication system of avocado. VIII World Avocado Congr.: p. 95–98.
4. Ibarra, A., M. del C. Ojeda, E. García, and A. Gutiérrez. 2016. Inducción in vitro de brotes de dos cultivares de aguacate raza Mexicana *Persea americana* var. *drymifolia* Schtdl. & Cham * In vitro induction seedlings to two cultivars Mexican race avocado *Persea americana* var. *drymifolia* Schtdl. & Cham Resumen. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 7(2):337–347.
5. Secretaría de Desarrollo Rural y Agroalimentario 2021

Sección: Biotecnología y Genómica.

Sección: Cartel

EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE ANTICUERPOS IgY CONTRA EL ANTÍGENO C6XFB8 OBTENIDO DE *Candidatus Liberibacter asiaticus*

María Genoveva Álvarez Ojeda^{1*}, Eleazar López Pecina², Isidro Humberto Almeyda León³, Cynthia Guadalupe Rodríguez Quibrera⁴

¹CE Río Bravo-CIRNE-INIFAP; ²UAMRA-UAT; ³CE General Terán-CIRNE-INIFAP; ⁴CE Ixtacuaco-CIRGOC-INIFAP

alvarez.genoveva@inifap.gob.mx

Palabras claves: Anticuerpos, HLB, CaLas

INTRODUCCIÓN

El Huanglongbing (HLB), es la principal enfermedad de los cítricos a nivel mundial, reduce severamente su producción y eventualmente ocasiona la muerte de las plantas; y está asociada a la bacteria *Candidatus Liberibacter* spp. En naranja dulce se reportan pérdidas del 42 %, en limón mexicano del 62 % y en limón persa del 17.3 % (Bassanezi *et al.*, 2009). La mejor estrategia para su manejo es la detección temprana del patógeno, sobre todo en plantas asintomáticas, de esta manera, se eliminan oportunamente los focos de infección y se evita o retrasa la propagación de la enfermedad en los huertos. El diagnóstico tradicional del HLB se realiza mediante observación visual de los síntomas en el árbol y con el uso de técnicas moleculares como son: PCR punto final y PCR tiempo real (qtPCR) este último es el método oficial reconocido para la detección de la bacteria asociada a la enfermedad. La qtPCR, presenta mayor sensibilidad que cualquier otra técnica de diagnóstico, pudiendo detectar al patógeno en muestras de ADN extraídas en árboles asintomáticos; sin embargo, es costosa y se requiere de equipo sofisticado y personal capacitado para su implementación. Los métodos inmunoenzimáticos, resultan ser sensibles, específicos y económicos, además, no se requiere de equipo sofisticado, y se necesita de la mínima capacitación del personal. Por esta razón, el objetivo de este trabajo fue evaluar la respuesta de anticuerpos IgY producidos en gallinas ponedoras contra el antígeno C6XFB8 obtenido de CaLas, para su posible uso en un método de diagnóstico inmunoenzimático.

MATERIALES Y MÉTODOS

En trabajos previos realizados (Almeyda *et al.*, 2018) se obtuvo un antígeno recombinante, el cual fue utilizado en este trabajo como posible inmunógeno para el desarrollo de un método de diagnóstico inmunoenzimático para la detección temprana de CaLas considerado como el agente causal del HLB.

Producción y purificación de anticuerpos policlonales IgY. Se realizó la producción de anticuerpos policlonales de tipo IgY en gallinas de la raza *Leghorn*, la edad de las gallinas fue de 23 semanas, sin identificación, se ubicaron en un gallinero de 4 X4 m y recibieron una dieta diaria consistente en 200 g de alimento de postura (purina), adicionado con harinas de salvado, trigo y 100 g de granos molidos (maíz, sorgo, trigo, girasol, avena y trigo) y carbonato de calcio al 2 % y suficiente agua limpia la cual era cambiada diariamente. Para la inmunización fue utilizado el antígeno C6XFB8 a una concentración de 50 µg/ml, y fue diluido en solución salina fisiológica estéril hasta completar un volumen de 50 µl, posteriormente se adicionaron 50 µl de adyuvante completo de Freud. Se mezcló la solución del antígeno y el adyuvante completo (1:1), y se procedió a realizar las inmunizaciones, a cada una de las gallinas fue inmunizada con 100 µl del antígeno en la región pectoral. Este procedimiento se realizó cinco veces con intervalos de 15 días con las mismas concentraciones y el mismo volumen, pero se utilizó el adyuvante incompleto. Después de cada inmunización se recolectaron los huevos del primero, segundo y tercer día, y se etiquetaron de acuerdo a la fecha del día de la postura, se les extrajo la yema y de ahí se obtuvieron los anticuerpos IgY, los cuales, fueron purificados mediante el kit 1-A Purelink (Sigma Aldrich®) y con columnas de Sephadex™, empacadas manualmente. Una vez purificado el anticuerpo policlonal IgY se cuantificó por el método de Bradford.

Electroforesis en geles de poliacrilamida al 12 % bajo condiciones reductoras (SDS-PAGE). Para visualizar la calidad de los anticuerpos, se realizó una electroforesis en geles de poliacrilamida bajo condiciones reductoras al 12 %, siguiendo el protocolo establecido por Laemmli (1970). Se tomaron alícuotas de 15 μ l de cada muestra del antígeno y 15 μ l del amortiguador de carga (1:1) 2X SDS-PAGE (100 mM Tris-Cl pH 6.8; glicerol 20 % (p/v); SDS al 4 % (p/v); azul de bromofenol al 0.2 % (p/v); 200 mM de β -mercaptoetanol) y se calentó en baño seco a 95 °C durante 5 min. Se cargaron 15 μ l en cada carril y 4 μ l del marcador de peso molecular para proteínas (Prestained Protein Ladder™ BIO-BASIC), se dejó correr la electroforesis a 100 V durante 2 h y media, bajo condiciones de refrigeración.

Transferencia. Posteriormente, el gel fue transferido en una membrana de fluoruro de polivinilideno (PVDF), para este proceso se utilizó una cámara semi-seca (Enduro™ Semy-Dry) y se aplicó un voltaje de 30 v durante 2 h a temperatura ambiente. Una vez terminada la transferencia, la membrana se lavó dos veces durante 10 min con TBS 1X (10 mM Tris-CL, pH 7.5, 150 mM NaCl) a temperatura ambiente y se realizó el Western blot.

Western blot. La membrana se incubó en solución de bloqueo (BSA 3 % en TBS (1X)) durante 1 hora a temperatura ambiente. La membrana se lavó 2 veces por 10 min con TBS-Tween/Tritón. Se repitió el proceso de lavado por 10 min a temperatura ambiente, se incubó la membrana con el anticuerpo primario producido en gallinas IgY diluido (1:5000) en BSA 3 % en agitación a 4 °C toda la noche. Al siguiente día la membrana se lavó dos veces por 10 min con TBS Tween/Tritón y posteriormente se lavó por 10 min con TBS (1X). Después, se incubó durante 1 h con el anticuerpo secundario anti chicken conjugado con fosfatasa (Abcam™) diluido 1: 10,000 con BSA 3 % a 4 °C, y se lavó cuatro veces por 10 min con TBS Tween/Tritón, finalmente se agregó el sustrato apropiado y se incubó a temperatura ambiente (15min), hasta visualizar la reacción Ag-Ac.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Purificación del anticuerpo policlonal IgY. Al visualizar el perfil electroforético en geles de poliacrilamida, bajo condiciones reductoras SDS-PAGE, se detectaron dos fragmentos de aproximadamente 68 y 38 kDa de la cadena pesada y ligera de la IgY (Figura 1). El mejor resultado de purificación del anticuerpo se obtuvo con el kit comercial 1-A Purelink (Sigma Aldrich®), ya que los dos fragmentos se pudieron apreciar de manera más definida en el gel de corrida (Figura 1). La obtención de IgY a partir de yema de huevo de gallina, resulta ser un método alternativo en la producción de anticuerpos policlonales por los bajos costos (Manouchehr y Pharm, 2002). Además, se reduce el sufrimiento del animal implicado, pues no se requiere la colección de sangre, sino que se obtiene una gran cantidad de anticuerpos policlonales específicos a partir de la yema de huevo.

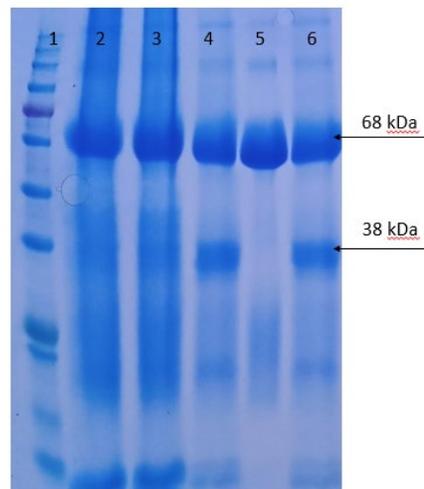


Figura 1. Gel de poliacrilamida al 12 % PAGE-SDS: Carril 1: Marcador de peso molecular; Carriles 2 y 3: Purificación con columna Sephadex™; Carriles 4, 5 y 6: Purificación con kit 1-A Purelink (Sigma Aldrich™).

Cuantificación del anticuerpo policlonales. Se obtuvieron diferentes concentraciones de IgY en cada huevo, donde se observó que a menos días de inmunización, menores concentraciones de IgY (Figura 2).

De acuerdo con (Manouchehr y Pharm, 2002) los esquemas de inmunización con largos períodos de tiempo y con refuerzos repetidos incrementan el desarrollo de anticuerpos afines al antígeno inoculado. El método mostró producción de anticuerpos contra el antígeno C6XFB8. La separación de la inmunoglobulina aviar de dos inmunoglobulinas coincide con lo descrito por (García *et al.*, 2012), que detectaron las cadenas liviana y pesada de la IgY, con pesos moleculares de 30 y 68 kDa.

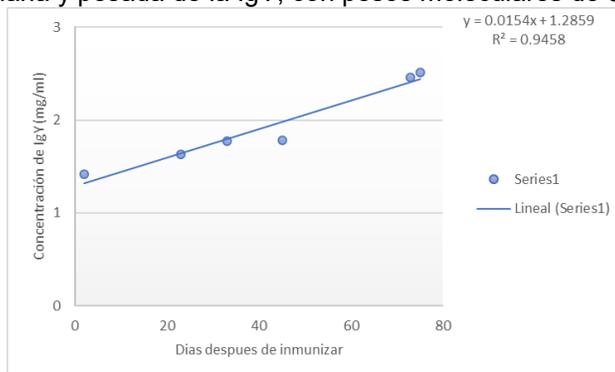


Figura 2. Análisis de regresión lineal simple entre la concentración de anticuerpos obtenida y los días de colección de huevos después de la inmunización

Inmunodetección por medio de la técnica de Western Blot. Las bandas de mayor inmunogenicidad obtenidas por SDS-PAGE y posterior western blot fueron aquellas que se ubicaron en el rango de los 38 kDa, situación que fue común en los lugares donde se formó el complejo antígeno-anticuerpo constituido por el antígeno recombinante C6XFB8 y el anticuerpo CaLas IgY, el que además fue reconocido en forma específica por el anticuerpo secundario correspondiente al anticuerpo policlonal de la clase IgG1 anti-IgY de gallina.

CONCLUSIONES

El perfil electroforético bajo condiciones desnaturalizantes, fue el método más eficiente para obtener una inmunoglobulina de 68 kDa y 38 kDa correspondientes a la cadenas pesadas y ligeras del anticuerpo policlonal de tipo IgY anti-CaLas, el cual, de acuerdo a los resultados de la evaluación obtenida contra el antígeno recombinante C6XFB8, pueden ser potencialmente utilizados con éxito en una técnica inmunoenzimática para la detección temprana de *Candidatus Liberibacter asiaticus*.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal: “Desarrollo de un método inmunoenzimático para la detección temprana de *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CaLas) causante del Huanglongbing (HLB)”, con registro en el Sistema Integral de Gestión Institucional (SIGI) 11211333829.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeyda LIH, Alvarez OMG, Rodríguez QCG, Mendoza HA, Hernández HAB, y Castañeda ARO. 2018. Memorias Avances en Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal, Acuicola, Pesquería, Desarrollo Rural, Transferencia de Tecnología, Biotecnología Ambiental, Recursos Naturales y Cambio Climático. 1590-1600.
- Bassanezi RB, Montesino LH, and Stuchi ES. 2009. Effects of Huanglongbing on Fruit Quality of Sweet Orange Cultivars in Brazil. *European Journal of Plant Pathology*. 125:565-572.
- García GYM, Marín MM, y Gutiérrez SP. 2012. Generación de anticuerpos policlonales para la detección de la variante genotípica GIII de PVY, en cultivos de tomate de árbol y papa de Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*. 14(1): 245-255.
- Laemmli, U.K. 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. *Nature*, 227: 680–685.

Manouchehr M., and Pharm R. 2002. Purification of anti-HbsAg from egg yolks of immunized hens and its application for detection of HBsAg. Arch Iranian Med. 5(2): 91-93.

Sección: Biotecnología y Genómica

HEREDABILIDAD GENÓMICA DE CARACTERES DE INTERÉS AGRONÓMICO EN UNA POBLACION F2 DE MAÍZ

Luis Antonio Díaz García¹, Omar Iván Santana¹, Dolores Briones Reyes², Alfonso Peña Ramos¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Mexico.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Tlaxcala, Tlaxcala, Mexico.

diaz.antonio@inifap.gob.mx

Palabras clave: maíz, mejoramiento, heredabilidad genómica

INTRODUCCIÓN

La importancia del maíz a nivel mundial ha llevado a numerosas investigaciones y el establecimiento de programas de mejoramiento genético, con el objetivo de incrementar la producción y calidad tanto de grano como de forraje. En México, el maíz ocupa el primer lugar por área cultivada, y es donde más maíz se consume para alimentación de su población. Sin embargo, la producción nacional no satisface la demanda, por lo que anualmente se importan más de 9 millones de toneladas (SIAP). En maíz, los avances en el área de la genómica y el modelado estadístico han permitido crear estrategias de selección asistida por marcadores y predicción genómica, los cuales han reducido de manera significativa los ciclos de mejoramiento (Zhang *et al.*, 2017). Entre otros factores, la cuantificación precisa de la heredabilidad de caracteres de interés agronómico, particularmente aquellos que se intenta seleccionar, es primordial para el diseño e implementación de estrategias de mejoramiento eficientes. La heredabilidad es la porción de la variación fenotípica que es atribuible a factores genéticos (De Los Campios *et al.*, 2015). Con la amplia disponibilidad actual de métodos masivos de genotipado, la heredabilidad puede estimarse a partir de estructuras de relación entre individuos que no necesariamente deben estar emparentados. En el presente trabajo, se determinó la heredabilidad genómica de 14 fenotipos de interés agronómico en una población F2, a partir de genotipado de alta densidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

La población evaluada en el presente estudio fue una F2, derivada a partir de Pab7 y Pab8 (Peña-Ramos *et al.*, 2017). La genotipificación se realizó en 90 plantas F2, mientras que la fenotipificación en familias F3 generadas a partir de la autopolinización de cada una de las plantas F2.

Genotipificación de población F2

Las plantas F2 fueron establecidas en el INIFAP Campo Experimental Santiago Ixcuintla, en Nayarit. Para cada planta, se tomaron pequeñas muestras de tejido joven y sano, y se enviaron a CIMMYT para extracción de ADN y posterior genotipado mediante *genotyping-by-sequencing*. Los marcadores tipo SNP obtenidos fueron posicionados con base en el genoma de maíz v5. Así mismo, se realizó un filtrado para eliminar aquellos marcadores con más de dos alelos o con más de 20% de datos perdidos.

Fenotipificación de familias F3

La fenotipificación se llevó a cabo en familias F3, derivadas a partir de cada planta F2 genotipada, en el INIFAP Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes. Las familias se establecieron en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. Cada unidad experimental consistió en un surco de 5 metros con 30 plantas aproximadamente. El cultivo se mantuvo bajo condiciones de manejo agronómico óptimo. Los fenotipos evaluados fueron: floración masculina y femenina, altura de planta, altura de mazorca, acame de raíz y tallo, peso en campo, número de mazorcas, proporción de mazorcas podridas, porcentaje grano, porcentaje de humedad en grano, proporción de plantas afectadas por pudrición del tallo (*Fusarium* Spp.), calificación de mazorca, y calificación general de la planta.

Análisis de datos y cálculo de heredabilidad genómica

Los datos se analizaron con el paquete de R sommer (Covarrubias-Pazarán, 2016), utilizando un modelo mixto en el que se incluyeron efectos de fila y columna (para modelar la variabilidad espacial mediante un *spline* de 2 dimensiones), y una matriz de varianza-covarianza A que describe la relación aditiva entre individuos. La matriz A se construyó con la función A.mat del mismo paquete, utilizando la matriz de marcadores filtrados para cada uno de los individuos F2. La heredabilidad genómica para cada variable se calculó con $h^2 = Vg / Vg + Ve$ (De Los Campos *et al.*, 2015). Así mismo, se calcularon correlaciones genéticas entre los caracteres fenotipados.

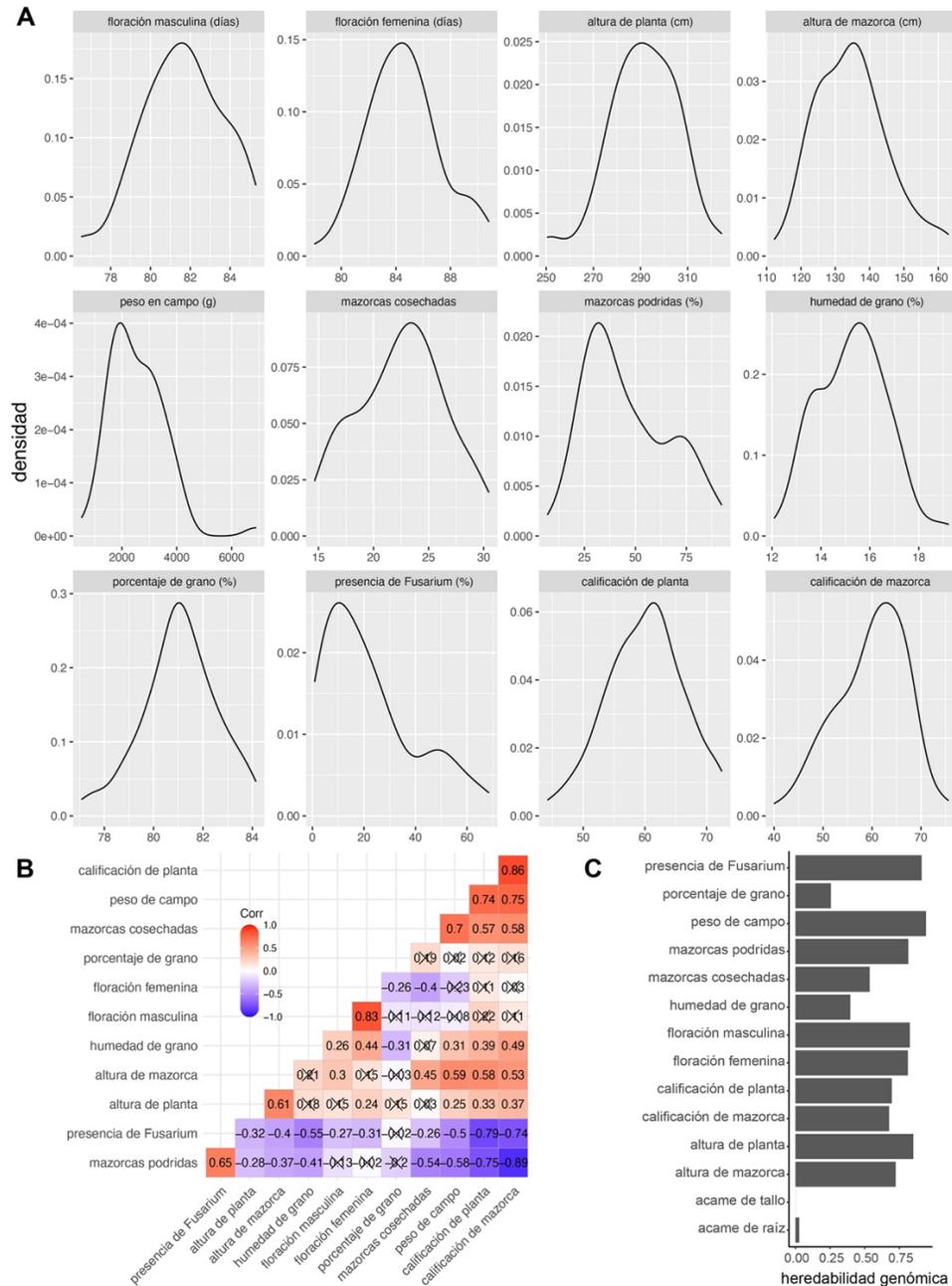


Figura 1. Variación fenotípica en una población F2 de maíz. (A) Distribución observada en caracteres de interés agronómico (se muestran solo fenotipos con hereditabilidad > 0). (B) Correlación genética entre caracteres; correlaciones no significativas (a p=0.05) se muestran con una X. (C) Hereditabilidad genómica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente estudio, se fenotipificó una población de maíz F2 compuesta por 90 familias, para caracteres de interés agronómico y/o componentes de rendimiento. Se observó gran variación en la mayoría de los rasgos evaluados. Para floración masculina, se observaron valores entre 75.55 y 85.29 días después de siembra, y entre 78.06 y 90.80 para floración femenina, con una correlación entre variables de 0.83. La altura de planta estuvo entre 250.6 y 324.4 cm, con una media de 291.5 cm. Así mismo, la altura

de mazorca fue de entre 112.3 y 162.9 cm, con una media de 134.9 cm; estas dos variables presentaron una correlación alta, como se esperaba. El acame a nivel de raíz, así como a nivel de tallo, fue prácticamente nulo en la población evaluada. El peso de campo presentó gran variabilidad, mayor a 6x, con valores entre 538 y 6877 g, y una media de 2541 g. Peso de campo presentó una correlación genética elevada con calificación de planta, altura de mazorca, y mazorcas cosechadas (>0.59). Referente a número de mazorcas cosechadas, esta población exhibió valores entre 14.66 y 30.46, con una media de 22.45 mazorcas. Esta variable presentó correlación significativamente positiva con peso de campo, calificación de planta, y calificación de mazorca. De manera inesperada, se observó una correlación negativa (-0.54) entre mazorcas cosechadas y la porción de mazorcas podridas, que presentó valores de entre 7.00 y 92.28% (de las mazorcas cosechadas). Para porcentaje de humedad en grano, se registraron valores de entre 12.09 y 19.20%, con una media de 15.27%. Porcentaje de grano mostró valores de entre 77.09 y 84.14%, con una media de 81.06%, y mostró poca correlación con el resto de las variables medidas. Para presencia de *Fusarium*, se observaron valores de entre 0.87 (prácticamente resistencia) y 68.42%, con una media 22.50%. De manera interesante, esta variable presentó una correlación negativa con humedad de grano (-0.55) y número de mazorcas podridas. Calificación de mazorca y planta estuvieron altamente correlacionadas (0.86), y presentaron valores en los rangos 40.05-75.56 (media=59.73) y 44.25-72.43 (media=60.02), respectivamente.

La heredabilidad genómica, que se obtiene a través de la utilización de marcadores moleculares y la construcción de matrices de relación entre individuos, varió entre 0 y 0.94. Acame de raíz y tallo presentaron heredabilidades de 0 o muy cercanas a 0. Por otro lado, porcentaje de grano y humedad de grano tuvieron valores de bajos a medianos, con 0.25 y 0.39, respectivamente. El número de mazorcas cosechadas tuvo una heredabilidad de 0.53, mientras que la calificación de mazorca y planta mostraron valores similares, de 0.67 y 0.69, respectivamente. Altura de mazorca, y altura de planta, los cuales mostraron una correlación elevada, tuvieron heredabilidades de 0.72 y 0.85, respectivamente.

En términos generales, la heredabilidad de los fenotipos evaluados en esta población F2 coinciden con valores previamente observados. Por ejemplo, Liu *et al.*, 2018 calculó heredabilidades para altura de planta, rendimiento de grano, peso de grano, y otros componentes de rendimiento, de entre 0.68 y 0.95.

CONCLUSIONES

Los fenotipos medidos en una población F2 derivada a partir de Pab7 y Pab8, y que están relacionados con caracteres de interés agronómico, presentaron valores de heredabilidad de medianos a altos (0.25-0.95). Acame de raíz y tallo, al presentar virtualmente nula variación fenotípica, tuvo heredabilidades de 0 o cercanas a 0. El uso de marcadores moleculares para la construcción de matrices de varianza-covarianza entre individuos elimina la necesidad de generar poblaciones estructuradas/emparentadas para el cálculo de heredabilidad.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTA FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Mapeo genético de factores de tolerancia a pudrición del tallo de maíz e implementación de esquemas de selección asistida por marcadores moleculares”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Zhang X. Pérez-Rodríguez P. *et al.* (2017) Rapid Cycling Genomic Selection in a Multiparental Tropical Maize Population. *G3 Genes|Genomes|Genetics*. 7(7):2315–2326.
2. Covarrubias-Pazarán G. (2016) Genome-Assisted Prediction of Quantitative Traits Using the R Package *sommer*. *PLoS ONE* 11(6): e0156744.
3. Liu X. Wang H. *et al.* (2018). Factors affecting genomic selection revealed by empirical evidence in maize. *The Crop Journal*. 6(4):341-352.
4. de Los Campos G. Sorensen D. and Gianola D. (2015) Genomic heritability: what is it?. *PLoS Genetics*. 11(5):e1005048.

Sección: Biotecnología y genómica

FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

CARACTERIZACIÓN NUTRIMENTAL DE *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, VARIEDAD MILPA ALTA

Bertha Patricia Zamora Morales¹, Aurelio Báez Pérez², Abel Quevedo Nolasco³
Vicente Santacruz García⁴, Jorge Artemio Zegbe Domínguez⁵, Marisela Cristina Zamora Martínez⁶

¹CENID-COMEF-INIFAP; ²CE Bajío-CIRCE-INIFAP; ³Programa de Hidrociencias -MONTECILLO-CP;
⁴Consultor Externo; ⁵CE Zacatecas-CIRNOC-INIFAP, ⁶CENID-COMEF-INIFAP

zamora.patricia@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, nopal-verdura, calidad nutrimental,

INTRODUCCIÓN

Aun cuando la tendencia en el consumo de Nopal-verdura se ha incrementado en los últimos años a nivel nacional e internacional, por poseer un bajo valor calórico, alto contenido en fibra, cualidades nutricionales y funcionales, además de que su comercialización en el ámbito internacional lo coloca como un producto con oportunidad creciente, se identifican vacíos de conocimiento que limitan su comercialización, por lo que el objetivo del estudio fue realizar la caracterización nutrimental de cladodios de Nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa bajo diferentes sistemas de producción. A partir de un trabajo de campo participativo se seleccionaron de manera aleatoria un total de cuatro Unidades de Producción Familiar de la Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México. En los cuatro sitios seleccionados se recolectaron muestras de suelo y material vegetal, para evaluar la fertilidad, y valor nutricional, respectivamente. Mediante una prueba de comparación de medias se analizaron los datos obtenidos del laboratorio para cada una de las variables bajo estudio. La información resultante no mostro diferencias significativas entre los sistemas de producción evaluados respecto del contenido nutrimental de los cladodios de Nopal-verdura. Los valores nutrimentales identificados en el material vegetal indicaron que, para el caso de los macronutrientes, estos se encuentran dentro de los valores óptimos reportados en la literatura, sin embargo, los niveles de micronutrientes en particular los niveles de Zn, Fe y Cu fueron deficientes. Con la información generada se dan elementos que apoya la integración de fichas descriptivas, de los de cladodios de Nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa, y evidencia la necesidad de mejorar los sistemas de producción en particular los programas de fertilización, con lo que se puede favorecer la calidad nutrimental del producto y la comercialización del mismo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la zona productora de Nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, de la alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México (19°04' y 19°12' de latitud norte y los 98°57' y 99°08' de longitud oeste), Altitud de 2230 a 3680 msnm. En un total de cuatro sitios (Unidades de Producción Familiar: UPF), en el mes de marzo del 2020, se recolectaron muestras de suelo y material vegetal, para evaluar la fertilidad y valor nutricional, respectivamente. En cada sitio se colectaron un total de tres muestras compuestas dando un total de 12 muestras; cada una constituida a partir de cinco submuestras. Las muestras de suelo se trasladaron y procesaron en el Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP, Campo Experimental Bajío. El análisis físico y químico del suelo incluyó 18 variables, entre las que se incluyen las determinaciones Físicas: textura, punto de saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente. Determinaciones químicas: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo extractable Bray-1 u Olsen (según el pH alcalino o ácido), macro elementos y

micro elementos. Salinidad: pH en extracto de saturación, bases intercambiables, salinidad efectiva y relaciones de cambio. La determinación de las propiedades físicas y químicas se realizó con base en los lineamientos de la Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Para el análisis vegetal, en cada sitio se colectaron un total de tres muestras, cada una constituida por tres cladodios medianos para dar un total de doce muestras. El sitio de colecta del material vegetal coincide con el punto de muestreo de suelos. El material colectado, empaquetado y etiquetado se colocó en hieleras para su traslado al Laboratorio Nacional de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP, Campo Experimental Bajío en el cual se realizó su acondicionamiento, para realizar a cada una las siguientes determinaciones: peso húmedo, peso seco, humedad, área y grosor. El secado se efectuó en una estufa de aire forzado a 72 °C por 72 horas. Después de secar el material vegetal se procedió a la molienda, para preparar las muestras para sus determinaciones analíticas el cual incluyó el contenido de minerales y proteína.

RESULTADOS

Las determinaciones físicas de los suelos muestran que éstos tienen una textura franca con cuatro variantes La densidad aparente varío entre .96 y 1.38 g cm³. No se observa compactación excepto en el sitio denominado "S3c". El punto de saturación fluctuó entre 50 y 723 %, mientras que la capacidad de campo entre 30 y 54 % y el punto de marchitez permanente entre 15.8 y 28.4 %. Los sistemas de cultivo con un estrato superficial de material orgánico suponen mayor conservación de la humedad.

Los resultados de fertilidad de suelo indican que el pH varió de ácido a alcalino. El contenido de materia orgánica fluctuó de bajo a alto. Tomando en cuenta que el sitio de estudio se encuentra enclavado en una zona volcánica, que es parte del eje neovolcánico transversal, y que la vegetación original corresponde a bosque de pino-encino, se considera factible que los suelos más ácidos correspondan a suelos *Andosoles* ya perturbados, por acciones de deforestados y sistemas de producción agrícolas. Para este tipo de suelos un contenido de 3 o 5 % de materia orgánica es clasificado como bajo. Se observó un elevado contenido de N inorgánico (N-NO₃ + N-NH₄) y fósforo extractable. Ello se debe a los abundantes y constantes aportes de materia orgánica, que van desde el material vegetal del nopal resultado de las podas, estiércol equino, materiales como aserrín y diversos tipos de pajas. Tanto el contenido de macro elementos, como el de micro elementos también se encuentran en elevadas concentraciones.

El estudio de salinidad, indico que los suelos no presentan problemas serios en contenido de sales; sin embargo, si se considera que los suelos predominantemente son de origen volcánico, originalmente fueron ácidos, posible inferir que el cambio de uso de suelo y la continua aplicación de insumos agrícolas durante décadas ha permitido llevar los suelos de ácidos a ligeramente alcalinos, lo cual es un elemento a destacar, ya que el cambio de una unidad de pH a otra unidad de pH implica una diferencia de 10 veces, ya sea ácido o alcalino, dos unidades implican una diferencia de 100 veces y 3 unidades de 1000 veces. Es decir que de pH 5 a pH 8 implica un cambio de 1000 veces, lo cual se aprecia en algunos suelos en este estudio, el cambio fue dramático. Sin embargo, el nopal es un cultivo rústico, con alta tolerancia a la sequía y alcalinidad.

El análisis de tejido vegetal, mostro que la humedad de las muestras frescas de nopal fluctuó entre 91.8 y 94.6 %. Menor humedad implica mayor cantidad de fibra y viceversa. No hubo diferencias estadísticas significativas (p<0.05) entre sitios en este parámetro.

La norma NMX-FF-068-SCFI-2006 incluye entre las especificaciones de madurez de consumo el tamaño, la edad, el grosor de la cutícula y el color, pues indica que se considera apto para consumo al nopal tierno o brote (cladodio joven o inmaduro), de 7 a 30 cm de longitud, de 10 a 40 d de edad, que presenta cutícula

delgada. Las muestras del presente estudio según la norma NMX-FF-068-SCFI-2006 corresponden a la clasificación B.

Los resultados del análisis proximal de tejido vegetal de nopal verdura, indicaron que la humedad de las muestras de cladodios fluctuó entre 93.3 y 94.1 %, mientras que la materia seca se ubicó entre 5.9 y 6.7 %. No hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) en estos parámetros. La proteína cruda y grasa en fresco resultó menor al 1% con base en el peso fresco y entre 12.41 y 14.4% con base en el peso seco. El sitio uno fue el que presentó mayor contenido de proteína. Por otra parte, el contenido de ceniza fluctuó entre 17.6 y 19.6 % con base en el peso seco y entre 1.1 y 1.3 % con base en el peso fresco. Estos resultados coinciden con lo reportado por González *et al.* (2016).

La nutrición vegetal del nopal de verdura es un factor importante para la calidad del producto y la nutrición humana. El contenido de nutrientes está relacionado con la edad de la planta, las prácticas de fertilización, la disponibilidad de agua y el pH del suelo. Aunado al contenido de minerales, el nopal de verdura también contiene vitamina C y carotenoides.

Tomando como referencia lo señalado por Blanco-Macías *et al.* (2009) respecto de los rangos de suficiencia óptimos en nopal (en porcentaje), los datos obtenidos en este trabajo para el contenido de N, P, K y Mg fueron óptimos, mientras que el contenido de Ca, fue ligeramente deficiente. Los niveles de Zn, Fe y Cu fueron deficientes. El Mn por su parte fue suficiente.

En el caso específico del Zn, éste es un elemento que frecuentemente se encuentra deficiente en los suelos y bajo en el contenido de varios cultivos. El papel que juegan los micronutrientes en la salud humana es esencial; el Zn se encuentra presente en todos los órganos, tejidos, fluidos y secreciones del cuerpo humano. Aproximadamente 83 % del Zn en el cuerpo está presente en el músculo y hueso, y 95 % se encuentra a nivel intracelular y desempeña una función importante en más de 300 enzimas, incluidas las de ADN. Por ello la importancia de su contenido en los vegetales para el consumo humano y un factor que puede asociarse a la calidad nutrimental.

El contenido de proteína en el nopal de verdura puede parecer alto con base en su peso seco, pero éste corresponde sólo entre 6 y 7 % de peso total. Esto quiere decir que, en 100 g, de nopales frescos se consume alrededor de 0.8 g de proteína cruda. Sin embargo, el valor nutricional del nopal de verdura radica en su contenido de minerales y fibra. Otras moléculas contenidas en el nopal, como la lectina, proteína asociada al reconocimiento de bacterias y patógenos que favorece la relación simbiótica en la flora intestinal, además de que detecta residuos glucosilados que pueden actuar contra daños en el organismo. De ahí su valor como planta medicinal.

CONCLUSIONES

Si bien el nopal se considera como un cultivo rústico, por la gran capacidad de adaptación a condiciones de producción extremas, el sistema de producción bajo el cual se establecen plantaciones comerciales de Nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa, en Milpa Alta CDMX, si tiene un efecto directo respecto a las características nutrimentales de los cladodios, en particular para el caso de los micronutrientes Zn, Fe y Cu, elementos asociados a la calidad comercial del producto.

Programas de fertilización adecuados para las Unidades de producción Familiar de la Alcaldía Milpa Alta CDMX, pueden favorecer la cadena comercial de Nopal-verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, variedad Milpa.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados se generaron en el marco del proyecto "Diagnóstico técnico-productivo de las Unidades de Producción Familiar de la Cadena Nopal-verdura de la Alcaldía Milpa Alta, Ciudad de México".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Blanco-Macías, F., R. Magallanes-Quintanar, R. D. Valdez-Cepeda, R. Vázquez-Alvarado, E. Olivares-Sáenz, E. Gutiérrez-Ornelas y J. A. Vidales-Contreras. 2009. Comparación entre normas DNC y estándares nutrimentales de la técnica de curva límite: CASO Opuntia ficus-indica L. Revista Chapingo Serie Horticultura 15: 217-223.
2. González, D., R. Ramírez, M. Mendoza, S. Mosqueda, A. Reyes A. García-Muñoz. 2016 Estudio nutricional del nopal (Opuntia ficus-indica L. Miller) en sus diferentes tipos de cocción. CAUCE 13:2-16.
3. NMX-FF-068-SCFI-2006. <http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2007/nmx-ff-068-scfi-2006.pdf>. Fecha de consulta 12/05/2020.
4. NOM-021-RECNAT-2000. <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wo69255.pdf>. Fecha de consulta 12/05/2020

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

APLICACIÓN DE FUENTES ACIDIFICANTES AL SUELO Y SU EFECTO EN LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

Alejandro Perez Rosales*1, Yoxkin Estévez Martínez1, Javier Silva Barranco1, Adalit Arias Aragón1, Alma Velia Ayala Garay1.

1Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio

alejandro.pr@acatlan.tecnm.mx

Palabras clave: Acidificación, salinización, amortiguamiento

INTRODUCCIÓN

Cualquier suelo con un $\text{pH} > 7$ es considerado alcalino. En los suelos alcalinos y calcáreos la pérdida de fertilizantes amoniacales por volatilización representa la mayor pérdida del nitrógeno aplicado, debido a la alta concentración de OH^- y CaCO_3 ; donde la alta actividad de OH^- genera una reacción con el NH_4^+ formando NH_4OH , y posteriormente NH_3 y $2\text{H}_2\text{O}$ (Appelo y Postma, 2005). Esta pérdida de N ha sido estimada alrededor del 1 a 60% del total del N aplicado en la agricultura y ocurre inmediatamente después de la fertilización (Osumanu *et al.*, 2008). Ante esta problemática se han propuesto alternativas para disminuir esta pérdida de fertilizante, siendo las más utilizadas la aplicación ácidos inorgánicos, azufre elemental, materia orgánica y sales de reacción ácida. En este sentido el uso de ácidos (sulfúrico, fosfórico o nítrico) se hace de manera empírica, a través de la dosificación de niveles crecientes de la fuente acidificante hasta un pH objetivo, suponiendo que la acidificación presenta una tendencia lineal e ilimitada, sin embargo, esta tendencia es específica para cada suelo y depende de su capacidad de amortiguamiento. De este modo, las deposiciones acidas en el suelo producen modificaciones en su pH y pérdidas aceleradas de las bases de intercambio (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+), e inducen la movilización de otros elementos por competencia por los sitios de intercambio. Es decir, Por cada adición de H^+ al suelo, se desplaza una cantidad equivalente de cationes que son liberados a la solución del suelo, cuya cantidad de bases de intercambio desplazadas depende de la concentración presente en la solución de desplazamiento. Dicho desplazamiento iónico puede cuantificarse de manera indirecta a través de la conductividad eléctrica (C.E.), que a su vez es un indicador de la salinización. La salinización es una de las consecuencias de la acidificación, causada por las reacciones de desplazamiento y sustitución de las bases de intercambio por el incremento en la concentración de H^+ , produciendo una degradación química, física y biológica. Bajo este contexto, el objetivo de esta investigación fue estimar la tasa de acidificación de suelos con tres fuentes acidificantes y su efecto en la C.E.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 4 suelos agrícolas y una arcilla del grupo de las montmorillonitas (bentonita cálcica), con $\text{pH} > 8$, a los cuales se les determinó textura-Bouyoucos, $\text{pH}_{2:1}$, $\text{CE}_{5:1}$ y CIC-AgTU_n^+ (Sonmez, *et al.*, 2008, Perez *et al.*, 2017) (Cuadro 1). Para la estimación de la tasa de acidificación con ácido sulfúrico (AS) se utilizó la metodología de Hartikainen y Simojoki (1997). En cuanto a la acidificación con sulfato de aluminio (SA) y sulfato ferroso (SF) se emplearon 10 g de suelo secado al aire y tamizado a 2 mm., que se depositaron en botes de polipropileno de 100 mL. A cada bote con suelo se le adicionó 12 ml de agua destilada hervida; posteriormente, se pesaron al inicio de la incubación y diariamente hasta el final de la incubación, para que por diferencia de peso se adicionara la humedad perdida, a través de una jeringa con agua destilada y hervida para así mantenerla constante, a fin de reducir estas pérdidas por evaporación, los botes se taparon con parafilm. Dichos recipientes, se incubaron a 35°C durante 5 días. Al finalizar este periodo se retiraron de la incubadora y se determinó el pH, en esta determinación se agregó 8 ml de agua destilada y hervida para obtener una dilución suelo:agua de 1:2., posteriormente se agregaron 30 ml de agua destilada hervida y se dejó reposar por 24 h, para la lectura de C.E. con la relación 1:5. Las dosis empleadas para el AS fueron 0, 0.21, 0.33, 0.43, 0.64 $\text{mmol} \cdot 10 \text{ g S}^{-1}$ y para el SA y SF se emplearon 0, 0.05, 0.10, 0.20, 0.35 $\text{g} \cdot 10 \text{ g S}^{-1}$. El efecto de la adición de la fuente acidificante sobre el pH del suelo se determinó mediante análisis de regresión lineal simple, donde se compararon las tasas de acidificación y salinización.

Cuadro 1. Características químicas y físicas de los suelos estudiados

| Suelo | pH | CE dSm ⁻¹ | CIC meq 100g ⁻¹ S | Arcilla % |
|-------|------|-------------------------|---------------------------------|--------------|
| 1 | 8.08 | 0.13 | 11.56 | 14.52 |
| 2 | 7.69 | 0.41 | 16.88 | 24.52 |
| 3 | 7.97 | 0.20 | 21.73 | 32.52 |
| 4 | 7.40 | 0.18 | 30.79 | 42.52 |
| 5 | 9.46 | 1.30 | 62.75 | 95.84 |

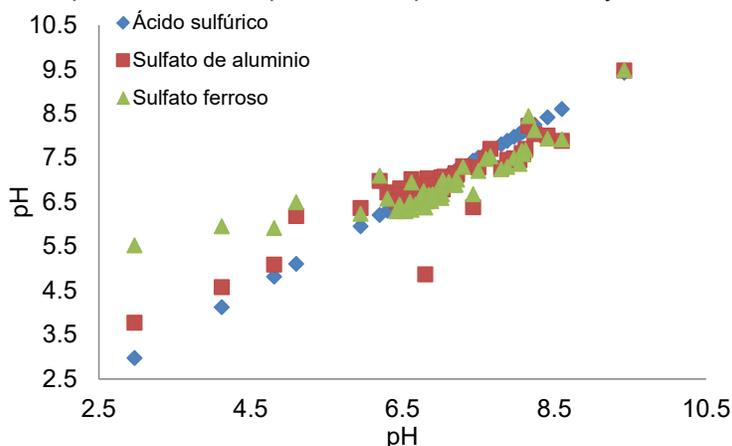
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con la utilización de las sales de reacción ácida se obtuvieron valores de pH menores a 6.5. En los suelos 1, 3 y 5 se presenta la mayor tasa de acidificación con el uso de AS con -5.07, -8.53 y -3.98 unidades de pH mmol⁻¹ de AS, respectivamente. Con el uso de SA se apreció un decremento acelerado en el pH en estos mismos suelos. Las tasas de acidificación producidas por la utilización de SF fueron menores que las obtenidas con las otras dos fuentes acidificantes (Cuadro 2). Las fuentes acidificantes presentan una tendencia similar en los suelos analizados, debido a la capacidad de neutralización del ácido que el tipo y cantidad de arcilla presentan (Figura 1). Estos resultados indican que en suelos con altas tasas de acidificación se presenta una baja capacidad de neutralización del ácido.

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión de para las dosis de fuentes acidificantes de suelo

| Suelo | Ácido sulfúrico | | Sulfato de aluminio | | Sulfato ferroso | |
|-------|-------------------|----------------|---------------------|----------------|-------------------|----------------|
| | Ec. Regresión | r ² | Ec. Regresión | r ² | Ec. Regresión | r ² |
| 1 | y = -5.07X + 8.02 | 0.97 | y = -2.55x + 7.68 | 0.93 | y = -0.80x + 7.49 | 0.74 |
| 2 | y = -2.23X + 7.94 | 0.91 | y = -0.67x + 7.49 | 0.77 | y = -0.50x + 7.44 | 0.84 |
| 3 | y = -8.53X + 8.12 | 0.98 | y = -4.12x + 7.58 | 0.93 | y = -0.97x + 7.49 | 0.86 |
| 4 | y = -2.28X + 7.81 | 0.89 | y = -0.52x + 7.22 | 0.66 | y = -0.35x + 7.10 | 0.75 |
| 5 | y = -3.98X + 9.18 | 0.96 | y = -4.31x + 9.09 | 0.97 | y = -1.28x + 8.88 | 0.83 |

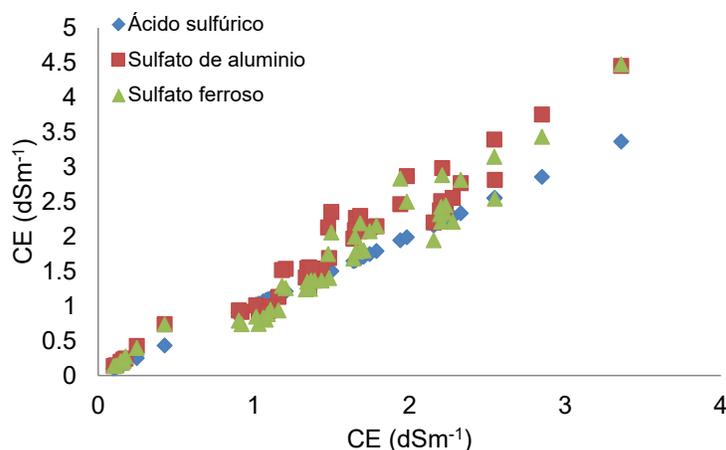
Figura1. Comparación del pH del suelo después de la aplicación de AS y sales de reacción ácida



La fuente acidificante que presenta un mayor incremento inicial en la C.E. es el AS y el SA, al igual que su efecto en la disminución del pH. De acuerdo con los resultados, después de la aplicación de las tres fuentes acidificantes del suelo se aprecia una tendencia similar sobre el incremento de la C.E. (Figura 2). Particularmente, el SF presenta una tasa de salinización entre 0.82-1.36 dSm⁻¹ mmol; SA 2.46-2.97 dSm⁻¹ mmol y AS con 2.81-3.18 dSm⁻¹ mmol (Cuadro 3). Las tasas de salinización obtenidas son productos de las reacciones de desplazamiento con las bases de intercambio presentes en los suelos, y es independiente del tipo y cantidad de arcilla, ya que con el gradiente de CIC utilizado se obtienen tasas de salinización

similares. En el suelo 5 se obtienen las mayores tasas de salinización, debido a que la arcilla está saturada con Ca^{2+} , motivo por el cual se observa dicha tendencia.

Figura 2. Comparación de la C.E. del suelo después de la aplicación de AS y sales de reacción acida



Cuadro 3. Ecuaciones de regresión para C.E después de la aplicación de acidificantes de suelo

| Suelo | Ácido sulfúrico | | Sulfato de aluminio | | Sulfato ferroso | |
|-------|--------------------|-------|---------------------|-------|--------------------|-------|
| | Ec. Regresión | r^2 | Ec. Regresión | r^2 | Ec. Regresión | r^2 |
| 1 | $y = 2.81x + 0.21$ | 0.97 | $y = 2.14x + 0.55$ | 0.86 | $y = 1.11x + 0.31$ | 0.98 |
| 2 | $y = 3.18x + 0.37$ | 0.98 | $y = 2.13x + 0.75$ | 0.92 | $y = 1.03x + 0.58$ | 0.96 |
| 3 | $y = 3.14x + 0.17$ | 0.99 | $y = 2.64x + 0.51$ | 0.94 | $y = 1.13x + 0.39$ | 0.97 |
| 4 | $y = 3.12x + 0.27$ | 0.98 | $y = 2.15x + 0.61$ | 0.85 | $y = 0.82x + 0.49$ | 0.90 |
| 5 | $y = 3.11x + 1.44$ | 0.98 | $y = 2.97x + 1.68$ | 0.93 | $y = 1.36x + 1.47$ | 0.98 |

CONCLUSIONES

La acidificación induce la respuesta amortiguadora de los componentes del suelo que dependen de la abundancia, naturaleza y reactividad de las bases conjugadas presentes.

El uso de sales metálicas que hidrolizan la molécula del agua, producen un efecto acidificante similar al ácido.

La utilización de cualquier fuente acidificante en el suelo induce el incremento en la CE, lo que implica que un uso excesivo de estos tiende a solubilizar elementos tóxicos a los cultivos y promueve la degradación de los suelos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Appelo, C. A. J.; Postma, D. 2005. *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Second Edition. Amsterdam the Netherland. p. 175 -240.
- Osumanu, H. A.; Aminuddin, H.; Husni, M. H. A. 2008. Ammonia volatilization and ammonium accumulation from urea mixed with zeolite and triple superphosphate. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*. 58: 182-186.
- Sonmez, S., Buyuktas, D.; Okturen, F.; Citak, S. 2008. Assessment of different soil to water ratios (1:1, 1:2.5, 1:5) in soil salinity studies. *Geoderma* 144: 361-369
- Pérez, R., A.; Galvis, S. A.; Bugarín, M., R.; Hernández, M., T. M.; Vázquez, P., M. A.; Rodríguez, G. A. 2017. Capacidad de intercambio catiónico: descripción del método de la tiourea de plata (AgTU_n^+) *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(1): 171-177.
- Hartikainen, H.; Simojoki, A. 1997. Changes in solid- and solution-phase phosphorus in soil on acidification. *European Journal of Soil Science*, 48: 493-498

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS SUSTENTABLES PARA NUTRICIÓN EN EL CULTIVO DE LIMÓN MEXICANO, EN LA REGIÓN DE TIERRA CALIENTE, MICHOACÁN

Rosa Gabriela Coria Mora¹, Victor Manuel Coria Avalos^{1*}, Magali Ruiz Rivas¹, H. Jesús Muñoz Flores¹, Raúl Hernández Hernández²

¹CE Uruapan-CIRPAC-INIFAP. ²Asesoría y servicios agropecuarios del Cupatitzio, S.C.

coria.victormanuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Limón mexicano, Nutrición biológica y orgánica,

INTRODUCCIÓN:

Para el año 2021, en el estado de Michoacán, se cultivan 63,896 ha de limón mexicano *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle, de las que se obtuvo una cosecha para el año 2020 de 798,235 T, que representan el 31 % de la producción nacional (SIAP, 2021). Para la generación de buenas cosechas, en cada ciclo de producción se incorporan al suelo grandes cantidades de fertilizantes químicos, que actualmente evidencian impactos de deterioro en el suelo, agua y al entorno ambiental, principalmente por el suministro de fuentes de fertilizantes nitrogenados. Lo anterior denota la necesidad de incorporar innovaciones tecnológicas para nutrición del cultivo que sean más sustentables, que favorezcan la recuperación de los suelos y cuerpos de agua, así como de microorganismos benéficos, pero que preserven la productividad del cultivo. Con base en lo anterior, se efectuó el presente trabajo con los siguientes objetivos: a) Evaluar la efectividad biológica de un consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos para el incremento en la producción de fruta en el cultivo de limón mexicano *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle en un huerto de Francisco J. Múgica, Michoacán. b) Evaluar la posible fitotoxicidad de la aplicación al suelo y foliar del consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos sobre las plantas de limón mexicano *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle en un huerto de Francisco J. Múgica, Michoacán.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El ensayo se realizó en una plantación de limón mexicano, *Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle, de tres años de edad, establecida en altas densidades; es decir, aún en etapa de crecimiento, pero ya en producción (huerto joven), lo que permitió cuantificar el impacto de los tratamientos sobre el desarrollo reproductivo de la planta. Se utilizó un diseño experimental "Completamente al azar" para evaluar el impacto de tres tratamientos descritos en el Cuadro 1, utilizando 12 repeticiones de cada uno de ellos; la unidad experimental estuvo conformada por 1 árbol de limón mexicano.

Cuadro 1. Tratamientos en consorcio de biofertilizantes para nutrición en el cultivo de limón mexicano. Francisco J. Múgica, Michoacán. 2019-2020.

| No. | Tratamiento | Ingrediente activo | Dosis de producto formulado (L/Kg) |
|-----|----------------------------------|---|--|
| T1 | Biológicos + orgánicos + químico | (Micorriza y azospirillum) + (Ácidos húmicos y fúlvicos) + (Extracto de algas marinas) + (Composta orgánica) + N-P-K químico) | (2.0) + (0.4) + (0.5) + (625) + (0.3-0.14-0.14) |
| T2 | Biológicos + orgánicos + químico | (Micorriza y azospirillum) + (Ácidos húmicos y fúlvicos) + (Extracto de algas marinas) + (Composta orgánica) + N-P-K químico) | (1.0) + (0.2) + (0.25) + (312.5) + (0.3-0.14-0.14) |
| T3 | Químico | (N-P-K químico) | (0.6-0.28-0.28) |

La dosis de fertilizante químico, fue la sugerida por Manzanilla *et al.* (2015) para árboles de tres años de edad, en una plantación a altas densidades; incluye niveles de N-P-K en dosis de 0.6-0.28-0.28 kg/árbol; fraccionada para suministro en tres partes iguales durante el año. Para el tratamiento 1, se utilizó la dosis sugerida por el fabricante para los productos biológicos y orgánicos y se les agregó la mitad de la dosis sugerida de fertilizante químico. En el tratamiento 2 se utilizó la mitad de la dosis recomendada de productos biológicos y orgánicos y se le agregó la mitad de la dosis sugerida de fertilizante químico. El tratamiento 3 fue considerado como testigo de productor, se aplicó solo la dosis completa de fertilizante químico. Se realizaron tres aplicaciones al suelo y vía foliar, suministrados con una periodicidad de dos meses entre las aplicaciones. El parámetro para medición de la efectividad biológica de los tratamientos fue el volumen de producción de fruta cosechada en cada uno de los cortes efectuados. A los 14 días después de cada una de las tres aplicaciones (DDA) se hicieron revisiones visuales a los árboles, para evaluar posible fitotoxicidad de los tratamientos, con base en la escala EWRS. Finalmente, los datos obtenidos de las cosechas de fruta, fueron sometidos a un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, con la finalidad de determinar diferencias entre los tratamientos aplicados en campo. Posteriormente, los datos fueron sometidos a una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), para ordenar la efectividad biológica de los tratamientos.

RESULTADOS:

Para la primera cosecha de fruta, se encontró diferencia estadística no significativa ($\alpha=0.05$) entre tratamientos ($Pr>R=0.2714$); lo cual denota que la reducción en el suministro del 50 % de la dosis del fertilizante químico suplementado con los insumos orgánicos y biológicos, son una alternativa viable para mantener la productividad en el cultivo de limón. La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), mostró diferencia estadística no significativa entre tratamientos; se encontró que el tratamiento 1 que incluyó la dosis completa del consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos + la mitad de la dosis química recomendada convencionalmente, produjo el mayor volumen de producción, con 10.417 kg de fruta por planta; en tanto que el tratamiento 2 que incluyó la mitad de la dosis sugerida del consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos + la mitad de la dosis química produjo 7.708 kg de fruta por planta; mientras que en el tratamiento 3 que incluyó únicamente la dosis recomendada de fertilizante químico se obtuvieron 7.667 kg de fruta por planta, tal como se observa en la Figura 1.

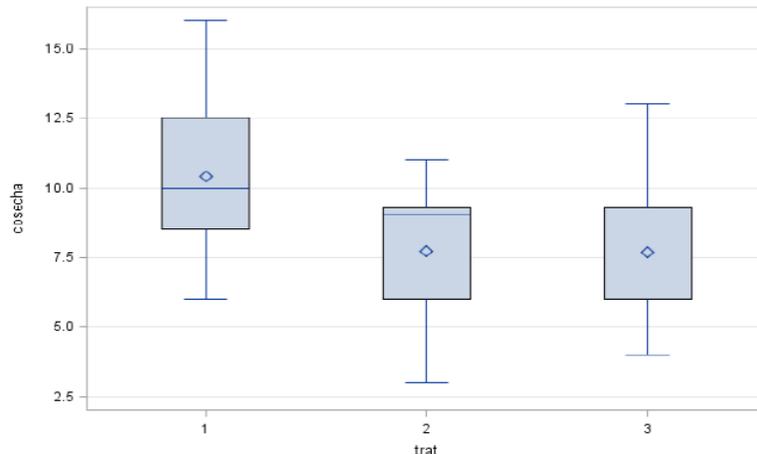
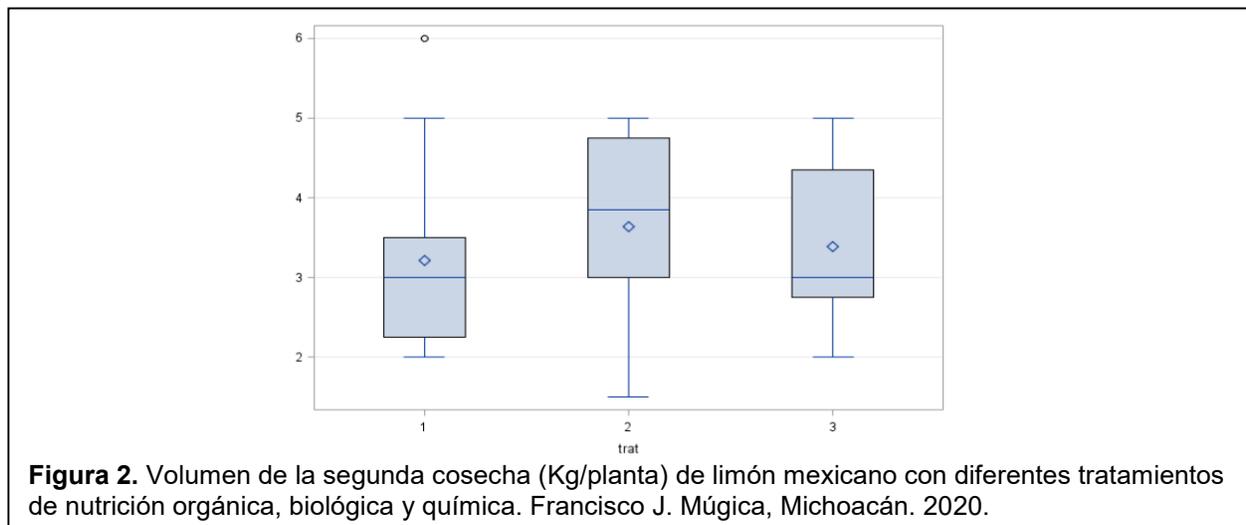


Figura 1. Volumen de la primera cosecha de fruta (kg/planta) en limón mexicano con tratamientos de nutrición orgánica, biológica y química. Francisco J. Múgica, Michoacán. 2020.

Para la segunda fecha de corte, se confirmó diferencia estadística no significativa ($\alpha=0.05$) entre tratamientos ($Pr>R=0.6799$); los valores de cosecha para esta evaluación, fueron más reducidos que los obtenidos en el primer corte de fruta, debido a que se trata de una huerta establecida en altas densidades y requiere necesariamente que el productor realice podas frecuentes y generalizadas de los árboles en la huerta. La prueba de Tukey ($\alpha=0.05$), muestra diferencia estadística no significativa entre tratamientos; que confirmó al tratamiento 1 que incluye al consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos + la mitad de la dosis química, como el que produjo mayor volumen de fruta, con 3.6417 kg de fruta por árbol; le sigue el tratamiento 2 que corresponde a la mitad de la dosis sugerida del consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos + la mitad de la dosis química, del que se obtuvieron 3.3917 kg de fruta por planta; en tanto que en el tratamiento 3 referente a la dosis recomendada de fertilización química convencional, se cosecharon 3.2083 kg de fruta por planta, tal como se observa en la Figura 2.

Los resultados obtenidos, fortalecen la hipótesis de que una reducción del 50 % en la dosis del fertilizante químico recomendado convencionalmente, suplementado con los insumos orgánicos y biológicos utilizados en esta prueba, son una alternativa viable para mantener la productividad en los huertos de limón, con la ventaja de que reducen a la mitad, los niveles de insumos químicos a la planta, lo que impactará favorablemente en la reducción de la tasa de contaminación en suelo y agua por la utilización de fertilizantes químicos, principalmente nitrogenados que actualmente se utilizan para nutrición en el cultivo de limón.



Para las dos fechas de corte realizadas se hizo revisión visual de las plantas de limón y de acuerdo con la escala EWRS, se cuantificó valor de 1, lo que denota que no se indujeron síntomas de fitotoxicidad en el cultivo por la aplicación de los tratamientos.

CONCLUSIONES:

Para las dos fechas de corte de fruta de limón efectuadas, se encontró impacto estadístico no significativo entre los tratamientos evaluados, lo que confirma la hipótesis de que la dosis completa del consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos + la mitad de la dosis química recomendada convencionalmente, preserva la productividad en el cultivo de limón.

El consorcio de fertilizantes biológicos + orgánicos aplicados al suelo y vía foliar, no indujeron síntoma alguno de fitotoxicidad en las plantas de limón mexicano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Chaudhary R.C., Nanda J.S. y Tran D.V. 2003. Requerimientos de nitrógeno (uso de la carta de colores de las hojas). *En:* Guía para identificar las limitaciones de campo en la producción de arroz. Depósito de documentos de la FAO. <http://www.fao.org/docrep/006/y2778s/y2778s05.htm> (Consulta: 18 de octubre de 2019).
2. Manzanilla R.M.A., Robles G. M.M., Orozco S.M., Velázquez M.J.J. y Carrillo M.S.H. 2015. Limón. *En:* Agenda Técnica Agrícola de Colima. SAGARPA. INIFAP. SENASICA. 2ª. Ed. Distrito Federal, México. p. 103-121.

3. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance siembras y cosechas 2020. SADER. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/ (Consulta: 25 de julio de 2021).
4. Statistical Analysis Systems (SAS). 1999. SAS/STA User's guide. Release 8. SAS, Cary, N.C., USA.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal.

VARIABLES QUÍMICAS Y FÍSICAS EN EL COMPOSTAJE DE MEZCLAS DE RESIDUOS AGROPECUARIOS EN EL BAJÍO, MÉXICO

Rubén García Silva ^{1*}, Ma. Eugenia Ramos Castro ², Martha Ramírez Vega ²

¹Campo Experimental Bajío, CIR Centro, INIFAP, ²Mar Bran S.A. de C.V.

*garcia.ruben@inifap.gob.mx

Palabras clave: Composta, Abono orgánico, Nutrientos

INTRODUCCIÓN

Hoy en día las empresas del ramo agroindustrial, productores de hortalizas, de ornamentales, fruticultores, de granos, etc. buscan aplicar estrategias de producción más eficientes y competitivas, para ello, una alternativa que ofrece dicha perspectiva es la práctica de una agricultura orgánica o sostenible, en la cual fertilización del cultivo con base compostas es crucial sea como fertilizante base o como un suplemento nutricional; el empleo de compostas ha demostrado la posibilidad de obtener alimentos más nutritivos e inocuos, además de ofrecer una mejora paulatina de la fertilidad de los suelos (García *et al.*, 2012).

El estiércol y los residuos de cosecha poseen un gran potencial como materias primas en la elaboración de una composta; la actividad agropecuaria del estado de Guanajuato ofrece una gran diversidad y cantidad de subproductos orgánicos, anualmente se producen en el estado cerca de 10 millones de ton de estiércol (vaca, cabra, ave y cerdo) y 4.3 millones de ton de residuos de gramíneas (INEGI, 2007). A fin de promover un aprovechamiento adecuado de dichos desechos orgánicos en el estado a través del compostaje, se estipuló la norma técnica ambiental de esquilmos del estado de Guanajuato NTA-IEG-005-2000, la cual representa una medida ecológica aceptable para deshacerse del alto cúmulo de estos residuos en finca, mejora de la fertilidad de los suelos degradados, evitar la quema de los rastrojos, impedir la pérdida de nutrientes, evitar olores desagradables, enfermedades, contaminación, etc. (I.E.G, 2000).

El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento de variables químicas y físicas durante las primeras cuatro semanas de compostaje (fase termofílica) de distintas mezclas de tipos de estiércol y de residuos de cultivos de gramíneas en la región del Bajío, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Campo Experimental Bajío, CIR Centro, INIFAP en Celaya, Gto., en el año 2019. Se analizó mediante el diseño experimental bloques al azar en arreglo de parcelas divididas, con tres repeticiones. Parcelas grandes fueron las cuatro primeras semanas de compostaje (SC): SC1, SC2, SC3 y SC4; parcelas chicas las constituyeron las mezclas de estiércol de gallinaza (G), vacuno (B), caprino (CA) y residuos de cosecha (Rc) de sorgo, trigo y brócoli, derivaron los tratamientos (T) siguientes: 1) G80%+Rc20%, 2) G60%+Rc40%, 3) B80%+Rc20%, 4) CA80%+Rc20% y 5) G100%, con una C/N inicial de 22, 30, 29, 29 y 11 respectivamente; la pila constituyó la unidad experimental (350 kg base seca y un volumen de 1.6 a 3.4 m³); los Rc se molieron y cribaron a 1/8", las pilas se humectaron a 80 % y se voltearon diariamente. Las variables estudiadas fueron: Nt, N-NO₃, N-NH₄, MO, C/N, pH, CE, Cenizas, y humedad. El análisis de varianza (ANVA) y la prueba de medias de acuerdo con Tukey con p≤0.05, se procesaron mediante el paquete SAS v.9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANVA indicó que el tiempo de compostaje en fase termofílica (semanas) y los tipos de mezcla de residuos agropecuarios (mezcla) afectaron significativamente a las variables de estudio, excepto Nt y C/N en la primera fuente de variación y nitratos en la segunda; la interacción tipos de mezcla * semanas sólo afectó a nitratos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de varianza de variables en las primeras cuatro semanas de compostaje (fase termofílica) y tipos de mezclas de residuos agropecuarios.

| Fuente de variación | Nt | N-NO ₃ | N-NH ₄ | C/N | Materia orgánica | Humedad | Cenizas | pH | CE |
|----------------------------|-----|-------------------|-------------------|-----|------------------|---------|---------|-----|-----|
| Tiempo de compostaje | NS | *** | *** | NS | ** | *** | *** | *** | *** |
| Tipos de mezcla (sustrato) | *** | NS | *** | ** | *** | *** | *** | *** | *** |
| Semanas * Mezclas | NS | * | NS | NS | NS | NS | NS | NS | NS |

En cuanto al tiempo de compostaje, la SC2 afectó a ambas formas de nitrógeno inorgánico en donde se dieron los valores máximos de N-NO₃ y N-NH₄, estos resultados coinciden con Pérez-Méndez *et al.* (2011) quienes encontraron que al aumentar el bagazo de caña de azúcar en un sustrato se manifestó la producción de NH₄ en fase termofílica, dicha variable es una indicadora de la maduración del sustrato; el contenido de MO sobresalió en la SC3 sin diferencia estadística con SC2; el pH máximo fue en SC4; la CE tuvo un comportamiento inverso a pH, de la cual resultó un valor máximo en SC3; la humedad mostró un valor máximo en SC1 y mostró un sentido decreciente conforme transcurrió el tiempo de compostaje; contrario a la humedad, sucedió en el contenido de cenizas con un valor mayor en la SC4 (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de variables estudiadas respecto al tiempo de compostaje en semanas.

| SC | N-NO ₃ | SC | N-NH ₄ | SC | MO | SC | Hum. | S C | Cen. | SC | pH | SC | CE |
|----|-------------------|----|-------------------|----|---------|----|--------|--------|--------|----|--------|----|--------|
| 2 | 1552 a | 2 | 1296 a | 3 | 26.7 a | 1 | 56.8 a | 4 | 50.7 a | 4 | 8.98 a | 3 | 18.3 a |
| 4 | 434 b | 1 | 937 b | 2 | 26.0 ab | 2 | 43.0 b | 3 | 37.1 b | 2 | 8.73 b | 2 | 15.0 b |
| 3 | 279 b | 4 | 792 b | 4 | 23.5 b | 3 | 36.3 c | 2 | 31.2 c | 3 | 8.65 b | 4 | 13.9 b |
| 1 | 261 b | 3 | 734 b | 1 | 22.7 c | 4 | 25.8 d | 1 | 20.6 d | | ND | | ND |

SC = semana de compostaje; la fuente de variación que presenta la misma letra no es estadísticamente distintos. ND = no determinado; MO = materia orgánica; Hum. = humedad; Cen = cenizas; CE = conductividad eléctrica.

En el Cuadro 3 se muestra la prueba de medias respecto a los tipos de mezclas de residuos agropecuarios (sustratos), se encontró que la mezcla con base en 100 % de gallinaza (T1) alcanzó los valores más altos de Nt sin diferencia con T4 y también N amoniacal; al respecto, Romero-Yam *et al.* (2015) señalaron que al adicionar gallinaza se incrementó el Nt, pero se redujo el de NH₄; T5 también incrementó el contenido de cenizas sin diferencia estadística con T3.

El T4 logró los valores máximos de MO, sin diferencia estadística con los tratamientos que contuvieron gallinaza; estos resultados coinciden con Pierre *et al.* (2009) quienes encontraron un incremento de la MO al variar las proporciones de caprinaza entre 33 y 50 %; la humedad fue máxima en T4 sin diferencia significativa con T3 y T2; el pH más alto resultó en T3.

Cuadro 3. Comparación de medias de variables estudiadas respecto a tipos de mezclas de residuos agropecuarios.

| T | Nt | T | N-NH ₄ | T | C/N | T | M.O. | T | Hum. | T | Cen. | T | pH | T | CE |
|---|---------|---|-------------------|---|---------|---|--------|---|--------|---|---------|---|-------|---|---------|
| 5 | 1.44 a | 5 | 1446 a | 2 | 13.7 a | 4 | 27.3 a | 4 | 45.6 a | 5 | 41.3 a | 3 | 9.8 a | 5 | 19.3 a |
| 4 | 1.24 ab | 1 | 1086 b | 1 | 13.1 a | 1 | 27.1 a | 3 | 43.1 a | 3 | 37.4 ab | 4 | 8.8 b | 1 | 17.5 a |
| 1 | 1.16 bc | 2 | 879 bc | 3 | 12.7 ab | 5 | 26.1 a | 2 | 42.7 a | 1 | 34.9 b | 2 | 8.7 b | 3 | 16.6 ab |
| 2 | 0.97 cd | 4 | 750 cd | 4 | 12.2 ab | 2 | 23.6 a | 1 | 28.2 b | 2 | 33.7 b | 1 | 8.4 c | 2 | 13.4 bc |
| 3 | 0.84 d | 3 | 543 d | 5 | 10.3 b | 3 | 19.4 b | 5 | 32.7 c | 4 | 27.2 c | 5 | 8.2 c | 4 | 12.0 c |

T = tipo de mezcla de estiércol y residuos de cosecha; Nt = nitrógeno total, C = carbono, N = nitrógeno.

La C/N menor se obtuvo con T5, los valores más altos de este parámetro fueron en T2 y T1, estos tratamientos permitieron una reducción de la duración de la fase termofílica en 37 %, de acuerdo con Camacho *et al.* (2014) argumentaron que lo anterior se debe a una activa participación de los microorganismos nativos del sustrato, puesto que la C/N representa un parámetro indicador de la eficiencia del compostaje.

La CE máxima se reflejó en los tratamientos con una mayor proporción de gallinaza (T5) y también en T3, aunque en general todos sustratos se mantuvieron por arriba del estándar para agricultura ($< 8 \text{ dS m}^{-1}$) durante el primer mes de compostaje, posteriormente la CE se fue reduciendo diferencialmente de acuerdo al sustrato (Figura 1).

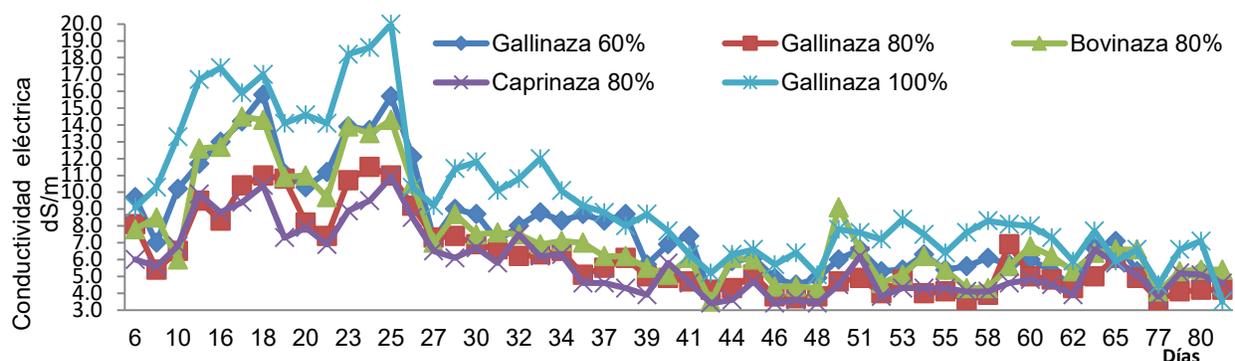


Figura 1. Comportamiento de conductividad eléctrica durante el compostaje de mezclas de residuos agropecuarios.

CONCLUSIONES

El tiempo de compostaje (fase termofílica) y las mezclas de distintos tipos de estiércol y de residuos de cosecha afectaron significativamente a nitrógeno total, nitratos, amonio, materia orgánica, C/N, pH, conductividad eléctrica, humedad y cenizas.

La acumulación de nitratos y amonio en el sustrato se caracterizó en la segunda semana de compostaje de los residuos agropecuarios en estudio, en tanto, la humedad decreció; cenizas y pH se incrementaron conforme avanzó la fase termofílica.

El compostaje con base en 100 % de gallinaza favoreció el aumento de nitrógeno total, amonio y cenizas; las mezcla con base en 80 % de estiércol de cabra expresó el contenido mayor de materia orgánica y mantuvo el valor máximo de humedad gravimétrica.

Los valores mayores de conductividad eléctrica, en general, se mantuvieron en las primeras cuatro semanas, sobre todo en los sustitos con base en 100 % gallinaza y 80 % de bovinaza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Camacho A. D., Martínez L., Ramírez-Saad H., Valenzuela R. y Valdés M. 2014. Potencial de algunos microorganismos en el compostaje de residuos sólidos. *Terra Latinoamericana* 32 (4): 291- 300.

García-Silva, R.; Ramos-Castro, M. E. y Ramírez-Vega, M. 2012a. Desarrollo de un fertilizante orgánico sólido para la producción agroecológica de brócoli. Informe técnico de proyecto de investigación. Mar Bran S. A. de C.V.-INIFAP. Celaya, Gto., México.

Instituto de Ecología de Guanajuato (IEG). 2000. Norma técnica ambiental de esquilmos del estado de Guanajuato. Gto, México.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 2007. Anuario Estadístico del Estado de Guanajuato, Tomos I y II. INEGI, Guanajuato, México.

Pérez-Méndez M. A., Sánchez-Hernández R., Palma-López D. J. y Salgado-García S. 2011. Caracterización química del compostaje de residuos de caña de azúcar en el sureste de México. *Interciencia* 36 (1): 45 - 52.

Pierre F., Rosell M., Quiroz A. y Granada Y. 2009. Evaluación química y biológica de compost de pulpa de café en Caspito municipio Andrés Eloy Blanco, estado Lara Venezuela. *Bioagro* 21 (2) 105 - 110.

Romero-Yam, L. A., Almaraz-Suárez, J. J., Velasco-Velasco, J., Galvis-Spinola, A. y, Gavi-Reyes, F. 2015. Microbial dynamics during composting of filter cake reactivated with chicken manure. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(1), 21-31. doi: 10.5154/r.rchsh.2013.09.032

Fertilización foliar con Calcio y Silicio en el crecimiento y nutrición del cultivo de arándano, *Vaccinium corymbosum* L. var. Biloxi.

Luis Mario Tapia Vargas* 1, Adelaida Stephany Hernández Valencia 2, Anselmo Hernández Pérez 1, Antonio Larios Guzmán 1

1 Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán 60150. México. Tel. (452) 5237392. Fax: (452) 524-4095. 2 Instituto Tecnológico Superior P'urhepecha. Carretera Uruapan-Carapan, Km. 31.5, Cherán, Michoacán

tapia.luismario@inifap.gob.mx.

Palabras clave: Fertilización foliar, Fertirrigación, Diagnóstico nutricional.

INTRODUCCIÓN

El arándano, frutilla también conocida como mora azul se cataloga como alimento nutraceutico y bajo investigaciones por especialistas en el área médica poniendo énfasis en cuatro aspectos fundamentales como lo son la salud cardiovascular, salud cerebral, respuesta insulínica y reducción de riesgos de padecer cáncer, de esta forma, se requiere comprender el papel que juega este frutal en la promoción de una buena salud (NABC, 2012). El arándano es uno de los frutos más demandados con una excelente derrama económica para países productores de esta berrrie. En Michoacán, este cultivo es ya un motor del crecimiento económico del Bajío Michoacano y la zona de transición de Huiramba, Ziracuaretiro y Taretan, por su importancia económica de más de \$329 millones de pesos anuales. Sin embargo, el desconocimiento de técnicas de cultivo, las deficiencias nutricionales, plagas y enfermedades, han ocasionado cuantiosas pérdidas a los productores locales (Saldivia, 2007). Esta situación, claramente indica la necesidad de desarrollar en el corto plazo las mejores tecnologías de producción agropecuarias como requisito básico para la competencia que se avecina con gigantes de la producción agropecuaria (CONASIPRO, 2017). Es importante tener en cuenta que todos estos países le llevan a México una ventaja significativa en sus sistemas de investigación y extensión agrícola (Rebollar 2011). Actualmente en Michoacán, en los cultivos de frutillas se utiliza la fertilización foliar, como complemento a la nutrición al suelo, y como suministro principalmente de micronutrientes y otros elementos que favorecen los procesos de floración, cuaje y llenado de frutos, y calidad externa e interna de los frutos (Rodríguez 2015). El objetivo fue evaluar la respuesta en crecimiento y nutrición del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), a la aplicación de calcio y silicio foliar durante la fase fenológica de floración y formación de fruto

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo en las inmediaciones del campo experimental Uruapan, perteneciente al Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias con coordenadas 19°40' longitud Norte y 102°05' longitud Oeste que cuenta con una altura de 1620 msnm. Se utilizaron plantas de la variedad Biloxy, las cuales se encontraban libres de patógenos y enfermedades, transportadas en un sustrato inerte procedentes de un vivero ubicado en Estados Unidos de Norte América. Es una variedad tetraploide clasificada dentro de los Southern highbush, es un híbrido logrado por cruzamiento, desarrollado y liberado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA), se caracteriza por tener un crecimiento vertical y vigoroso, así como muy productiva. El experimento se realizó bajo diseño experimental completamente al azar en un área que mide 4 m de ancho x 40 m de largo, se colocaron las 48 plantas de arándano, procediendo a etiquetar de acuerdo al número de planta y al tratamiento identificándolas con una C a las que recibirían el calcio foliar y una S a las que recibirían el silicio foliar distribuyendo los tratamientos de manera totalmente aleatoria en el campo. Las variables evaluadas fueron: **Morfología de la planta** (número de ramas, diámetro promedio de tallo y número de flores), **Diagnostico nutricional** (Solución del suelo, pH, CE, NO₃, P, K) y **Extracto de savia** (NO₃ y K).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Entre los resultados obtenidos, se encontró diferencias estadísticas para las variables: número de ramas, donde el Ca promovió un efecto sobre dicha variable en un 25.31 % por encima del tratamiento de Silicio (Si). Mientras que en el diámetro de ramas, de igual forma el Ca incremento en un 13.61 % dicha variable, más que el tratamiento de Si, mientras la variable de número de flores no registro diferencias entre los tratamientos (Cuadro 1). Los autores Cárdenas *et al.*, (2014), lograron definir que el silicio aumenta el número de flores y diámetro de ramas de manera significativa en chile habanero, en el caso del presente experimento el diámetro, número de ramas y numero de flores se vieron afectas de manera positiva por el calcio.

Cuadro 1. Comparación de medias de la variable número de ramas, diámetro ramas y numero de flores en arándano con dos tratamientos foliares en hidroponía.

| Tratamiento Foliar | Numero Ramas | Diámetro Ramas | N° de Flores |
|--------------------|--------------|----------------|--------------|
| Calcio | 8.3 A | 11.054 A | 53.8 A |
| Silicio | 6.2 B | 9.552 B | 45.8 A |
| DMS (Tukey 5%) | 1.49 | 1.18 | 20.53 |

El análisis de nutrición foliar en extracto de savia, la comparación de medias de las variables de NO₃ y K en extracto de savia indican que los valores son estadísticamente diferentes para NO₃ con una mayor acumulación de este en el tratamiento de Ca con un 66.1 % por encima del tratamiento de Si. Mientras que el K se comportó estadísticamente similar en ambos tratamientos. Los valores encontrados de la concentración de NO₃ en arándano varían de 168 a 383 ppm, los cuales son mayores que los valores reportados por Ochmian (2012), quien reporta valores entre 130 a 150 ppm de NO₃.

Cuadro 2. Comparación de medias de las variables NO₃ y K en extracción de savia en hojas de arándano con dos tratamientos foliares en hidroponía

| Tratamiento Foliar | NO ₃ | K |
|--------------------|-----------------|----------|
| Calcio | 383.10 A | 1794.6 A |
| Silicio | 168.50 B | 947.1 A |
| DMS (Tukey 5%) | 157.2 | 1187.1 |

De acuerdo con la función de respuesta del cultivo; las aplicaciones foliares de calcio y silicio se muestran en la Figura 1-A, donde se aprecia que hay un efecto detrimental del rendimiento con respecto a las concentraciones en extracto de savia del contenido de N-NO₃ donde a mayor concentración de este nutriente, el rendimiento de fruto se reduce sustancialmente. En la Figura 1-B se muestra la respuesta del cultivo en rendimiento de fruto de arándano a las aplicaciones foliares de silicio, la respuesta no es tan clara como con las aplicaciones calcio, pero se observa un buen ajuste de la curva, ello puede indicar que también hay un efecto detrimental por las aplicaciones de silicio ya que en la curva se reduce la pendiente.

Las funciones de respuesta de cultivos se han utilizado como una herramienta para explicar matemáticamente la respuesta del cultivo a dosis de uno o varios nutrientes. Salvagiotti (2014), encontró que algunos micronutrientes como B y Zn, incrementan el rendimiento de cultivos como soja en forma lineal a las aplicaciones foliares de estos nutrientes. Por otra parte, algunos estudios exploratorios han mostrado incrementos en el rendimiento en respuesta a la aplicación de mezclas de micronutrientes (Ferraris y Couretot, 2011), pero en muchos de estos estudios es difícil despejar cual es el nutriente que mayor efecto tiene sobre la respuesta observada.

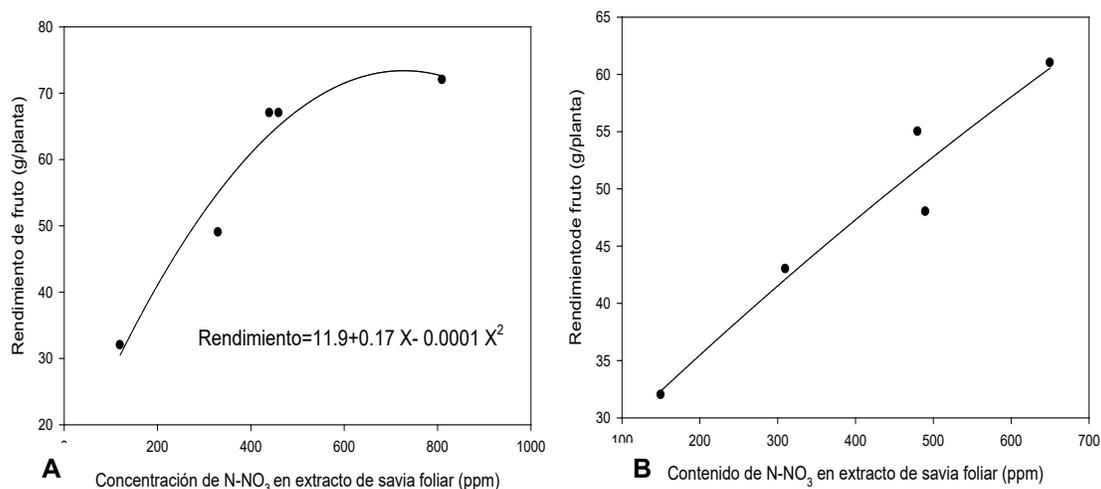


Figura 1. Respuesta del cultivo del arándano a la concentración de N-NO₃ en extracto de savia foliar en arándano con aplicación foliar de calcio (A) y silicio (B).

CONCLUSIONES

1. El vigor de la planta tuvo efectos significativos favorables a la aplicación de calcio, en el que se encontró mayor cantidad de ramas y diámetro de tallos, pero no hubo significancia en el número de flores.
2. El diagnóstico nutricional indica que los valores de referencia en extracto de savia para mejor nutrición foliar, la concentración de NO₃ es de 383 ppm y 1794 ppm en K.
3. Las funciones de respuesta del cultivo a las aplicaciones ambos foliares presentaron un buen ajuste superior en 90% a los datos observados con un ajuste parabólico, más claro en el caso del calcio que en el silicio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cárdenas-Cágal. A., García-Pestaña. J.D., Delgado-Blancas. M.I. y Gutiérrez-Rivera. B; "Efecto de diferentes concentraciones de Silicio, adicionado al suelo en el cultivo de Chile Habanero a cielo". Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. 2014. Consultado en Revista Científica Biológico Agropecuaria Tuxpan 2(2): 92-96. ISSN: 2007-6940.

Confederación Nacional de Productores de Fresa (CONASIPRO). 2017. El sistema producto arándano en Michoacán. Propuesta Técnica a SAGARPA. Zamora, Mich.

Ferraris G. L.A. Couretot. 2011. Elección de ambientes, rendimiento y fertilización de maíz según fecha de siembra. INTA-EEA. Pergamino, Argentina.

Northamerican Bluberry Council (NABC). 2012. Blueberry effects on human healthy. Washington, D.C. USA

Ochmian D.I. 2012. The Impact of Foliar Application of Calcium Fertilizers on the Quality of Highbush Blueberry Fruits Belonging to the "Duke"™ Cultivar. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 40(2):163-169.

Rebollar A., 2011. Manejo Integral de la Fitosanidad de arándano y Zarzamora. COFUPRO. Consultado el 12 de octubre de 2018.

Rodríguez A. 2015. Manual Técnico del cultivo de fresa bajo buenas prácticas agrícolas. Secretaria de Agricultura de Antioquia y la Gobernación de Antioquia. Medellín, Colombia 78 p.

Saldivia E. 2007. Respuesta del cultivo de fresa (*Fragaria X Ananassa Duch*) a dosis de fertilización en fertirriego en Villamar Mich. Tesis Profesional. UMSNH. Uruapan, Mich. 75 p.

Salvagiotti D. 2014. Respuesta a la fertilización y requerimientos de micronutrientes en cultivos. XXIV Congreso Argentino de la ciencia del Suelo. INTA. Olivero, Argentina 53 p

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

NUTRICIÓN QUÍMICA EN RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTO DE AGUACATE CULTIVAR HASS EN MICHOACÁN.

Adelaida Stephany Hernández Valencia 1, Luis Mario Tapia Vargas*2, Anselmo Hernández Pérez 2, Antonio Larios Guzmán 2, José Miranda Conde 3

1 Instituto Tecnológico Superior P'urhepecha. Carretera Uruapan-Carapan, Km. 31.5, Cherán, Michoacán, 2 Campo Experimental Uruapan-INIFAP. Av. Latinoamericana 1101, Uruapan, Michoacán 60150. México. Tel. (452) 5237392. Fax: (452) 524-4095. 3 Yara de México. Av. Américas 1545. Guadalajara, Jal. C.P. 44630.
tapia.luismario@inifap.gob.mx

Palabras clave: Nutrición foliar, Fructificación y Rendimiento.

INTRODUCCIÓN

México es el principal productor de aguacate Hass a nivel mundial, se estima que la producción mundial de aguacate alcanzó los 2.32 millones de toneladas en 2020, lo que hace notorio el incremento de mayor demanda en producción y calidad de frutos para exportación. En Michoacán, México, se encuentra la región productora de aguacate más grande del mundo, con una superficie superior a 160 mil hectáreas, distribuidas en 45 municipios (SIAP, 2019) y en altitudes que varían de 1 000 a más de 2 600 m. En esta región predominan los suelos Andosoles, con profundidades que varían de 0.4 m a más de 3 m y tienen gran capacidad para retener humedad de las lluvias durante la época de sequía. Esta característica de los suelos permite cultivar aguacates sin riego; sin embargo, en las zonas de baja altitud con climas cálido o semicálido y suelos diferentes a los andosoles, el riego de auxilio es necesario (Tapia-Vargas, 2007). Un manejo nutricional adecuado del aguacate, debe incluir además de la fertilización al suelo, aplicaciones foliares de nutrimentos, ya que la nutrición foliar incluye un esquema inicial con productos que aseguren primero una mayor intensidad de la floración, posteriormente foliares nutricionales para incrementar el amarre y la formación de mayor cantidad de frutos por inflorescencia y finalmente productos que promuevan un crecimiento mayor del fruto, por tanto, los foliares deben utilizarse acordes con la fenología ya que para cada fase del ciclo reproductivo las necesidades de nutrientes son diferentes. Por ello, antes de la floración y al inicio se deben hacer aplicaciones foliares para obtener mayor amarre de fruto y después continuar con otro esquema de aplicaciones foliares para tener un crecimiento y desarrollo del fruto con mejor desempeño. El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo, [determinar el efecto de los fertilizantes comerciales COMPLEX® y NITRABOR® aplicados al suelo y en complemento foliar con los productos Vita® \(Zintrac 700, Bortrac 150, Magtrac\) en respuesta a la nutrición, rendimiento y calidad de fruto de aguacate variedad Hass](#). Se tomaron muestras foliares y se evaluó el contenido nutricional (foliar) en los elementos N, K, Ca y B.

MATERIALES Y METODOS

[El experimento se llevó a cabo en el municipio de Uruapan, Michoacán. En la localidad de Jicalán, en un huerto comercial llamado "Alejandrina".](#) Se trabajó con árboles de aguacate de la variante "Méndez", tipo "Hass" en un huerto de 6 años de edad plantado en marco real de 7 x 4 m. Para la caracterización en campo se seleccionaron 8 árboles, separados con dos líneas laterales de árboles a manera de barrera, se marcaron con cinta de colores. [Los tratamientos evaluados fueron 200, 400, 600 k/h de NITRABOR® \(N 15.5 %, CaO 25.6 %, BO 3 %\) más 100 Kg de Complex \(N 12 %, P 11 %, K 18 %\), estos tratamientos incluyeron foliares YaraVita \(Zn, Mg, B\) aplicados desde la prefloración hasta el fruto tamaño limón.](#) Se agregaron dos testigos, uno con 400 Kg de [NITRABOR® más 100 Kg de 12-24-12 con elementos menores y otro testigo de 400 Kg de COMPLEX® más Calciboro genérico, los testigos no incluyeron foliares YaraVita](#). El diseño experimental fue de bloques completos al azar con cuatro tratamientos y ocho

repeticiones, siendo cada árbol una repetición, se evaluó; **a) Crecimiento de fruto:** a partir de tamaño canica, se evaluó el tamaño, largo y diámetro de 4 frutos por árbol. **b) Materia seca:** a partir de 8 meses desde fruto cuajado y durante los siguientes dos meses de manera mensual se cortaron 4 frutos por tratamiento. Se cortaron rodajas, pesaron y se colocaron en una estufa de secado a 70 °C durante 48 horas. **c) Rendimiento y calidad de fruto:** el rendimiento se obtuvo contabilizando el peso total de los frutos cosechados por árbol y contando el número de frutos cosechados, la calidad se obtuvo seleccionando al azar 16 frutos por tratamiento y se tomó el peso de cada uno de ellos. **d) Análisis foliar:** para el análisis foliar se hizo tomando muestras foliares de 5 meses de edad, de ramas sin fruto, de la parte media del árbol. **e) Nutrición Foliar:** Para la interpretación de los datos del análisis de tejido vegetal se utilizó la metodología desarrollada por Kenworthy (1973), además de los valores estándares y coeficientes de variación obtenidos por Palacios (1986) en la región de Uruapan. Los datos se analizaron en el software estadístico SAS © (Statistical Analysis System) versión 2007, para el diseño bloques al azar con 8 repeticiones. Se efectuó prueba de separación de medias de Tukey al 5 %, para las variables consideradas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de fruto

Se apreció de manera clara, que los tratamientos con YaraLiva® y YaraVita® tuvieron el mejor desempeño, ya que alcanzaron un tamaño de fruto mayor, superior en hasta 8 mm la longitud en frutos en el tratamiento con 400 y 600 kg de YaraLiva® + foliares YaraVita®, se tuvieron los más altos crecimientos polares del fruto. El resultado coincide con lo demostrado con Manthey y Crowley (2008), sobre como las deficiencias nutricionales en el suelo pueden ser corregidas con aspersiones foliares, en este trabajo se logró demostrar un mayor crecimiento de fruto con la aplicación vía foliar. Respecto a la comparación de medias del crecimiento del fruto se aprecia notablemente que el manejo nutricional con la dosis 200 de Nitrabor + Foliares, supera numéricamente al testigo en 5 %, en crecimiento longitudinal del fruto, mientras que en el diámetro ecuatorial, el tratamiento 400 kg/ha + foliares supera de manera estadística al testigo en un 6%, esto puede indicar un peso mayor en fruto en al menos unos 30 gramos por fruto, lo cual podría traducirse en un calibre mayor, mejorando el ingreso del productor, el resto de tratamientos, también superan numéricamente al testigo en un rango de 0.1 a 1.8 mm.

Rendimiento y calidad de Fruto

Al analizar los resultados de la prueba de separación de medias de Tukey 5 % para la variable de rendimiento de fruto en Kg/ árbol, se encontró una mayor respuesta por parte del tratamiento 200 YaraLiva®+ YaraVita®, ya que se logró un aumento del 9.79 % del rendimiento por encima del tratamiento testigo. La nutrición en aguacate es un factor de suma importancia para el logro de rendimiento y calidad de fruto de acuerdo con Tapia *et al.*, (2007). La comparación estadística de las medias de las variables Número de frutos, rendimiento de fruto y peso medio de fruto se muestra en el Cuadro 1, donde se aprecia que el mejor tratamiento fue el Nitrabor con dosis de 200 kg/ha que también tuvo el mayor rendimiento de 116.6 Kg/árbol superior en 110% el rendimiento obtenido por el testigo, que produjo sólo 55 kg/árbol, este rendimiento del testigo es superior en reportado en promedio para Michoacán de 10 ton/ha.

Cuadro 1. Valores medios de número de frutos, rendimiento de fruto (kg/árbol) y peso medio de fruto (g) en aguacate con diferente manejo nutricional de Uruapan, Mich.

| Nutrición | Número de Fruto (agosto) | Rendimiento (kg/árbol) | Peso medio (g) |
|---------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------|
| Nitrabor (200 kg/ha) + foliares | 484.1 | 105.8 ab | 214.8 abc |
| Nitrabor (400 kg/ha) + foliares | 443.8 | 116.6 a | 228.9 a |
| Nitrabor (600 kg/ha) + foliares | 311.8 | 62.3 ab | 192.2 bc |
| Nitrabor (200 kg/ha) + EM | 344.3 | 73.8 b | 221.3 ab |
| Testigo productor | 291.5 | 55.3 b | 188.1 c |
| DMS (Tukey 5%) | 250.4 | 55.4 | 31.9 |

Nota: valores con la misma letra o sin letra estadísticamente iguales (P>95%), Foliares: Complex + Zintrac+ Bortrac.

Todos los tratamientos con manejo nutricional de Yara tienen una mayor precocidad en el contenido de materia seca en fruto con 8 meses de flor a fruto alcanzan un contenido de materia seca superior al 21 % y hasta 25 %.

Nutrición foliar

Se puede apreciar que el balance nutricional es muy estable para K, Ca y B en los tratamientos de YaraLiva®, mientras que el testigo presentó un desbalance para B y Ca, lo cual puede explicar la baja polinización, el menor número de frutos cosechados y el mayor número de frutos caídos en el tratamiento testigo (Figura 1). La respuesta del cultivo a las aplicaciones foliares es clara en el mejoramiento de la condición nutricional del árbol, al incrementarse los niveles de nitrógeno, potasio y boro, las posibilidades de mayor amarre y rendimiento se incrementan sustancialmente, pues estos elementos se relacionan directamente con una mayor polinización como lo indica Lovatt (1999).

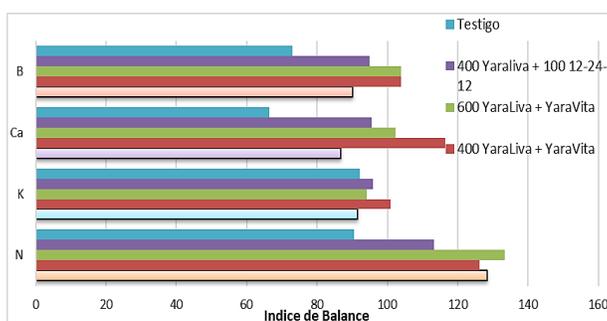


Figura 1. Balance nutricional foliar del aguacate sometido a diferente manejo nutricional en Michoacán.

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el programa de nutrición con COMPLEX® y NITRABOR® con foliares Vita® produce beneficios significativos en el crecimiento y calidad de fruto, así como también en mayor contenido de materia seca y en una mejor nutrición foliar en el cultivo del aguacate. Se obtuvo un mayor rendimiento de fruto, sin embargo, se generó una tendencia, donde las dosis medias tienen un mejor efecto que las dosis altas de fertilizante. En este sentido el número de frutos cosechados también fue mejor, así como una menor cantidad de fruto caído en el tratamiento con dosis bajas de YaraLiva, Complex + YaraVita. La nutrición foliar en general fue más balanceada en todos los tratamientos con YaraLiva®, Complex® + YaraVita® en los elementos clave como Ca y B, además del N y el K.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados forman parte del proyecto “Efecto de la nutrición con YaraLiva Nitrabor en la calidad y rendimiento de fruto en pre y postcosecha en aguacate cv Hass de Michoacán”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Kenworthy, A. L. (1973). Leaf analysis as an aid in fertilizing orchards. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, WI, 381-392.
2. Lovatt, C. J. (1999). Timing citrus and avocado foliar nutrient applications to increase fruit set and size. HortTechnology, 9(4), 607-612.
3. Manthey J., D. E. Crowley. (2008). Leaf and root responses to iron deficiency in avocado. Journal of Plant Nutrition. 20(6):683-693.
4. Palacios A., J.M. (1986). Dinámica y balance nutrimental en árboles de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass, con alto y bajo rendimiento en la región de Uruapan, Michoacán. Tesis M.C., Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx. 93 p.
5. Tapia, V. L. M. (2006). Ambiente y Fenología del Aguacate. IV Seminario Estatal de Polinización con Abejas. Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez”. UMSNH. Uruapan, Michoacán. Memorias.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal.

EXTRACCIÓN DE NITROGENO DEL CULTIVO DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.) BAJO FERTILIZACIÓN ORGANOMINERAL Y USO DE MICORRIZA

Lucila González Molina*, Martha B. G. Irizar Garza, Erica Muñiz Reyes, Eduardo Espitia Rangel, José S. López-López.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Centro-Campo Experimental Valle de México Km. 13.5 Carretera Los Reyes-Textcoco, Coatlinchán, Estado de México. C.P. 56250.

² Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia Km 38.5 Carretera México-Textcoco.56230, Chapingo, Estado de México.

gonzalez.lucila@inifap.gob.mx

Palabras clave: materia seca, extracción nutrimental, fertilización nitrogenada.

INTRODUCCIÓN

La Chía (*Salvia hispanica* L.) fue un cultivo importante para la nutrición en mesoamericana y actualmente, se ha retomado su importancia nutricional porque la semilla es una fuente excelente de aceites altamente insaturados, los cuales tienen un gran contenido de ácidos grasos omega-3 (Jamboonsri *et al.*, 2012); sin embargo, a pesar de su importancia nutracéutica, en México se produce con bajo rendimiento (0.64 t ha⁻¹), de acuerdo con el SIAP (2019) en el ciclo agrícola 2019, se sembraron 4, 232 ha con una producción de 3, 432 toneladas. En lo referente a la fertilización y a la extracción nutrimental de nitrógeno, la información es escasa. Las dosis de fertilización en general han sido generadas con base en la práctica continua. Sobre el uso de micorrizas, se conoce que incrementan la habilidad de las plantas para la toma de nutrimentos, mejoran su nutrición e indirectamente las protege del ataque por patógenos, además que son de bajo costo (Requena *et al.*, 2001). Con estos antecedentes, el objetivo del estudio fue evaluar la extracción de nitrógeno del cultivo de chía bajo fertilización organomineral y uso de micorriza.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Valle de México del INIFAP, ubicado en Coatlinchán, Textcoco, Estado de México, se localiza entre los 19° 26' 56" latitud norte y 98° 52' 20" longitud oeste, con una altitud de 2300 msnm. Se usó una colecta del Estado de Puebla. El suelo fue de textura franco, con pH de 6.7, con 2.1 % materia orgánica. La semilla se inoculó con Micorriza INIFAP^{MR} en dosis de 2 kg ha⁻¹. La unidad experimental tuvo una superficie de 12.8 m², conformados por 4 surcos de 0.8 metros de ancho por 4.0 metros de largo. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar en arreglo de parcelas divididas. En la parcela grande se establecieron los tratamientos con micorriza (CM) y sin micorriza (SM) y en la parcela chica los tratamientos de fertilización en tres bloques. Se usó la dosis de fertilización 60-00-00 y como fuentes de fertilización órgano-mineral se utilizó lombricomposta y urea. Los tratamientos fueron: T6 (60-00-00 y SM; T66 (60-00-00 y CM); T10 (00-00-00, SM) y T100 (00-00-00, CM). Durante el desarrollo del cultivo se realizaron 7 muestreos destructivos de tres plantas cortadas al ras del suelo. El intervalo del muestreo fue de 15 días. En estas muestras (tres plantas) se tomaron submuestras de 200 gramos de las estructuras vegetales: tallo, hoja e inflorescencia para obtener las variables: materia seca y concentración de N por el método de Mikrokjeldahl (Chapman y Pratt, 1973). La extracción de N cálculo por planta (g planta⁻¹) y fue el producto de la cantidad de materia seca y concentración de N. Las

variables obtenidas se sometieron a un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$) con ayuda del paquete estadístico SAS versión 9.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la variable materia seca hubo diferencias estadísticas a los 85 dds y el orden de mayor a menor en los tratamientos fue: T66>T6>T10>T100; para el contenido de N en el tejido vegetal hubo diferencias estadísticas a los 70 dds y para la extracción total de N, las diferencias fueron a los 70 y 85 dds. Para estas últimas variables, el orden de mayor a menor en los tratamientos fue el siguiente: T66>T100>T6>T10. La mayor extracción de N para los todos los tratamientos, se presentaron en las etapas fenológicas de floración (85 dds) y llenado de grano (127 dds), el orden de mayor a menor en los tratamientos fue el siguiente: T66>T100>T6>T10. Esta tendencia en el orden de tratamientos de mayor a menor para las tres variables evaluadas, mostraron que el mejor tratamiento fue el T66 (fertilización organomineral y uso de micorriza) al conjuntar, los beneficios de la adición de materia orgánica que mejora la fertilidad química, física y biológica del suelo (Kalantari *et al.*, 2010), de la fertilización química al aumentar la disponibilidad nutrimental a las plantas, y del uso de micorrizas que aumenta la absorción de nutrimentos.

Cuadro 1. Comparación de medias de materia seca, contenido y extracción de N en la planta durante el ciclo de cultivo de chíá.

| DDS | T6 | T10 | T66 | T100 | DMS |
|---|----------|----------|----------|----------|--------|
| | 60-00-00 | 00-00-00 | 60-00-00 | 00-00-00 | |
| Materia seca (g· planta⁻¹) | | | | | |
| 56 | 12.00 a | 8.66 a | 13.00 a | 10.00 a | 8.036 |
| 70 | 28.00 a | 17.66 a | 29.00 a | 23.66 a | 14.234 |
| 85 | 50.33 b | 45.33 b | 81.33 a | 44.66 b | 21.214 |
| 99 | 54.66 a | 50.66 a | 62.00 a | 56.00 a | 21.376 |
| 113 | 71.33 a | 50.67 a | 77.00 a | 71.67 a | 71.419 |
| 127 | 122.33 a | 99.00 a | 140.33 a | 76.67 a | 80.234 |
| 141 | 69.00 a | 76.00 a | 93.67 a | 65.67 a | 63.686 |
| Contenido de N (%) | | | | | |
| 56 | 3.87 a | 4.67 a | 4.57 a | 4.30 a | 1.252 |
| 70 | 4.00 ab | 3.59 b | 4.05 a | 4.05 a | 0.806 |
| 85 | 3.77 a | 3.39 a | 4.05 a | 4.05 a | 0.806 |
| 99 | 6.29 a | 6.48 a | 6.62 a | 6.08 a | 4.177 |
| 113 | 5.50 a | 5.58 a | 5.44 a | 5.47 a | 1.481 |
| 127 | 4.65 a | 4.26 a | 4.58 a | 4.97 a | 0.814 |
| 141 | 4.31 a | 4.80 a | 5.07 a | 4.76 a | 1.314 |
| Extracción de N (g· planta⁻¹) | | | | | |
| 56 | 0.23 a | 0.20 a | 0.30 a | 0.21 a | 0.154 |
| 70 | 0.52 a | 0.28 b | 0.60 a | 0.46 ab | 0.245 |
| 85 | 0.78 b | 0.60 b | 1.42 a | 0.72 b | 0.459 |
| 99 | 0.79 a | 0.63 a | 0.91 a | 1.04 a | 0.713 |
| 113 | 0.98 a | 0.65 a | 0.97 a | 0.83 a | 1.003 |
| 127 | 1.28 a | 0.93 a | 1.49 a | 0.82 a | 0.797 |
| 141 | 0.49 b | 0.59 ab | 1.09 a | 0.53 b | 0.518 |

*N= número de observaciones*DMS=Diferencia mínima honesta. *Valores con la misma letra dentro de columnas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($P \leq 0$).

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la fertilización organomineral con el uso de micorrizas tuvieron un efecto positivo la producción de materia seca, concentración de N en el tejido vegetal y extracción de N. La mayor extracción de N se presentó en la floración (85 dds) y en el llenado de grano (127 dds).

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto Fiscal: “Desarrollo de tecnología para mejorar la sustentabilidad de la cadena de valor de amaranto y especies relacionadas”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chapman HD, and Pratt PE. 1973. *Métodos de análisis para suelos, plantas y agua*. D. F., México: Trillas
2. Jamboonsri, W. y *et al.*, (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.-a new ω 3 source. Genetic Resources and Crop Evolution.EE
3. Kalantari S, Hatami S, Ardalan MM, Alikhani HA, and Shorafa M. The effect of compost and vermicompost of yard leaf manure on growth of corn. African J. Agric. Res. 2010; 5:1317-1323.
4. Requena N, Pérez SE, Azcón AC, Jefries P, Barea JM. Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystem. Appl. Environ. Microbiol. 2001; 67: 495-498.
5. SIAP.2017. SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/> (Consulta: 2019)

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

Dosis óptima de fertilización para *Heliconia latispatha* en fase de vivero

Simitrio Ortiz Curiel¹, Carlos Hugo Avendaño Arrazate¹ y Leobardo Iracheta Donjuan¹

¹ Campo Experimental Rosario Izapa - Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias.

ortiz.simitrio@inifap.gob.mx

Palabras clave: sustrato, fertilizante granulado, nutrición.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades óptimas de los sustratos y una balanceada fertilización son la clave para generar plantas de calidad en condiciones de vivero. *Heliconia* es un género que incluye especies con alto potencial ornamental y su multiplicación con fines de cultivo generalmente se realiza de manera asexual a través de rizomas (Montgomery, 1986), por ello, reportes sobre fertilización generalmente son para plantas adultas y no para plántulas. Debido a que en los programas de mejoramiento genético se obtienen plántulas a partir de semillas producto de cruzamientos, es necesario generar conocimientos sobre fertilización. La fertilización granulada en los sustratos es una fuente idónea por los bajos costos que representa y por la disponibilidad conforme al requerimiento de la planta; sin embargo, es propensa a la lixiviación y cantidades elevadas son dañinas para el delicado sistema radicular (Mexal y landis (2012).

Los macroelementos en la nutrición de las plantas son el Nitrógeno (N), Fósforo (F) y Potasio (K). Criley (1989) mencionó que balances de 1N-1P-1K dan resultados favorables en diversas especies de *Heliconia*, mientras que Broschat and Donselman (1983) mencionaron que en *H. psittacorum* cantidades de 650 g de N M⁻² con proporciones de 3N-1P-2K son favorables en Florida, Estados Unidos. Por lo anterior, con la finalidad de obtener una dosis óptima de fertilización para *heliconia* en la fase de vivero, se evaluó 13 dosis de fertilización a base de N-P-K. Por lo anterior el objetivo fue encontrar el balance óptimo de N-P-K expresado en crecimiento y desarrollo de plántulas de *heliconia latispatha*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Rosario Izapa-INIFAP en los meses septiembre a noviembre del 2020. Para evitar el lavado por la alta cantidad de lluvia, el experimento se realizó en condiciones de invernadero. Se utilizaron plantas de *Heliconia latispatha* de entre 10 y 12 cm de altura, con cuatro meses de edad. Se utilizaron doce mezclas de fertilizantes producto de las combinaciones de 10, 20 y 30 unidades de N, 8 y 24 de P y 15 y 30 de K más el testigo que consistió en sustrato sin fertilizante; dando como resultado 13 tratamientos: T1) 10-8-15, T2) 10-8-30, T3) 10-24-15, T4) 10-24-30, T5) 20-8-15, T6) 20-8-30, T7) 20-24-15, T8) 20-24-30, T9) 30-8-15, T10) 30-8-30, T11) 30-24-15, T12) 30-24-30 y T13) 0-0-0. Las dosis de fertilización se mezclaron en 1.5 L de sustrato que consistió en 50 % tierra franca y 50 % agrolita. Se registró la altura inicial de planta, factor que se consideró como covariable. Las plantas se regaron cada tres o cuatro días a capacidad de campo. Se evaluaron cada cuatro semanas y los valores se analizaron mediante covarianza y prueba de medias mediante Tukey (0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos para todas las variables. En la comparación de medias se generaron dos grupos altamente contrastantes. Los tratamientos 3, 4, 1 y 5 integran un grupo que estadísticamente son iguales pero superiores a los

tratamientos 11, 10 y 8. Se aprecia que diez unidades de N combinadas con 24 unidades de P y complementado con 15 o 30 unidades de K, fueron los tratamientos que favorecieron a las plántulas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Respuesta de plántulas de *Heliconia latispatha* a dosis de fertilización granulado después de ocho semanas de evaluación.

| Tratamiento | Balance N-P-K | Altura de tallo (cm) | Volumen de Raíz (Cc) | Peso fresco de raíz (g) | Peso seco de raíz (g) | Peso fresco de tallo (g) | Peso seco de tallo (g) |
|-------------|---------------|----------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|
| 3 | 10-24-15 | 43.9a | 21.0a | 18.9a | 0.94a | 71.4a | 5.32a |
| 4 | 10-24-30 | 41.8ab | 17.4ab | 15.8ab | 0.81ab | 63.4ab | 4.94ab |
| 1 | 10-8-15 | 34.8abc | 15.9abc | 14.7ab | 0.72abc | 45.3abc | 3.57abc |
| 5 | 20-8-15 | 34.5abc | 11.8bcd | 10.9abc | 0.59abcd | 42.7abc | 3.2abc |
| 2 | 10-8-30 | 33.4abc | 11.3bcd | 10.9abc | 0.52abcd | 31.4c | 2.38c |
| 13 | 0-0-0 | 31.8abc | 9.8bcd | 9.6bc | 0.5abcd | 34.5bc | 3.01bc |
| 7 | 20-24-15 | 31.6abc | 8.5bcd | 7.9bc | 0.4bcd | 34.9bc | 2.75bc |
| 12 | 30-24-30 | 31.3abc | 8.2cd | 7.5bc | 0.37bcd | 33.6c | 2.38c |
| 9 | 30-8-15 | 29.0bc | 8.8bcd | 8.5bc | 0.35bcd | 37.0bc | 2.68bc |
| 6 | 20-8-30 | 28.9bc | 7.6cd | 5.3c | 0.31cd | 22.8c | 1.67c |
| 11 | 30-24-15 | 28.1c | 5.2d | 5.0c | 0.23d | 28.8c | 2.08c |
| 10 | 30-8-30 | 24.6c | 6.0d | 5.5c | 0.28cd | 21.2c | 1.71c |
| 8 | 20-24-30 | 23.0c | 4.9d | 4.5c | 0.19d | 20.2c | 1.52c |

Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente con Tukey ($\alpha = 5\%$).

El nitrógeno en dosis baja fue favorable a las plantas ya que proporcionaron altura, además de volumen de raíz, lo cual se tradujo tanto en peso fresco y seco de tallo y de raíz. Aunque no existen diferencias estadísticas entre los cuatro tratamientos con 10 unidades de N, se aprecia un efecto negativo cuando los niveles de K pasan de 15 a 30 unidades. Por otra parte, las 24 unidades de P, presentaron una tendencia favorable comparada con las 8 unidades. Expresado en proporciones, es posible deducir que la relación 1N-2.5P y 2K es la proporción favorable para *Heliconia latispatha* en la fase de plántula. Estos resultados son diferentes a los que señalaron Broschat and Donselman (1983) quienes indicaron que 3N-1P-2K es óptimo para *H. pttacorum*, aunque cabe mencionar que ellos lo sugieren para plantas adultas. Dada la condición de plántula y las condiciones del sustrato que se utilizó en el presente trabajo los requerimientos de N fueron bajos pero con mayor contenido de P y K. Al respecto, Criley (2014) indica que en Hawaii las dosis de fertilización son 10-20-20, cantidades más cercanas a los resultados del presente estudio.

Los tratamientos que proporcionaron un efecto menos favorable a las plantas fueron 30 unidades de N con cualquiera de las concentraciones de K, pero también con elevadas concentraciones de P, en este sentido, los tratamientos 12, 6 10 y 8, presentaron daños en hojas basales en las primeras cuatro semanas después del trasplante.

CONCLUSIONES

Para *Heliconia latispatha* en la fase de vivero, pese a que son cuatro tratamientos los que estadísticamente son iguales, se recomienda el tratamiento 10N-24P-15K por los efectos positivos en la altura, el volumen de raíz, peso fresco y peso seco tanto de tallo y raíz, pero también por las cantidades moderadas de Potasio.

FUENTE FINANCIADORA

Esta investigación fue financiada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias mediante el proyecto “Nuevas variedades de heliconia para uso ornamental en los sistemas agroforestales”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Criley R. A. y Broschat T. K. (1992) Heliconia: Botany and horticulture of a new floral crop. in:“Horticultural Reviews”. (J. Janick, ed.), John Wiley & Sons, New York. 14: 1-55.
2. Criley R. A. (1989). Development of Heliconia and Alpinia in Hawaii: Cultivar selection and culture. *Acta Hort.* 246:247-258
3. Broschat T.K. and H. M. Donselman (1983) Production and post-harvest culture of Heliconia psittacorum flowers in south Florida. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 96:272-273.
4. Montgomery R. (1986). Propagation of Heliconia from seeds. *Bulletin Heliconia Society International.* 1:6-7.
5. Mexal J. G. y Landis T. D. (2012) Nutrición *in*. Producción de plantas en viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones (editores). Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP), Buenos Aires, Argentina. Pp.101-114.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

FERTILIDAD DE LOS SUELOS CULTIVADOS CON GRAMÍNEAS Y LEGUMINOSAS

Filiberto Anzures Olvera¹, Martín Solís Martínez², Rubén Santos Echeverría¹, Óscar Martín Antúnez Ocampo¹

¹ CE Iguala CIRPAS-INIFAP; ² Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero.

anzures.filiberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: fertilidad de suelos, gramínea, leguminosa.

INTRODUCCIÓN

La fertilidad del suelo refiere a su capacidad para sustentar el crecimiento de las plantas, proporcionando los nutrientes que ellas necesitan; el deterioro físico, químico y biológico (degradación de suelos) provoca una baja fertilidad del suelo, haciendo que los nutrientes no se dispongan en suficiencia, afectando la productividad de los cultivos. Las causas de la pérdida de fertilidad son múltiples pero frecuentemente se han mencionado a las gramíneas como maíz y sorgo como cultivos que reducen la fertilidad de los suelos, particularmente sino se emplean adecuadamente los nutrientes que estas necesitan; en cambio, a las leguminosas como el frijol se les ha asociado como mejoradores de la fertilidad de los suelos, por lo que las prácticas de rotación de cultivos se recomiendan frecuentemente para una agricultura sustentable en el rumbo de mantener o mejorar la fertilidad de los suelos, entre otras medidas agronómicas. Por lo anterior, el objetivo fue evaluar las propiedades físicas y químicas de los suelos cultivados con gramíneas y leguminosas para conocer el impacto de estos y las posibles recomendaciones nutricionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en los terrenos experimentales del Campo Experimental Iguala, en el municipio de Iguala de la Independencia, Guerrero. El sitio experimental es de clima cálido subhúmedo con lluvias en verano con precipitación anual es de 1100 mm y altitud de 635 m (Aw0, García, 2005).

Se estudiaron 14 sitios, siete con cultivo previo de gramínea (maíz o sorgo) y siete con cultivo previo de leguminosas (frijol, jamaica o mucuna). En el cuadro 1 se presenta la identificación de los sitios donde se colectaron las muestras de suelo del Campo Experimental de Iguala, Guerrero. Los siete primeros sitios (1 – 7) corresponden a cultivos de gramíneas y los siete restantes (8 – 14) a leguminosas, establecidos en el año 2020.

Cuadro 1. Sitios de muestreo y cultivo previo al muestreo de suelo en el Campo Experimental Iguala (abril 2021).

| No. | Clave | Tabla | Cultivo anterior |
|-----|-----------|-------|------------------|
| 1 | SU-155490 | 1 | Sorgo |
| 2 | SU-155491 | 2 | Sorgo |
| 3 | SU-155492 | 1 | Maíz |
| 4 | SU-155494 | 3 | Maíz |
| 5 | SU-155496 | 1 | Sorgo |
| 6 | SU-155499 | 1 | Maíz |
| 7 | SU-155501 | 2 | Maíz |
| 8 | SU-155493 | 1 | Frijol |
| 9 | SU-155495 | 1 | Frijol |
| 10 | SU-155497 | 2 | Jamaica |

| | | | |
|----|-----------|---|---------|
| 11 | SU-155498 | 2 | Frijol |
| 12 | SU-155500 | 1 | Mucuna |
| 13 | SU-155502 | 2 | Frijol |
| 14 | SU-155503 | 3 | Jamaica |

En cada sitio se obtuvieron muestras compuestas de suelo, derivadas de ocho submuestras, a una profundidad de 0 a 30 cm; las muestras fueron obtenidas según el método de zigzag. A las muestras de suelo se les determinó textura, densidad aparente, reacción del suelo (pH), conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), nitratos, fósforo extractable Olsen (PEO), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) intercambiables, de acuerdo con los procedimientos establecidos por la Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021-RECNAT-2000 (Diario Oficial de la Federación, 2000).

La labranza para cada cultivo fue manejo agronómico convencional con maquinaria (barbecho, rastreo surcado, escarda) más incorporación de residuos orgánicos cultivo anterior (maíz/malezas; >30% = 4 t ha⁻¹). Toda la fertilización fue de tipo convencional (90:60:00 de N: P: K para las gramíneas) y (40:40:00 de N: P: K para las leguminosas).

Se realizó una Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales ($\alpha=0.05$) para identificar los cambios promovidos en los suelos por cada cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aproximadamente el 86% de los suelos analizados (12) presentan una textura franco arcillosa con contenidos de arcilla que varían de 20.52% a 38.52% (datos no presentados), y sólo dos son francos. Estos suelos son considerados los ideales para la producción agrícola por su capacidad productiva, disponibilidad de agua y nutrientes, aunque a medida que se incrementa la proporción de limo aumenta la posibilidad de compactación en el suelo (Castellanos, 2000). Los datos de la densidad aparente oscilan entre 1.13 y 1.22 g mL⁻¹ (datos no presentados) valores que coinciden con los reportados para suelos con los tipos de textura ya señalados.

Los suelos en estudio tienen un pH moderadamente alcalino (7.68 – 8.47), sin problemas de salinidad para los cultivos que se establezcan. Los valores de pH indican la posible deficiencia de elementos menores (Cu, Fe, Mn y Zn), debido a que estos se encuentran disponibles en suelos ligeramente ácidos. Por otro lado, el contenido de materia orgánica resultó bajo en la mayoría de los suelos analizados (cuadro 2). Con relación a los nitratos, se observa en los suelos cultivados con leguminosas una mayor presencia de este anión, ocasionada posiblemente por la fijación que realiza este tipo de plantas. La presencia de nitratos en el suelo puede ser afectada por factores como el contenido del ion amonio y la relación C/N de la materia orgánica, la reacción del suelo, aireación, humedad y temperatura (Navarro, 2003). Se observa también que la concentración de fósforo extractable Olsen y el calcio intercambiable es alta, mientras que el potasio y el magnesio intercambiables presentan contenidos medios. Existe la posibilidad de que las altas concentraciones de fósforo en el suelo sean ocasionadas por la aplicación continua de fertilizantes fosfatados a los cultivos; asimismo, la alta saturación de calcio en el complejo de adsorción es causado por el tipo de suelo, la cantidad de arcilla y el pH alcalino.

Cuadro 2. Media \pm error estándar de la media (EEM) de las propiedades físicas y químicas de suelos cultivados con gramíneas y leguminosas en el Campo Experimental Iguala.

| Cultivo | pH | C.E. (dSm ⁻¹) | % MO | N-NO ₃ ⁻ | PEO* | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ |
|------------------|------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| | | | | | | ----- meq/100 g ----- | | |
| Gramínea | 8.18 \pm 0.070 | 0.415 \pm 0.025 | 1.454 \pm 0.123 | 10.68 \pm 1.95 | 25.78 \pm 3.55 | 0.48 \pm 0.03 | 26.71 \pm 1.07 | 1.94 \pm 0.11 |
| Leguminosa | 8.12 \pm 0.083 | 0.521 \pm 0.050 | 1.591 \pm 0.326 | 19.78 \pm 2.37 | 32.32 \pm 0.90 | 0.53 \pm 0.34 | 25.49 \pm 0.80 | 2.058 \pm 0.17 |
| Significancia, p | 0.585 | 0.083 | 0.700 | 0.011 | 0.099 | 0.343 | 0.378 | 0.612 |

PEO* = Fósforo Extractable Olsen

Las propiedades físicas fueron similares entre los tipos de cultivos, posiblemente como consecuencia de la frecuencia del laboreo del suelo y la incorporación de residuos orgánicos que favorecen la aireación y exposición de la materia orgánica al ataque de los microorganismos. Por su parte, la concentración de algunos nutrimentos no se vio afectada por los cultivos, posiblemente por la incorporación cotidiana de fertilizantes químicos.

CONCLUSIONES

Los suelos en estudio son considerados los ideales para la producción agrícola por su capacidad productiva, sin embargo, resulta necesario aplicar enmiendas al suelo para disminuir la reacción del suelo y potenciar la disponibilidad de elementos nutritivos para los cultivos. Las altas concentraciones de fósforo en el suelo sugieren evaluar la posibilidad de no aplicar este elemento durante uno o dos ciclos de cultivo y observar el efecto sobre el rendimiento. La aplicación de fertilizantes potásicos deberá continuar aplicándose debido a los contenidos medios que resultaron en el análisis químico realizado a los suelos. El establecimiento de leguminosas favorece la disponibilidad de nitrógeno y fósforo en el suelo por lo que la rotación de cultivos es la recomendación sostenible.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto "Asistencia técnica a productores beneficiarios del programa producción para el bienestar, SIGI 14311735194, financiado por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Diario Oficial de la Federación. 2000. Proyecto de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-021- RECNAT-2000, que establece las Especificaciones de Fertilidad, Salinidad y Clasificación de Suelos. Estudios, Muestreos y Análisis. Tomo DLXV. 12: 6-74. Órgano del Gobierno Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos.

García E. 2005. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª Edición. Instituto de Geografía. Universidad Autónoma de México. 217 p. García

Castellanos, J. Z. 2000. Manual de Interpretación de Análisis de Suelos, Aguas Agrícolas, Plantas y ECP. 2ª edición. INTAGRI. México. 186 p.

Navarro, G. G. 2003. Química Agrícola. El suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Murcia, España.

Olsen, S. R., and L. A. Dean. 1965. Phosphorus. In: C.A. Black (Ed). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. ASA. Madison, Wis. Number 9 in the Series Agronomy. P. 1035-1048.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN MINERAL Y ORGÁNICA SOBRE EL RENDIMIENTO DE GRANO DE MAÍZ EN TEMPORAL Y CARBON ORGANICO DEL SUELO

Hugo Ernesto Flores-López^{1*}, Gloria Vidrio-Llamas², Uriel Figueroa-Viramontes³, Irma Julieta González-Acuña⁴, Humberto Ramirez-Vega²

¹Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. INIFAP
²Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de los Altos.
³Departamento de Investigación y Desarrollo. Agribiotech
⁴Campo Experimental Santiago Ixcuintla. INIFAP

flores.hugo@inifap.gob.mx

Palabras clave: estiércol bovino, urea, *Zea mays* L.

INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) para grano sembrado en condiciones de temporal es el principal cultivo en Jalisco con rendimiento de 6.54 ton/ha. El rendimiento logrado se atribuye al uso intensivo de las tierras agrícolas y el uso de insumos, particularmente fertilizantes nitrogenados. El maíz suele responder a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados, por lo que cuando se pierde N después de la aplicación del fertilizante, pueden producirse repercusiones importantes en el rendimiento y medio ambiente. Con buena distribución de lluvia se puede lograr el mejor aprovechamiento de este recurso. Sin embargo, el uso de fertilizante minerales es caro y con fuerte impacto ambiental, lo que hace necesario buscar otras opciones de fertilización y que baje el costo de producción. La urea es una de las fuentes minerales de nitrógeno que en México más se importa y de las más comunes utilizadas en la agricultura.

Los abonos orgánicos son una opción para la nutrición del maíz, pero además permiten el mejoramiento de la fertilidad del suelo y otros beneficios. Por ejemplo, se reporta mayor rendimiento de forraje de maíz con fertilización orgánica, mejora en las propiedades del suelo como el contenido de materia orgánica (MOS) (Salazar-Sosa *et al.*, 2010), entre otros. Por esta razón, los estiércoles utilizados en la fertilización de maíz se han identificado como opción tecnológica para incrementar la MOS (Salazar-Sosa *et al.*, 2010) y la captura de carbono en el suelo (COS) (Martínez *et al.*, 2008). La MOS es el conjunto de residuos orgánicos de origen animal y/o vegetal que están en diferentes etapas de descomposición y se acumulan tanto en la superficie como dentro del perfil del suelo. Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos. El COS es el principal elemento que forma parte de la MOS estimada está a partir del COS multiplicado por el factor empírico equivalente a 1.724 (Martínez *et al.*, 2008). La región Altos de Jalisco tiene una elevada concentración de ganado, de ahí que la producción de abonos orgánicos sean un recurso que se puede utilizar en la fertilización del maíz, y además su utilización permita la captura de CO₂ atmosférico. El objetivo del presente estudio fue evaluar la captura de COS y el rendimiento de grano en maíz sembrado en temporal, con fertilizantes minerales y orgánicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en terreno del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco (CECEAJAL), del Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. La lluvia promedio anual es de 869 mm, temperaturas máxima, mínima y media promedio anuales de 25.7, 7.7 y 16.7 °C, respectivamente. El suelo del CECEAJAL es una mezcla fina isotérmica, Udic Rhodustalf, con pendiente del terreno es 2.1 %.

Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones. Se evaluaron seis formas de fertilización mineral y orgánica en maíz de temporal, durante el 2010 a 2013. En cada año, se tomaron muestras de suelo en cada parcela experimental de 0-30 cm de profundidad para determinar el MOS. Los tratamientos fueron: 1) Control sin fertilizar, 2) Fertilización regional (180-69-00), 3) Fertilización química para cubrir el requerimiento de N del cultivo y P solo si lo marca necesario el análisis de suelo, 4) Estiércol bovino para cubrir el requerimiento de N del cultivo, 5) Estiércol (50% del requerimiento de N) + fertilizante (50% del N), P solo si lo marca necesario el análisis de suelo y el estiércol a aplicar, 6) Estiércol bovino para cubrir el requerimiento de P del cultivo, N solo si lo marca necesario el análisis de suelo, y 7)

Fertilización regional (180-69-00) + micronutrientes + Foliar. Las dosis de fertilización se definieron con el método de balance. El tamaño de parcela experimental fue de seis surcos; cada surco fue de 10 m de longitud y 0.76 m de ancho. Se evaluó el rendimiento de grano utilizando los dos surcos, cuando el grano tenía menos de 14% de humedad. El manejo del cultivo fue el recomendado por el CECEAJAL para la región.

El contenido de Carbono Orgánico en el Suelo (COS) se calculó a partir del contenido de Materia Orgánica del Suelo (MOS), con la expresión: $COS = \frac{MOS}{1.724}$, donde MOS es el porcentaje de materia orgánica contenida en el suelo. El contenido de MOS se determinó con el método de Walkley y Black. La información de precipitación pluvial utilizada se obtuvo de los registros de una estación agroclimática del CECEAJAL. El análisis de información se aplicó análisis de varianza, prueba de separación de medias Duncan 5% y estadística descriptiva, con los programas EXCEL y SAS. Se obtuvieron modelos de regresión cuadrática y con sus parámetros de determinaron los puntos de inflexión entre el COS y la PPjd.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el rendimiento de grano del maíz en temporal. En esta figura se observa que los tratamientos con rendimiento más alto fueron: la combinación de fertilización con estiércol de bovino (50%) más fertilizante químico (50%) y con estiércol de bovino para cubrir el requerimiento de nitrógeno de maíz. El menor rendimiento se tuvo en el tratamientos testigo sin fertilización y solo la aplicación de urea para cubrir el requerimiento de nitrógeno. Estos rendimientos fueron altamente dependientes de la cantidad de lluvia ocurrida de junio a diciembre.

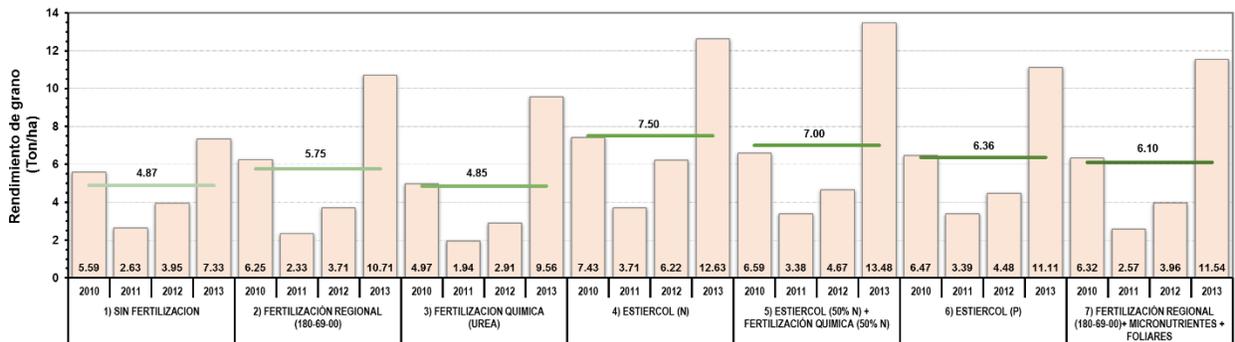


Figura 1. Rendimiento de grano por efecto de año y tratamientos de fertilización mineral y orgánica en maíz de temporal durante el 2010 a 2013, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

En la Figura 2 se muestra el contenido de Carbono Orgánico del Suelo (COS) en maíz de temporal, con la interacción año y tratamientos de fertilización mineral y orgánica durante el 2010 a 2013, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. En esta figura se identifica que el mayor contenido de COS fue con estiércol de bovino para cubrir el requerimiento de nitrógeno de maíz (0.95%) seguido de la combinación de fertilización con estiércol de bovino (50%) más fertilizante químico (50%) con 0.85%. Los tratamientos con menor COS fueron sin fertilizar con 0.68% y fertilización regional (180-69-00) + micronutrientes + Foliar con 0.64%.

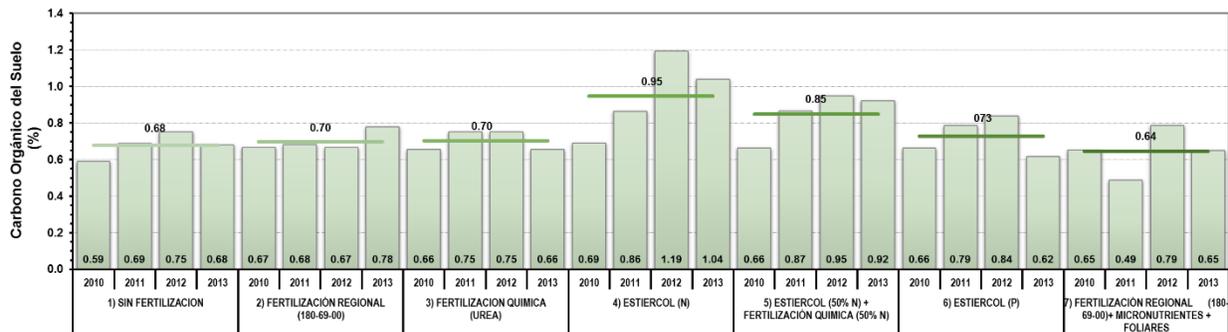


Figura 2. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo por efecto de año y tratamientos de fertilización mineral y orgánica en maíz de temporal durante el 2010 a 2013, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

El COS resultante fue altamente asociados con la cantidad de lluvia y el rendimiento de grano observado en cada tratamiento. Con mayor rendimiento de grano el COS se redujo. Resultado similar es reportado por Liang *et al.* (2012).

En la Figura 2 se observa que con los años se incrementa a COS, aunque en el último año de prueba se reduce, excepto con la fertilización regional (180-69-00), que se incrementó. Esta tendencia se relacionó con la cantidad de lluvia acumulada de junio a diciembre (PPjd). La cantidad de PPjd registrada en la estación agroclimática del CECEAJAL del 2010 al 2013 fue de 634.4, 642.7, 791.4 y 1,067.9 mm, respectivamente. Se observa una tendencia no lineal a incrementar el COS con la cantidad de PPjd acumulada hasta el punto de inflexión, para después disminuir en caso todos los tratamientos excepto con la fertilización regional. La cantidad de lluvia y la cantidad de N aplicado se reportan altamente correlacionado con el aprovechamiento de los fertilizantes (Tremblay *et al.*, 2012).

El Cuadro 1 muestran los modelos de regresión cuadrática entre COS y la PPjd en tratamientos de fertilización mineral y orgánica. Con base en estos parámetros se obtuvieron los puntos de inflexión, donde el COS cambia su tendencia con el incremento de PPjd. Todos los modelos muestran acumulación de COS con incremento de PPjd hasta el punto de inflexión, excepto con la fertilización regional que forma una parábola invertida. En este caso, cuando se alcanzan los 743 mm de PPjd, comienza a aumentar el COS.

Cuadro 1. Parámetros de los modelos de regresión múltiple entre el contenido de Carbono Orgánico del Suelo y la precipitación pluvial de junio a diciembre en tratamientos de fertilización mineral y orgánica, el coeficiente de determinación de los modelos y su punto de inflexión, en maíz de temporal.

| No | Tratamiento | Parámetros modelo $Y=a + bX + cX^2$ | | | r^2 | Punto Inflexión PPjd |
|----|---|-------------------------------------|---------|-------------|-------|-------------------------|
| | | a | b | c | | |
| 1 | Sin fertilización | -1.103 | 0.0043 | -0.00000246 | 0.115 | 874 |
| 2 | Fertilización regional (180-69-00) | 1.238 | -0.0016 | 0.00000105 | 0.205 | 743 |
| 3 | Fertilización química (Urea) | -0.391 | 0.0028 | -0.0000017 | 0.112 | 824 |
| 4 | Estiércol (N) | -4.945 | 0.0139 | -0.00000781 | 0.592 | 892 |
| 5 | Estiércol (50% n) + fertilización química (50% n) | -1.699 | 0.0059 | -0.00000326 | 0.235 | 911 |
| 6 | Estiércol (P) | -1.694 | 0.0062 | -0.00000378 | 0.233 | 820 |
| 7 | Fertilización regional (180-69-00) + micronutrientes + foliares | -3.814 | 0.0105 | -0.00000591 | 0.449 | 887 |

CONCLUSIONES

La aplicación de estiércoles y su combinación fertilizante mineral mostró al mayor acumulación de COS. El COS tendió a incrementarse en el suelo hasta que la lluvia alcanzó el punto de inflexión en la relación COS con lluvia acumulada de junio a diciembre y el efecto del rendimiento de grano. La fertilización mineral con recomendaciones regional mostró aumento de COS cuando la lluvia fue mayor a 743 mm con PPjd. El uso de estiércoles se identifica como una opción para incrementar la MOS y la captura de CO₂.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Butts-Wilmsmeyer, C.J., J. R. Seebauer, L. Singleton, and F. E. Below. 2019. Weather During Key Growth Stages Explains Grain Quality and Yield of Maize. *Agronomy*, 9:16, doi:10.3390/agronomy9010016.
2. Martínez H., E., J.P. Fuentes E. y E. Acevedo H. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *R.C. Suelo Nutr. Veg.*, 8:68-96.
3. Salazar-Sosa, E., H. I. Trejo-Escareño, J. D. López-Martínez, C. Vázquez-Vázquez, J. S. Serrato-Corona, I. Orona-Castillo y J.P. Flores-Márgez. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 28:381-390.

4. Tremblay, N., Y.M. Bouroubi, C. Belec, R.W. Mullen, N.R. Kitchen, W.E. Thomason *et al.* 2012. Corn response to nitrogen is influenced by soil texture and weather. *Agron. J.* 104(6):1658–1671. doi:10.2134/ agronj2012.0184
5. Liang, Q., H. Chen, Y. Gong, M. Fan, H. Yang, R. Lal, and Y. Kuzyakov. 2012. Effects of 15 years of manure and inorganic fertilizers on soil organic carbon fractions in a wheat-maize system in the North China Plain. *Nutr Cycl Agroecosyst* (2012) 92:21–33 DOI 10.1007/s10705-011-9469-6

EVALUACIÓN DE INOCUIDAD DE PRODUCTOS ORGÁNICOS ELABORADOS ARTESANALMENTE POR PRODUCTORES PARA SU AUTOSUFICIENCIA EN SU SISTEMA PRODUCTO

Lorena Jacqueline Gómez-Godínez^{1*}, Ramón Ignacio Arteaga-Garibay¹, Brenda Zulema Guerrero-Aguilar², Pedro Cadena Iñiguez³, Magali Ruíz Rivas⁴.

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos CNRG-INIFAP; ²Centro de Investigación Regional del Centro CIRCE-INIFAP; ³CE Centro de Chiapas-INIFAP; ⁴CE Uruapan CIRPAC-INIFAP

gomez.lorena@inifap.gob.mx

Palabras clave: Agroecología, inocuidad, Salmonella.

INTRODUCCIÓN

El programa para el bienestar (PpB) es un programa nacional que pretende hacer una transición de la agricultura tradicional a la agroecología. Dentro de las estrategias hacia esta transición se encuentra la utilización de productos orgánicos elaborados por los productores y los técnicos de acompañamiento de las 23 regiones establecidas por el programa. Muchos de estos productos son elaborados a partir de estiércoles, por lo cual son un reservorio de microorganismos patógenos para el humano.

Desde el enfoque microbiológico el concepto de inocuidad en cualquier producto (agua, compostas, bioles, alimentos) tiene por objeto evaluar la presencia de microorganismos potencialmente patógenos, así como el asociar su presencia con una posible contaminación por materia fecal u otros compuestos de interés sanitario. Se han utilizado algunas técnicas, como la identificación del grupo de bacterias coliformes, coliformes fecales y *Salmonella*. Estas técnicas son un estándar, para evaluar la calidad de distintas fuentes relacionadas con el consumo humano. El recuento de organismos de coliformes fecales, se utiliza como criterio de contaminación y por lo tanto, de inocuidad en una muestra. Dentro de los microorganismos coliformes, podemos encontrar a los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Klebsiella* y *Salmonella*, estos tienen forma de bastones, son Gram-negativos, aerobios o anaerobios facultativos, tienen la capacidad de utilizar la lactosa y algunos pueden causar enfermedades como la gastroenteritis (Silva *et al.*, 2004).

Debido a la importancia de los productos orgánicos, al aportar materia orgánica y nutrientes al suelo, es necesaria una evaluación microbiológica, para garantizar su inocuidad y que no representen un peligro en el ambiente y en la salud pública, ya que estos productos se utilizarán por los productores en las diferentes regiones del PpB.

El objetivo del presente trabajo fue identificar mediante pruebas microbiológicas (grupos indicadores) la presencia de microorganismos potencialmente patógenos presentes en los diferentes productos orgánicos elaborados en las diferentes regiones del PpB.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación de diluciones seriadas para pruebas de microorganismos. Las muestras de los productos orgánicos fueron recibidas en el CNRG-INIFAP, a partir de estas se hicieron diluciones seriadas, para lo que se homogenizaron las muestras, se tomaron 10 g o 10mL de cada una, dependiendo si se encontraban en

estado sólido o líquido, y se diluyeron en 90ml de agua peptonada estéril, a partir de aquí se hicieron diluciones seriadas hasta 10^{-7} en agua peptonada.

Determinación de coliformes totales y fecales: Para la determinación de estos microorganismos se utilizó la técnica de Número Más Probable (NMP), la cual está basada en la capacidad que las coliformes tienen para utilizar la lactosa y la producción de ácido y gas, al ser incubadas en diferentes medios selectivos. Para poder determinar estos grupos indicadores, se cuenta con dos etapas, la fase presuntiva (coliformes totales) y la fase confirmativa (coliformes fecales). En la fase presuntiva, se añadió 1mL de la dilución 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} (provenientes de las diluciones de agua peptonada) a cada 9 mL de caldo lauril sulfato de sodio y se incubaron a 35°C durante 24-48 horas. De los tubos positivos se tomó una asada para la prueba presuntiva, una asada para el caldo verde brillante y una asada para medio E.C. (Cuenta Estandar) esto se incubó a 44°C durante 24-48 horas.

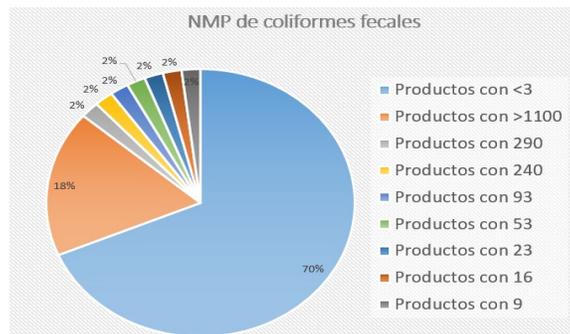
Determinación de *Salmonella*: Se hizo un preenriquecimiento en 225 mL de caldo selenito-cistina, más 25 g o mL de la muestra, esto se incubó durante 24 horas a 35°C , una vez preenriquecida la muestra se toma una asada y se estría en dos medios selectivos, agar verde brillante y agar xilosa lisina desoxicolato, estos se incuban durante 24 horas y posteriormente se identifican morfologías presuntivas a *Salmonella*. Y se realizan diferentes pruebas bioquímicas, Triple Hierro Azúcar (TSI), Agar Hierro Lisina (LIA), Movilidad Indol Ornitina (MIO), Rojo de metilo-Voges Proskauer (MR-VP), y citrato de Simmons) para identificar el perfil a *Salmonella*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se recibieron 91 muestras, provenientes de los estados de Tabasco (15 muestras), Chihuahua (25 muestras), Sinaloa (1 muestra), Veracruz (30 muestras), Hidalgo (16 muestras) y Tamaulipas (4 muestras). Del total de muestras recibidas el 35% de éstas no contenían información sobre el producto orgánico, el 13% correspondía a biol, el 8% a microorganismos de montaña activados, el 6% a lixiviados de lombriz, entre otros como por ejemplo biol de frutas 4%, acondicionador de suelo 3%, composta 3%, apichi 1%, biofertilizante de estiércol de vaca 3%, entre otros.

Dentro de la evaluación de las coliformes totales encontramos que el 74% de las muestras tenían NMP/g o mL <3 , el 15% de las muestras NMP/g o mL >1100 , el 3% NMP/g o mL 240, el 3% NMP/g o mL 3 coliformes totales, como se observa el 15% corresponde a una carga microbiana alta (el valor máximo permisible por la NORMA Oficial Mexicana (NOM-210-SSA1-2014). Para la evaluación de coliformes fecales, encontramos la mayoría de los productos agroecológicos (70%), con un NMP/g o mL <3 de coliformes fecales, el 18% de estos productos tenían una carga microbiana de NMP/g o mL >1100 (Figura1). La presencia de coliformes fecales en los productos agroecológicos nos permitió la predicción de contaminación fecal.

Figura 1. Porcentaje de productos orgánicos con diferentes NMP/g o mL de coliformes fecales



Dentro de los productos con mayor presencia >1100 NMP/g o mL de coliformes fecales, tenemos al extracto de neem, bocashi, sólido sustrato lombricomposta, supermagro. Estos productos tienen el máximo permisible por la NOM, lo que representa la presencia de microorganismos con potencial patógeno.

De la evaluación de *Salmonella* obtuvimos un producto orgánico que dio el perfil positivo en las pruebas bioquímicas, lo cual indica que este producto tiene presencia de este microorganismo patógeno, otros estudios han evaluado el riesgo de usar abonos contaminados con organismos patógenos, por ejemplo, en el cultivo de la lechuga, lo cual representa una fuente directa de contaminación a la planta y a la salud pública (Silva et al., 2004).

CONCLUSIONES

El 18% de los productos orgánicos analizados contienen un alto porcentaje de microorganismos con potencial patógeno, lo que muestran alto grado de contaminación y peligro para la salud pública.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto 14311735194 “ASISTENCIA TÉCNICA A PRODUCTORES BENEFICIARIOS DEL PROGRAMA PRODUCCIÓN PARA EL BIENESTAR”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Astier, M., Argueta Q, Orozco-Ramírez Q, González MV, MoralesJ, Gerritsen PR y Sánchez-Sánchez C. (2017). De vuelta a las raíces: Comprender el movimiento, la ciencia y la práctica agroecológica actual en México. *Agroecología y sistemas alimentarios sostenibles* 41 (3–4): 329-48. doi:10.1080/21683565.2017.1287809.
2. Rivera-Núñez, T., Fargher, L., & Nigh, R. (2020). Toward an historical agroecology: an academic approach in which time and space matter. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 44(8), 975-1011.
3. Rodríguez D., Torres FE., Gutiérrez E., López V., Martínez M., y Carrascal AK. (2008). Determinación de *Salmonella Typhimurium* en compost inoculado artificialmente empleado en un cultivo de lechuga. *Acta Biológica Colombiana*,13(3), 61-72.
4. Silva, J., Ramírez, L., Alfieri, A., Rivas, G., & Sánchez, M. (2004). Determinación de microorganismos indicadores de calidad sanitaria. Coliformes totales, coliformes fecales y aerobios mesófilos en agua potable envasada y distribuida en San Diego, estado Carabobo, Venezuela. *Revista de la sociedad venezolana de microbiología*, 24(1-2), 46-49.

Categoría: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

EXTRACCIÓN DE FÓSFORO EN EL CULTIVO DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.) BAJO FERTILIZACIÓN ORGANOMINERAL Y USO DE MICORRIZA

Lucila González Molina*, Erica Muñiz Reyes, Martha B. G. Irizar Garza, Eduardo Espitia Rangel, José S. López-López.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Centro-Campo Experimental Valle de México Km. 13.5 Carretera Los Reyes-Textcoco, Coatlinchán, Estado de México. C.P. 56250.

² Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fitotecnia Km 38.5 Carretera México-Textcoco.56230, Chapingo, Estado de México.

gonzalez.lucila@inifap.gob.mx

Palabras clave: materia seca, extracción nutrimental, fertilización.

INTRODUCCIÓN

En México en la época prehispánica la chía (*Salvia hispanica* L.) fue una planta importante por sus semillas, harina y aceite, además de sus usos medicinales, alimenticios, artísticos y religiosos (Cahill, 2003). Actualmente, la semilla entera se usa en la preparación de una bebida nutritiva y refrescante y es apreciada porque el aceite de sus semillas posee un alto contenido de ácido linolénico omega-3. Sin embargo, a pesar de su importancia nutracéutica, se produce con bajo rendimiento (0.64 t ha^{-1}), de acuerdo con el SIAP (2019) en el ciclo agrícola 2019 se sembraron 4, 232 ha con una producción de 3, 432 toneladas. En lo referente a la fertilización y extracción de los macronutrientes por la planta (N, P, K, Ca, Mg y S), entre estos del P, la información reportada en la literatura es escasa. Las dosis de fertilización en general han sido generadas con base en la práctica continua. Sobre el uso de micorrizas, se conoce que incrementan la habilidad de las plantas para la toma de nutrientes, mejoran su nutrición e indirectamente las protege del ataque por patógenos, además que son de bajo costo (Requena *et al.*, 2001). Con estos antecedentes, el objetivo del estudio fue evaluar la extracción de fósforo en el cultivo de chía bajo fertilización organomineral y uso de micorriza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Campo Experimental Valle de México del INIFAP, ubicado en Coatlinchán, Textcoco, Estado de México, se localiza entre los $19^{\circ} 26' 56''$ latitud norte y $98^{\circ} 52' 20''$ longitud oeste, con una altitud de 2300 msnm. Se usó una colecta del Estado de Puebla. El suelo fue de textura franco, con pH de 6.7, con 2.1 % materia orgánica. La semilla se inoculó con Micorriza INIFAP^{MR} en dosis de 2 kg ha^{-1} . La unidad experimental tuvo una superficie de 12.8 m^2 , conformados por 4 surcos de 0.8 metros de ancho por 4.0 metros de largo. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar en arreglo de parcelas divididas. En la parcela grande se establecieron los tratamientos con micorriza (CM) y sin micorriza (SM) y en la parcela chica los tratamientos de fertilización en tres bloques. Se usó la dosis de fertilización 60-00-00 y como fuentes de fertilización órgano-mineral se utilizó lombricomposta y urea. Los tratamientos fueron: T6 (60-00-00 y SM); T66 (60-00-00 y CM); T10 (00-00-00, SM) y T100 (00-00-00, CM). Durante el desarrollo del cultivo se realizaron 7 muestreos destructivos de tres plantas cortadas al ras del suelo. El intervalo del muestreo fue de 15 días. En estas muestras (tres plantas) se tomaron submuestras de 200 gramos de las estructuras vegetales: tallo, hoja e inflorescencia para obtener las variables: materia seca y concentración de P por el método de molibdo vanadato amarillo (Chapman y Pratt, 1973). La extracción de P se calculó

por planta (g planta^{-1}) y fue el producto de la cantidad de materia seca y concentración de N. Las variables obtenidas se sometieron a un análisis de varianza y prueba de medias Tukey ($P \leq 0.05$) con ayuda del paquete estadístico SAS versión 9.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra la dinámica de extracción de P en los diferentes tratamientos. El periodo de mayor extracción de P en todos los tratamientos, se presentó en el periodo de floración a llenado de grano (85-127 dds), de acuerdo con lo reportado por Marschner (2012) el P es esencial en la formación de grano y frutos. En la floración y llenado de grano, el orden de extracción de P, de mayor a menor en los tratamientos fue el siguiente: T66>T6=T10=T100 y T66=T6=T10=T100. Esta tendencia en el orden de tratamientos de mayor a menor, mostró que los mejores fueron: el T66 (fertilización organomineral y uso de micorriza), seguido de T6 (organomineral sin uso de micorriza) e indicó que los beneficios de la adición de materia orgánica que mejora la fertilidad química, física y biológica del suelo (Kalantari *et al.*, 2010), beneficio de la fertilización química al aumentar la disponibilidad nutricional a las plantas, y beneficio del uso de micorrizas que aumentó la absorción de nutrientes.

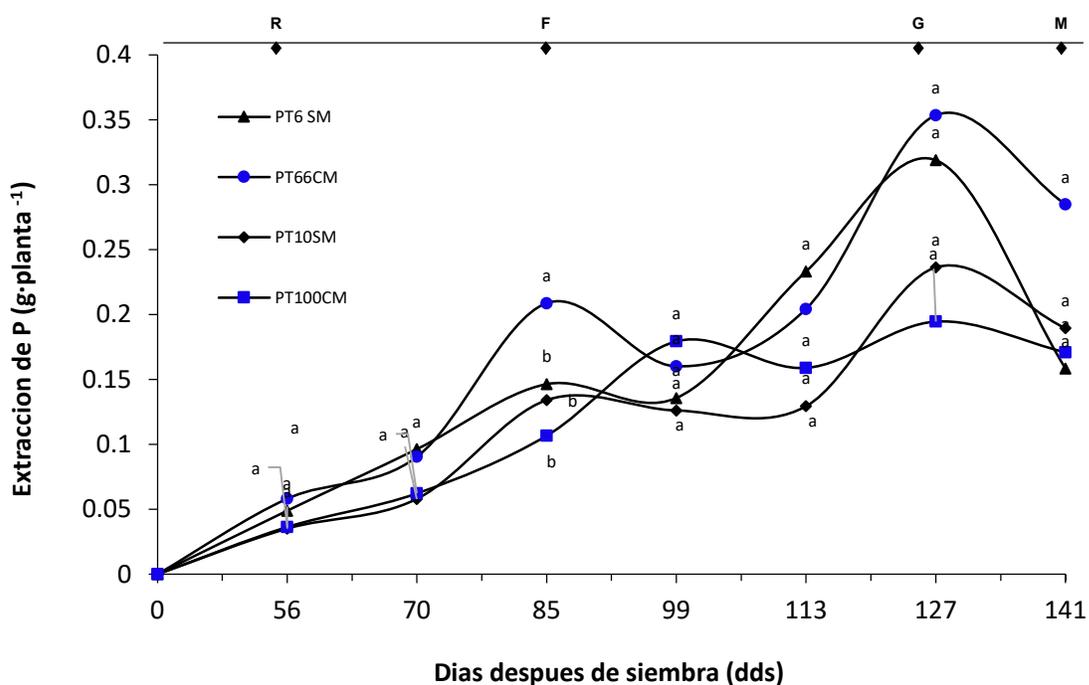


Figura 1. Extracción de P, durante el ciclo del cultivo de chíá, tratamientos sin micorriza (SM) y con micorriza (CM). Etapas fenológicas: R: Ramificación; F: Floración; G: Llenado de grano; M: Maduración.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten concluir que la fertilización organomineral con y sin el uso de micorrizas tuvieron un efecto positivo en la extracción de P. La mayor extracción de P se presentó en la floración (85 dds) y en el llenado de grano (127 dds), tiempos críticos a considerar en un programa de fertilización.

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto Fiscal: “Desarrollo de tecnología para mejorar la sustentabilidad de la cadena de valor de amaranto y especies relacionadas”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chapman HD, and Pratt PE. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. D. F., México: Trillas
2. Cahill J.P. Ethnobotany of chía, *Salvia hispanica* L. University of California, Riverside; Department of Botany and Plant Sciences, Riverside. Economic Botany. 2003; 57: 604-618.
3. Kalantari S, Hatami S, Ardalan MM, Alikhani HA, and Shorafa M. The effect of compost and vermicompost of yard leaf manure on growth of corn. African J. Agric. Res. 2010; 5:1317-1323.
4. Marschner P. 2012. Mineral nutrition of higher plants. 3 ed. New York, NY: Academic Press. 672 p.
5. Requena N, Pérez SE, Azcón AC, Jefries P, Barea JM. Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystem. Appl. Environ. Microbiol. 2001; 67: 495-498.
6. SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/> (Consulta: 2019)

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

FERTILIZACIÓN CON COMPOSTA Y BIOL EN LOS COMPONENTES DE RENDIMIENTO DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L.)

Rubén García-Silva^{1*}, Salvador Villalobos-Reyes¹

¹Campo Experimental Bajío, CIR Centro, INIFAP, km. 6.5 carr. Celaya - San Miguel de Allende, 38110 Celaya, Gto., México.

* garcia.ruben@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fertilización orgánica, Abonos orgánicos, Sustentabilidad.

INTRODUCCIÓN

La producción de cilantro en México en el periodo de 2012 a 2017 se incrementó, cuyo volumen aumentó en 55.2 %; un detonador importante de lo anterior ha sido el mercado de exportación; en 2017 se exportaron 64,647 ton, 81 % de la producción nacional, de ésta el 98 % fue a Estado Unidos de América y el resto a Canadá, con lo cual se generaron divisas del orden de 47.3 millones de dólares (SIAP, 2018).

Un factor clave para aumentar la cantidad y calidad de cosecha agrícola es la nutrición del cultivo (Pacheco-López *et al.*, 2016). En cilantro (*Coriandrum sativum* L.) los índices de extracción de N P K son: 4.74, 0.69 y 5.38 kg ton⁻¹ respectivamente (Cruz-Crespo *et al.*, 2017), para lo cual las compostas y los bioles constituyen una alternativa para incrementar la productividad, pero para suplir la demanda nutrimental de la planta es esencial conocer los materiales de derivación del abono, la dosis, los métodos y frecuencia de aplicación (Al-Ajlouni *et al.*, 2017).

El objetivo del presente estudio fue valorar, en condiciones del agricultor, dos tecnologías de fertilización orgánica de cilantro con composta más biol y bioles solos, en términos de sus componentes de rendimiento a comparación de la fertilización química convencional en El Bajío mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el Ejido de San Elías, Mpio. de Celaya, Gto., México, en terreno del agricultor cooperante el Sr. Blas Almanza Acosta. Previo a la siembra se muestreó y se analizó la fertilidad del suelo, se trata de un Vertisol pélico que se caracteriza por ser muy arcilloso y posee pH neutro, nutrimentos primarios altos, micronutrimentos y MOS bajos, además mostró un contenido de sodio alto, le antecedió el cultivo de cebolla. Posterior a la cosecha del cilantro se volvió a muestrear el suelo a nivel de cada tratamiento en estudio y al que se le analizaron variables en los aspectos físico, fertilidad y salinidad.

El sitio de trabajo se ubicó en las coordenadas 20° 34' 45" latitud norte y 100° 49' 17" de longitud oeste y una altitud de 1,752 m. El trabajo se estableció en franjas el día 30 de octubre de 2020, se analizó mediante el diseño experimental bloques al azar, con cinco repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de 0.91 m de ancho por 12 m de largo y la parcela útil fue de dos surcos centrales de 1.5 m, se empleó la variedad California. Los tratamientos estudiados se presentan en el Cuadro 1.

La composta estuvo constituida de 30 % estiércol de cabra + 30 % estiércol de vaca + 20 % estiércol de codorniz + 5 % paja de trigo + 5 % pericarpios de higuera + 10 % polvos de basalto, la cual se aplicó en banda en un surquillo en medio de la doble hilera de cilantro y se enterró. Los bioles utilizados derivaron de la fermentación anaerobia de extractos de estiércol de codorniz, cabra, vaca y su mezcla, los cuales fueron digeridos en un ambiente natural durante 145 días.

El cilantro se estableció en surcos a doble hilera con 0.91m de ancho, con 20 cm entre estas y una densidad de población (DP) media de 229 plantas m⁻². Se realizaron tres riegos con agua de pozo mediante compuertas, el primero tras la siembra y dos de auxilio a cada 25 días; se controlaron las malezas mediante una escarda y un deshierbe manual; el cultivo se mantuvo sano y fuera de los umbrales económicos.

Las variables registradas fueron: densidad de población (DP); la clorofila *spad* (C_{lo}), cobertura vegetal (C_v) y altura de planta (ALT), estas últimas tres variables se registraron semanalmente a partir de la quinta semana hasta la cosecha; finalmente se evaluó el rendimiento en fresco (R) y materia seca a cosecha (MS). Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete SAS v. 9.3.

Cuadro 1. Tratamientos estudiados en el cultivo de cilantro.

| T | ALT 37 | T | ALT 43 | T | ALT 64 | T | Cv 37 | T | Cv 43 | T | Cv 62 |
|-----------|---------|------|----------|------|---------|------|----------|------|---------|------|---------|
| 1 | 10.62 a | 1 | 25.32 a | 1 | 41.80 a | 1 | 27.28 a | 1 | 30.58 a | 1 | 82.40 a |
| 3 | 9.76 ab | 3 | 22.66 ab | 2 | 41.80 a | 3 | 24.42 ab | 2 | 29.70 a | 2 | 77.34 b |
| 2 | 8.82 b | 2 | 20.46 b | 3 | 30.20 b | 2 | 22.88 b | 3 | 26.18 b | 3 | 64.10 c |
| DMS= 0.05 | | 1.68 | | 3.23 | | 6.94 | | 3.88 | | 2.51 | |

| Tratamientos (Tecnologías de fertilización) | Origen del biol | Método de aplicación del Biol | | |
|--|--|-------------------------------|--------|----------------------------------|
| | | Drench | Foliar | Frecuencia |
| | | Dosis (L ha ⁻¹) | | Días después de la siembra (dds) |
| T1 5 ton ha ⁻¹ de Composta mineralizada 90/10 | -- | -- | -- | 30 |
| | Extractos de estiércol de vaca + cabra | 0 | 3 | 37 |
| | Extracto de estiércol de cabra | 20 | 3 | 57 |
| | <i>Dosis total:</i> | 20 | 6 | |
| | | | | |
| T2 Sin composta (Biol solo) | Extractos de estiércol de ave + vaca | 20 | 0 | 30 |
| | Extractos de estiércol de vaca + cabra | 20 | 3 | 37 |
| | Extracto de estiércol de cabra | 20 | 3 | 57 |
| | <i>Dosis total:</i> | 60 | 6 | |
| | | | | |
| T3 Fert. Conv.60-138-00 (testigo) | | 0 | 0 | 0 |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| T | RF | T | MS | T | DP |
|-----------|---------|------|----------|------|-------|
| 2 | 22295 a | 2 | 3404.0 a | 3 | 250 a |
| 1 | 21521 a | 1 | 3040.4 a | 1 | 231 a |
| 3 | 11471 b | 3 | 1478.2 b | 2 | 206 b |
| DMS= 0.05 | | 5890 | | 1171 | |
| | | | | 24 | |

Los resultados del análisis de varianza señalaron que las tecnologías de fertilización utilizadas afectaron significativamente ($p \leq 0.05$) a las variables estudiadas, excepto a Clo. El CV de este ensayo se mantuvo inferior al valor estandarizado (20 %), el cual varió de 1.9 a 17.7 %.

El rendimiento en fresco (RF) máximo se alcanzó con la aplicación de bioles solos con 22.3 t ha⁻¹ (aprox. 7,431 manojos), le siguió el tratamiento con composta + bioles con 21.5 t ha⁻¹ (aprox. 7,174 manojos), sin diferencia estadística entre estos tratamientos, ambos superaron al testigo con 11.5 t ha⁻¹ (en 48 %); al respecto con Karaklajic-Stajic *et al.* (2012) argumentaron que una tecnología de fertilización logra cubrir la demanda nutrimental del cultivo al cumplirse la meta de rendimiento establecida. En MS se alcanzaron alrededor de 3 t ha⁻¹, dichas tecnologías superaron al testigo (entre 28 y 36 %), así se confirma su eficiencia superior respecto a una fertilización convencional. La DP fue mayor en el testigo (250 mil plantas ha⁻¹) y sin diferencia significativa con T1, T2 mostró la DP menor (Cuadro 2).

Cuadro 2. Prueba de medias para los componentes de rendimiento de cilantro.

T = tratamiento; RF = rendimiento en fresco; MS = materia seca; DP = densidad de población; los tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales. DMS = diferencia mínima significativa.

La altura de planta (ALT) de cilantro se disparó en cosecha (64 dds) con el empleo de las tecnologías de fertilización orgánica, alcanzó un valor máximo de 41.8 cm; en el Cuadro 3 se muestra el estadístico de ALT, en el cual se indica que entre 37 a 43 días después de la siembra (dds), el T1 obtuvo el valor mayor en cosecha, pero sin diferencia significativa con T3; sin embargo, ambas tecnologías de fertilización orgánica superaron en altura al testigo durante cosecha en 27.8 % y, todos fueron muy superiores al estándar comercial (30 cm), al respecto, Reyes-Pérez *et al.* (2017) señalaron que la elongación de la planta se atribuye al contenido nutrimental y mineralización gradual de N de la composta.

La cobertura vegetal (Cv) más alta se obtuvo con T1, empezó a destacar a partir de los 37 dds, sin diferencia estadística con el testigo y el más baja fue con T2, a los 43 dds dicho parámetro se incrementó en T2 y sin diferencia con T1; ya en cosecha la Cv resultó significativamente diferente para todos los tratamientos, se maximizó en T1 con 82 %, le siguió T2 con 72 % y finalmente el más bajo fue T3 con 64 % (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de medias de altura de planta y cobertura vegetal en tres tecnologías de fertilización.

En general, en un primer año de estudio, se constataron los beneficios tanto de la fertilización con composta como de bioles solos en la mejora del contenido nutrimental y materia orgánica del Vertisol, así como su capacidad de campo y de intercambio catiónico, pero no hubo cambios en el pH el cual se mantuvo neutro, ni en la CE, la cual se conservó dentro de los estándares permisibles $< 2 \text{ dS m}^{-1}$.

CONCLUSIONES

Las tecnologías de fertilización de cilantro con composta + biol y bioles (solos) incrementaron el rendimiento unitario en fresco (48 %) y mejoraron las características de la planta como son la exuberancia de hojas, tamaño superior al estándar y color verde intenso.

La fertilización orgánica con composta más biol y bioles solos en un primer año de empleo, permitieron la mejora de la fertilidad del suelo.

Se concluye que la fertilización orgánica con base en composta + biol o bioles solos constituyeron una alternativa para el productor de cilantro al cubrir los requerimientos nutrimentales del cultivo y se pudo prescindir del uso entre 450 y 700 kg ha⁻¹ de fertilizantes químicos convencionales, de ese modo, se hace un aprovechamiento adecuado del estiércol y residuos de cosecha a través de la fabricación de los fertilizantes orgánicos por el propio agricultor, además se evita su acumulación en finca y el daño ambiental. **GRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA**

Los resultados son parte del proyecto con recursos fiscales 22544234930 “Desarrollo y aplicación de fertilizantes naturales en especies hortícolas” con apoyo del INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Ajlouni M. G, J. Y. Ayad and Y. A. Othman. 2017. Increasing nutrient levels promote growth and flower quality in lilies grown under soilless culture. Hort. Sci. (Prague) 44: 171 - 177.
- Cruz-Crespo E., A. Can-Chulim, L. J. Loera-Rosales, G. Aguilar-Benítez, J. Pineda-Pineda y R. Bugarín-Montoya. 2017. Extracción de N-P-K en *Coriandrum sativum* ‘Pakistan’ en hidroponía. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 8: 355 - 367.
- Karaklajić-Stajić, Ž., I. S. Glišić, Dj. Ružić, T. Vujović, and M. Pešaković. 2012. Microelements content in leaves of raspberry cv. Willamette as affected by foliar nutrition and substrates. Hort. Sci. (Prague) 39: 67–73.

Pacheco-López, N. A., J. Cano-Sosa, F. Poblano C., I. M. Rodríguez-Buenfil and A. Ramos-Díaz. 2016. Different Responses of the Quality Parameters of *Coriandrum sativum* to Organic Substrate Mixtures and Fertilization. *Agronomy* 6, 21. DOI: 10.3390/agronomy6020021.

Reyes-Pérez J. J., R. A. Luna-Murillo, B. Murillo-Amador, A. Nieto-Garibay, L. G. Hernández-Montiel, E. O. Rueda-Puente y P. Preciado-Rangel. 2017. Uso de vermicompost y compost de jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en el crecimiento de col morada (*Brassica oleracea*). *Interciencia* 42: 610 – 615.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Boletín de exportaciones: cilantro. <https://www.gob.mx/siap/documentos/boletin-de-exportaciones-106883> (16/03/2018).

Sección: Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal.

RELACIÓN $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ Y SU EFECTO EN ACUMULACIÓN DE BIOMASA Y COMPONENTES DE RENDIMIENTO EN PIMIENTO

Octavio González Chávez^{*1}, Rubén Bugarín Montoya¹, Gelacio Alejo Santiago¹, Cecilia Rocío Juárez Rosete¹.

¹Unidad Académica de Agricultura. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias. Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco, Nayarit, México.

20000228@uan.edu.mx

Palabras clave: Solución nutritiva, Hidroponía, Nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

Las principales formas inorgánicas de nitrógeno (N) presentes en suelo son NO_3^- y NH_4^+ (Saleh *et al.*, 2019). La sensibilidad de las plantas a la asimilación de NH_4^+ es un problema que limita la producción, dado que concentraciones elevadas o exclusivas pueden provocar trastornos fisiológicos y morfológicos, que conducen a la disminución del crecimiento y toxicidad a la planta (Esteban *et al.*, 2016). Sin embargo, una relación apropiada entre NO_3^- y NH_4^+ estimula el crecimiento y rendimiento de los cultivos comparado con cualquiera de las dos formas de N por separado (Hachiya y Sakakibara, 2017). No obstante, esta relación varía entre especies, condiciones ambientales y concentración total de N (Liu *et al.*, 2017). Por lo anterior, se evaluaron cuatro relaciones porcentuales de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ en solución nutritiva: 100/0, 90/10, 80/20, y 70/30 y se cuantificó su efecto sobre la acumulación de biomasa y componentes de rendimiento en cultivo de pimiento (*Capsicum annuum* L. var. tribeka).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un invernadero tipo túnel modificado con ventilación pasiva cenital y lateral, localizado en la Unidad Académica de Agricultura, en Xalisco, estado de Nayarit. Como material vegetal, se emplearon plantas de pimiento morrón tipo blocky variedad Tribeka[®] de la casa comercial Rijk Zwaan. La siembra de las semillas y desarrollo de plántulas se realizó en charolas de poliestireno de 200 cavidades. A los 40 días después de la emergencia, se realizó el trasplante en contenedores de 10 L de capacidad, con tezontle rojo como sustrato, con una granulometría ≤ 6 mm, en un sistema hidropónico de circuito abierto. El marco de plantación utilizado fue de doble hilera: 60 cm entre hileras, 50 cm entre plantas y 120 cm entre pasillos. Se utilizó como base la solución nutritiva de Steiner a una concentración del 50 % y se aumentó la concentración de nitratos de 6 a 7.5 meq·L⁻¹. La concentración de N total se modificó con la inclusión de N amoniacal. Las soluciones nutritivas empeladas en cada uno de los tratamientos se describen en el cuadro 1.

Cuadro 5. Composición química de las soluciones nutritivas.

| Tratamientos | NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ | H ₂ PO ₄ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | K ⁺ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | NH ₄ ⁺ | PO |
|--------------|--|------------------------------|---|-------------------------------|----------------|------------------|------------------|------------------------------|-------|
| | (%) | (meq·L ⁻¹) | | | | | | | (atm) |
| 1 | 100/0 | 7.50 | 0.31 | 2.18 | 3.35 | 4.5 | 2.00 | 0.00 | 0.36 |
| 2 | 90/10 | 6.75 | 0.40 | 2.84 | 3.23 | 4.16 | 1.85 | 0.75 | 0.36 |
| 3 | 80/20 | 6.00 | 0.50 | 3.50 | 2.96 | 3.82 | 1.70 | 1.50 | 0.36 |
| 4 | 70/30 | 5.25 | 0.59 | 4.15 | 2.71 | 3.48 | 1.55 | 2.25 | 0.36 |

PO: potencial osmótico; atm: atmosferas.

Como fuente de micronutrientes se utilizó Ultrasol® Micro Mix a razón de 0.03 g·L⁻¹. Se establecieron cuatro tratamientos con un diseño experimental completamente al azar, con diez repeticiones por tratamiento. La unidad experimental consistió de una planta colocada en un contenedor con sustrato de 10 litros de capacidad. Las variables evaluadas fueron: peso medio de fruto (g), número de frutos por planta, producción de fruto por planta (kg) y rendimiento de fruto por m² (kg·m⁻²); biomasa seca total en raíz, hoja, tallo y fruto (g), donde las muestras vegetales se secaron en un horno de secado a 70 °C hasta obtener peso constante, finalmente se sumaron los pesos secos de cada muestra. Los datos obtenidos de las variables de respuesta consideradas en los tratamientos experimentales se sometieron a un Análisis de varianza y prueba de medias de Tukey (P ≤ 0.05) con el programa estadístico SAS®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron diferencias estadísticas significativas en todas las variables de estudio producto de la relaciones NO₃⁻/NH₄⁺ en la solución nutritiva. El mayor peso medio de fruto se obtuvo con la relación 90/10 de NO₃⁻/NH₄⁺ con un incremento del 14.82 % respecto a la solución sin NH₄⁺. Sin embargo, para el caso de número de frutos por planta y producción de fruto por planta, mostraron una reducción del 30.08 y 25.17 % respectivamente cuando se suministró 30 % de a NH₄⁺ en la solución nutritiva respecto a la solución exclusiva de NO₃⁻. El mayor rendimiento de fruto se obtuvo con la relación 90/10 de NO₃⁻/NH₄⁺ con 5.92 kg·m⁻², mientras que concentraciones superiores al 10 % de NH₄⁺ causaron un decremento en el rendimiento. Resultados similares reportaron Hernández *et al.* (2021) en cultivo de tomate, donde concentraciones inferiores a 15 % de amonio promovieron mayor rendimiento. La mayor acumulación de biomasa seca se obtuvo con la relación 90/10 de NO₃⁻/NH₄⁺, esto se puede inferir, dado que este tratamiento indujo mayor peso medio y rendimiento de fruto (Cuadro 2). La adición conjunta de NO₃⁻ y NH₄⁺ inducen una mayor productividad en las plantas (Liu *et al.*, 2017), no obstante, concentraciones altas de NH₄⁺ pueden reducirla (Esteban *et al.*, 2016), como se observa en los valores más bajos en todas las variables de estudio con la relación 70/30 de NO₃⁻/NH₄⁺.

Cuadro 2. Efecto de la relación NO₃⁻/NH₄⁺ en biomasa seca total y componentes de rendimiento en cultivo de pimiento.

| Relación NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺ (%) | Peso medio de fruto (g) | Número de frutos por planta | Producción de fruto por planta (kg) | Rendimiento de fruto (kg·m ⁻²) | Biomasa seca total (g) |
|---|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|--|------------------------|
| 100/0 | 170.50 b | 8.31 a | 1.39 a | 5.57 a | 157.44 ab |
| 90/10 | 195.77 a | 7.93 a | 1.48 a | 5.92 a | 176.29 a |
| 80/20 | 186.57 ab | 7.81 a | 1.39 a | 5.41 ab | 156.45 ab |
| 70/30 | 182.00 ab | 5.81 b | 1.04 b | 4.58 b | 138.00 b |
| CV | 12.16 | 18.02 | 16.77 | 8.54 | 8.18 |

Valores distintos en cada columna indican diferencias estadísticas significativas (Tukey, p ≤ 0.05).

CV: coeficiente de variación.

CONCLUSIONES

El suministro de NH_4^+ en la solución nutritiva promovió una respuesta diferencial en las variables evaluadas. La mejor respuesta para la mayoría de los componentes de rendimiento y acumulación de biomasa seca en cultivo de pimiento, se obtuvo con la relación 90/10 de $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ correspondiente a 6.75 y 0.75 meq·L⁻¹ respectivamente.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado para realizar los estudios de posgrado al primer autor.

LITERATURA CITADA

1. Esteban, R., Ariz, I., Cruz, C., & Moran, J. F. (2016). Mechanisms of ammonium toxicity and the quest for tolerance. *Plant Science*, 248, 92-101.
2. Hachiya, T., & Sakakibara, H. (2017). Interactions between nitrate and ammonium in their uptake, allocation, assimilation, and signaling in plants. *Journal of Experimental Botany*, 68(10), 2501-2512.
3. Hernández, A., García, J. C., Robledo, V., Méndez, A., Sandoval, A., & Camposeco, N. (2021). Nitrate/ammonium ratio effect on the growth, yield and foliar anatomy of grafted tomato plants. *Horticultural Science*, 48, 80-89.
4. Liu, G., Du, Q., & Li, J. (2017). Interactive effects of nitrate-ammonium ratios and temperatures on growth, photosynthesis, and nitrogen metabolism of tomato seedlings. *Scientia Horticulturae*, 214, 41-50.
5. Saleh, S., Liu, G., Liu, M., Liu, W., He, H., & Abdelhamid, M. T. (2019). Do $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratio and harvest time affect celery (*Apium graveolens*) productivity and product quality?. *Folia Horticulturae*, 31(2), 343-353.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal.

BACTERIAS ENDÓFITAS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*) COMO POTENCIALES BIOFERTILIZANTES

Román Sánchez Carrillo*¹, Priscila Guerra Ramírez²

¹Depto de Fitotecnia, ²Departamento de Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, Edo. de México.
rsanchezc@chapingo.mx

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar representa un cultivo económicamente importante para el país, en el reporte 40 de avance de producción de caña y azúcar, del Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), reportó una superficie industrializada de 789,996 hectáreas, lo que equivale a poco más de 51 millones de toneladas de caña de las cuales se produce cerca de 6 millones de toneladas de azúcar, con un valor de varios miles de millones de pesos. El rendimiento base de este cultivo depende en gran medida de los fertilizantes, ya que es un cultivo altamente demandante de N, P y K, no obstante, las aplicaciones de altas dosis de fertilizantes químicos conllevan una grave contaminación ambiental, una alternativa ante este problema es la biofertilización con microorganismos capaces de hacer fijación biológica de N₂, solubilización de fósforo, producción de reguladores de crecimiento vegetal, sideróforos, entre otras, en el presente trabajo se logró aislar microorganismos endófitos de caña de azúcar, con algunas de las cualidades antes mencionadas e identificar molecularmente como bacterias del género *Pseudomonas* y con una alta probabilidad de la especie *protegens*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron raíz, tallo y hoja de plantas de caña de azúcar, variedad ATMX-96, en Izúcar de Matamoros, Puebla, con manejo agroecológico, el tejido se desinfectó con hipoclorito de sodio al 5% durante 5-10 minutos, posteriormente se lavó tres veces con agua estéril durante 5 minutos y se sembró en agar nutritivo, para bacterias y en agar papa dextrosa para hongos.

La evaluación cualitativa de la fijación biológica de nitrógeno se realizó por el método propuesto por Elbeltagy et al. (2001) en medio selectivo agar ASHBY. La evaluación cualitativa de la solubilización de fósforo se realizó siguiendo la metodología propuesta por Nautiyal (1999) sobre medio NBRIP con Ca₃PO₄ como fuente de fósforo insoluble a pH 7. La producción de ácido indolacético (AIA) se realizó en medio nutritivo suplementado con triptófano a 10 microgramos por mililitro mediante la reacción de Salkowski (Kuang-Ren et al., 2003).

La identificación molecular se realizó mediante los primers universales para bacterias 27F (5'-AGAGTTTGATCCTGGCTCAG-3') y 1494R (5'-GACTGACTGAGGYTACCTTGTTAC-3'), los amplificados se mandaron a secuenciar a la empresa coreana Macrogen Inc., las secuencias obtenidas se analizaron con el software MEGA, confrontándose con la base de datos del NCBI <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>, mediante BLAST (Basic Local Alignment Search Tool) el cual permite buscar regiones similares entre secuencias de nucleótidos depositadas en la base de datos (GenBank), permitiéndonos identificar los microorganismos hasta nivel de especie.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se lograron obtener 20 aislados provenientes de tres diferentes órganos de plantas de caña, 10 de raíz, 4 de tallo y 6 de hoja, de éstos solo 3 presentaron capacidad de fijación biológica de N₂ atmosférico, 6 de solubilización de fósforo y 4 de producción de ácido indolacético y solo un microorganismo de los antes mencionados presentó las tres características evaluadas, el cual corresponde a un organismo endófito de tallo.

Para la identificación molecular seleccionamos 3 microorganismos, dos procedentes de raíz y el de tallo con las tres cualidades bioquímicas, dando como resultado de la identificación molecular bacterias del genero *Pseudomonas*, las cuales emiten fluorescencia con luz ultravioleta tipo A, así mismo, el análisis de secuenciación arroja como resultado de especie posible *protegens* para los tres microorganismo analizados con porcentajes de identidad de 99.76%, para la endófito de tallo y del 100% para las aisladas de raíz también como posibles especie *P protegens* y otras sepas de *Pseudomonas* identificadas como 2-31 y SCO-6 (cuadro 1).

Cuadro1. Perfil bioquímico e Identificación molecular de bacterias endófitas aisladas de caña

| Muestra | Fijación biológica de N ₂ | Solubilización de P | Producción de AIA | Emisión de fluorescencia | Genero identificado (marcador 16S) | Especie Probable (marcador 16S) |
|--------------|--------------------------------------|---------------------|-------------------|--------------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| Raíz-Caña-1 | - | + | + | + | <i>Pseudomonas</i> | <i>protegens</i> o SCO-6 o 2-31 |
| Raíz-Caña-2 | - | + | + | + | <i>Pseudomonas</i> | <i>protegens</i> o SCO-6 |
| Tallo-Caña-3 | + | + | + | + | <i>Pseudomonas</i> | <i>protegens</i> |

En un estudio realizado por Hai-Bi L., *et al* (2017) se reportan 8 diferentes especies de *Pseudomonas* aisladas de caña de azúcar, todas con cualidades biofertilizantes y de biocontrol, contra *U. scitaminea* y *C. paradoxa*, curiosamente en dicho estudio no se reporta *P. protegens*, lo cual abre una importante fuente de estudios y usos de éste tipo de microorganismos como biofertilizantes y biocontroladores en el cultivo de caña de azúcar por las cualidades que presenta esta bacteria.

CONCLUSIONES

Se identificaron tres cepas de *Pseudomona protegens* provenientes de raíz y tallo de plantas de caña de azúcar procedentes de la región de Izúcar de Matamoros, Puebla, con capacidad biofertilizante.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A la Universidad Autónoma Chapingo a través de la DGIP por el apoyo al proyecto con clave 21014-ECI-82 y al CIISyNACYC

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONADESUCA https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/659476/Reporte_40.pdf
2. Elbeltagy, A., K. Nishioka, T. Sato, H. Suzuki, B. Ye, T. Hamada, T. Sawa, H. Mitsui, Y. K. Minamisawa. (2001). Endophytic colonization and in plant a nitrogen fixation by a *Herbaspirillum* sp. isolated from wild rice species. *Appl. Environ. Microbiol.* 67:5285-5293.
3. Hai-Bi. L., Singh, R. K., Singh, P., Song, Q. Q., Xing, Y. X., Yang, L. T., & Li, Y. R. (2017). Genetic diversity of nitrogen-fixing and plant growth promoting *Pseudomonas* species isolated from sugarcane rhizosphere. *Frontiers in microbiology*, 8, 1268.
4. Kuang-Ren, C., Turksen, S., Umran, E., Timmer, L.W., Peter, P.U. 2003. Indole derivatives produced by the fungus *Colletotrichum acutatum* causing lime anthracnose and postbloom fruit drop of citrus. *FEMS Microbiology Letters.* 226, 23-30.
5. Nautiyal, C. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganism. *FEMS Microbiol. Lett.* 170:264-270.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

FERTILIDAD DE SUELOS CAÑEROS EN LA ZONA SUR DEL ESTADO DE MORELOS

Marianguadalupe Hernández Arenas^{1*}, Rogelio Miranda Marini²

^{1*}INIFAP, CE Zacatepec; ²INIFAP, CE Cotaxtla

hernandez.marian@inifap.gob.mx

Palabras clave: caña de azúcar, nutrición, fertilidad

INTRODUCCION

La caña de azúcar es uno de los cultivos más importantes en cuanto a superficie sembrada, además representa un importante generador de divisas para México. En el año 2018, se reportó que una superficie cultivada superior a las 840,440 hectáreas, distribuidas en 16 entidades con un rendimiento promedio nacional de 74.08 t/ha⁻¹. La mayor superficie cultivada se concentra en el estado de Veracruz con 301,901 hectáreas, mientras que Morelos ocupa décimo lugar con 22,128 hectáreas (SIAP, 2018).

En Morelos, la caña de azúcar, es el tercer cultivo más importante después del sorgo para grano y maíz para grano, en cuanto a superficie sembrada, pero ocupa la primera posición en cuanto a generación de producto interno bruto estatal. El manejo adecuado de la nutrición vegetal es uno de los factores que inciden en la obtención de altos rendimientos, no obstante, adquisición de fertilizantes es uno de los rubros con mayor costo dentro de la producción de caña de azúcar, de ahí que se busca el máximo aprovechamiento. Sin embargo, un alto porcentaje de productores utiliza la “fórmula cañera” tradicional (180-45-30) como fuente de fertilización desde hace más de 40 años (Hernández *et al.*, 2020), sin considerar las necesidades del cultivo, tipo de suelo, entre otras, que, aunadas al inadecuado manejo agronómico y factores ambientales, ocasionan bajos rendimientos de campo (menores a 100 t/ha⁻¹).

Para lograr una buena nutrición del cultivo, es necesario el conocimiento de las necesidades de la planta y de las condiciones del suelo. Con el objetivo de conocer las características de fertilidad de suelos de la zona cañera de la región sur del estado de Morelos y actualizar las dosis de fertilización del cultivo, se realizaron muestreos de suelo con su correspondiente análisis de fertilidad. Esto permitió identificar áreas homogéneas de fertilidad de suelos y por tanto realizar recomendaciones de fertilización por área.

MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó en la zona sur del estado de Morelos con sede en el INIFAP, Campo Experimental Zacatepec. Se realizaron un total de 26 muestreos de suelo en la zona cañera comprendida por los municipios de Puente de Ixtla, Xochitepec, Amacuzac, Zacatepec, Jojutla, Tlaquiltenango y Tlaltizapán. El clima prevaleciente es subtropical seco, las características del relieve corresponden a pequeños valles rodeados de cerros. En cada sitio se obtuvo una muestra compuesta por 10 submuestras obtenidas en el estrato 0 – 30 cm. El análisis fisicoquímico del

suelo se realizó en el Laboratorio Nacional de Análisis de suelo, agua y planta de INIFAP, en Celaya, Guanajuato.

Se utilizó el método racional de fertilización para calcular la dosis de fertilización recomendada para cada punto de muestreo, el cual consiste en cubrir los requerimientos del cultivo, con una meta de rendimiento y la extracción de nutrientes de caña de azúcar reportada en la literatura (Humbert, 1974; Castellanos *et al.*, 2000). Fue definido un rendimiento meta de 150 t/ha⁻¹, considerando los reportes de rendimiento de las variedades ITV 92-1424 y CP 72-2086 en Morelos. Los parámetros que se consideran en esta metodología son: a) la disponibilidad de nutrientes del suelo, determinada a través de los análisis de fertilidad, b) la eficiencia del fertilizante, que depende de la disponibilidad de agua (riego o temporal), la textura del suelo, la fuente del fertilizante y la forma de aplicar el fertilizante (para las condiciones generales de textura, contenido de materia orgánica y pH los valores oscilan para nitrógeno [0.5 a 0.7], fósforo [0.35 a 0.50] y potasio [0.6-0.8]) y c) la cantidad de nutrientes extraídos por la planta, para el caso de caña de azúcar se considera un kilogramo por tonelada de tallo fresco.

La ecuación para calcular la cantidad de fertilizante a aplicar es:

$$\text{nutriente a aplicar (Kg)} = \frac{(\text{Extracción unitaria} * \text{Rendimiento}) - \text{Nutriente en el suelo}}{\text{Eficiencia del fertilizante}}$$

RESULTADOS Y DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos en los análisis de fertilidad, las variables fisicoquímicas químicas presentan características contrastantes, correspondientes a la zona donde se extrajeron. En el Cuadro 1 se presenta un resumen con los valores mínimos, medios y máximos de las variables evaluadas. El pH promedio es medianamente alcalino y el contenido de materia orgánica y de nitrógeno inorgánico es medio. Para el caso de fósforo, es importante resaltar que el valor promedio corresponde a un contenido alto. Para el resto de las variables, la NOM-021-RECNAT-2000 no presenta la clasificación.

Cuadro 3. Valor máximo, mínimo y promedio de las principales características fisicoquímicas de las 26 muestras de suelo provenientes de la zona cañera en el sur del estado de Morelos.

| Variable | Máximo | Mínimo | Promedio |
|----------------------|---------|---------|----------|
| pH | 8.4 | 7.0 | 7.7 |
| Carbonatos | 21.9 | 0.9 | 3.3 |
| Materia Orgánica (%) | 4.4 | 0.5 | 2.2 |
| N_Inorg (ppm) | 94.9 | 22.4 | 48.1 |
| P_Olsen (ppm) | 126.3 | 7.8 | 38.6 |
| K (ppm) | 382.4 | 66.6 | 193.9 |
| Ca (ppm) | 7,821.8 | 2,507.3 | 4,944.5 |
| Mg (ppm) | 1,664.1 | 279.6 | 1,082.2 |
| Fe (ppm) | 92.0 | 3.6 | 31.0 |
| Zn (ppm) | 22.7 | 0.3 | 5.8 |
| Mn (ppm) | 29.9 | 7.5 | 18.2 |
| Cu (ppm) | 4.9 | 0.5 | 2.1 |
| CIC | 52.5 | 15.2 | 34.6 |

Las recomendaciones de fertilidad para cada punto y en consecuencia se refleja la necesidad de generar dosis de fertilización específicas para cada zona e incluso entre campos debido a las diferencias encontradas, no obstante, en promedio se generó la recomendación 275.4 - 52.4 - 254.2 para los elementos N, P, K por hectárea, basados en las características de suelo y fertilidad (Hernández *et al.*, 2020).

Actualmente, los productores utilizan 2.5 a 3.0 toneladas de la fórmula cañera, proporcionando en promedio una dosis de 247-61.9-41.3, que, de acuerdo a la recomendación obtenida, se encuentra desbalanceada, con un déficit de nitrógeno y especialmente de potasio. El potasio es un elemento sumamente importante en la formación de tallos molederos, así como en la acumulación de azúcares. La deficiencia prolongada de potasio puede afectar el desarrollo del meristemo apical, distorsionando las hojas apicales dándole a la planta una apariencia de abanico (Anderson y Bowen, 1994). Por otro lado, los productores que fraccionan la fertilización, usualmente la realizan a los 30 días después de la siembra y a los cinco meses de edad de la planta, por lo que se aplica el elemento fósforo de modo tardío considerando una cosecha a los 12-13 meses por lo que resulta poco aprovechable por la planta.

El escaso contenido de materia orgánica en la gran mayoría de las muestras se debe principalmente a la quema realizada durante la cosecha y posteriormente al rastrojo resultante, además de la escasa rotación de cultivos o incorporación de elementos como compostas o residuos de cosecha. Adicionalmente, el pH alcalino y origen calcáreo de los suelos puede afectar la absorción de nutrientes, especialmente de hierro y magnesio, por lo que la adición de microelementos es necesaria para la corrección de deficiencias y desarrollo adecuado del cultivo.

CONCLUSIONES

La dosis de fertilización empleada actualmente conocida como mezcla cañera no funciona eficazmente en toda la zona sur de producción de caña en Morelos, por lo que, en un primer acercamiento, la identificación de zonas compactas de fertilidad puede ser lo más adecuado. Paulatinamente, es aconsejable incrementar el número de muestras para obtener una base de datos más robusta y así generar mejores recomendaciones.

No es posible recomendar una sola dosis de fertilización para todo el estado, debido a las diferencias marcadas que se observaron con los resultados de laboratorio.

Es necesario aplicar medidas adicionales para mejorar las condiciones edáficas de la zona, tales como adición de materia orgánica, el uso de abonos verdes, rotación de cultivos y evitar la requema de residuos de cosecha.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

El presente trabajo se realizó bajo el financiamiento otorgado por el recurso fiscal del INIFAP a través del proyecto “Actualización de dosis de fertilización para la producción de caña de azúcar en la zona de abasto del Ingenio Emiliano Zapata en el estado de Morelos”

LITERATURA CITADA

Castellanos ZJ, Uvalle BJX, Aguilar SA. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. Edición. INCAPA. México.

Hernández AM, Mariles FV, Cano GMA, Miranda MR, Osuna CF. 2020. Fertilidad de suelos cañeros en la región sur del estado de Morelos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Zacatepec. Zacatepec, Morelos, México. Folleto técnico No. 115. 29 p.

Humbert RP. 1974. El cultivo de la caña de azúcar. Compañía Editorial Continental S.A. México. SIAP Sistema de Información Agropecuaria (SIAP-SAGARPA). 2018. Disponible en: <http://reportes.siap.gob.mx/agricolasiap/cultivoindex.jsp>

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal.

¿WALKLEY-BLACK CUANTIFICA CARBÓN ORGÁNICO O ELECTRONES?

García-Arjón Rubí¹ y Puente-Valenzuela Cristo Omar^{2*}

1. Licenciatura en Biología de Facultad de Ciencias Biológicas UJED; 2. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Relación Agua, Suelo, Planta, Atmósfera (CENID-RASPA) INIFAP

puente.cristo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Walkley-Black, Colorimetría, Materia Orgánica

INTRODUCCION

La técnica de Walkley – Black es mundialmente reconocida para la cuantificación de carbono orgánico (CO) en el suelo, la cual se fundamenta en el cambio de estado de oxidación del ion dicromato (Cr^{6+} color naranja) al ion crómico (Cr^{3+} color verde) bajo una digestión de dicromato de potasio y ácido sulfúrico, con la valoración del ion dicromato remanente con una sal ferrosa, donde el contraste con un blanco estima la concentración de carbón orgánico. A través de la historia se han realizado adaptaciones colorimétricas de esta técnica aprovechando característica del ion crómico de absorber luz en el rango de los 600 – 620 nm, ocurriendo en ambos casos la siguiente reacción: $2\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 3\text{C}^x + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + 3\text{CO}_2 + 8\text{H}_2\text{O}$. Nótese que las semi reacciones involucradas en el cambio de oxidación para el $\text{C}^{6+} + 3\text{e}^- \rightarrow \text{Cr}^{3+}$ y $\text{C}^x - \text{xe}^- \rightarrow \text{C}^{4+}$, lo cual implica que para poder observar un cambio en la concentración del ion dicromato o en la aparición del ion crómico el carbono deberá estar en un estado de oxidación negativo (es decir donador de electrones).

La materia orgánica en el suelo tiene una heterogeneidad de compuestos, donde sus átomos de carbono pueden existir en cinco estados de oxidación distintos, partiendo desde los compuestos más reducidos como los alcanos, seguidos por los alcoholes, aldehídos, ácidos carboxílicos y finalmente el dióxido de carbono, donde el estado de oxidación del carbón del grupo funcional (carbono alfa) son C^4 , C^3 , C^0 , C^{2+} y C^{4+} respectivamente. De acuerdo con la reacción descrita en el párrafo anterior compuestos con carbonos con estados de oxidación reducidos (negativos), serían los principales promotores de la reducción de la concentración del ion dicromato y de la formación del ion crómico, teniendo mayor actividad aquellos que se encuentren más reducidos. El presente trabajo tiene como objeto evaluar el cambio en la concentración del ion crómico con diferentes compuestos orgánicos y proporción electrón – mol de carbono distinta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el monitoreo de la formación del ion crómico se empleó una adaptación de la técnica Walkley – Black colorimétrica (Frascaroli *et al.*, 2011), la cual consistió en la adición de 3 mililitros de una mezcla 1:2 dicromato de potasio 1N (fermont®) y ácido sulfúrico (fagalab®) concentrado a un mililitro de solución con 10 miligramos de sustancia a probar, incubación a 90 grados centígrados por 60 minutos en baño maría, adición de 3 mililitros de agua destilada y la lectura a 620 nm en un espectrofotómetro Genesys 20. Esta técnica presenta un rango de trabajo lineal de 0.05 a 5 miligramos de carbono. Se emplearon los siguientes compuestos: EDTA (fermont®), ácido oxálico (fagalab®), etanol (fagalab®), sacarosa (fagalab®), triptófano (sigma®), bicarbonato de sodio (fermont®) y carbonato de sodio (fermont®), en todos los casos se emplearon reactivos grado certificado por lote. Se pesó con exactitud 100 miligramos, disueltos y aforados con agua destilada a un volumen final de 10 mililitros, como diseño estadístico se realizaron curvas de calibración con diluciones seriadas hasta obtener cinco estándares, esto para realizar un contraste de pendientes para buscar igualdad entre ellas en el caso que la técnica cuantifique carbono orgánico sin

importar la relación electrón – mol de carbono del compuesto. En conjunto se realizó el análisis de un material de referencia de carbono orgánico en matriz de suelo de la marca leco®, el cual tiene un valor de 2.77 ± 0.06 por ciento de carbono.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan las características químicas de las sustancias empleadas, así como las sumatorias de los estados de oxidación de los carbonos constituyentes en sus moléculas, las cuales fueron calculadas de acuerdo a la electronegatividad de los sustituyentes de cada carbono, de manera que, a una mayor electronegatividad del sustituyente con respecto al carbono central, se resta un electrón, a menor electronegatividad del sustituyente se suma un electrón y finalmente enlaces carbono – carbono no aportan electrones.

Tabla 6. Características químicas de los distintos compuestos empleados

| Sustancia | Peso Molecular (g/mol) | # Carbonos | Fracción molar de Carbono | Sumatoria de carbonos con carga | Sumatoria de carbonos con carga negativa | Carga neta de los carbonos |
|----------------------|------------------------|------------|---------------------------|---------------------------------|--|----------------------------|
| EDTA | 292.25 | 10 | 0.41 | +12 | -6 | +6 |
| Sacarosa | 342.29 | 12 | 0.42 | +3 | -3 | 0 |
| Triptófano | 204.23 | 11 | 0.64 | +3 | -6 | -3 |
| Etanol | 46.07 | 2 | 0.52 | 0 | -4 | -4 |
| Ac. Oxálico | 90.03 | 2 | 0.26 | +6 | 0 | +6 |
| Bicarbonato de sodio | 84.01 | 1 | 0.14 | +4 | 0 | +4 |
| Carbonato de sodio | 105.98 | 1 | 0.11 | +4 | 0 | +4 |

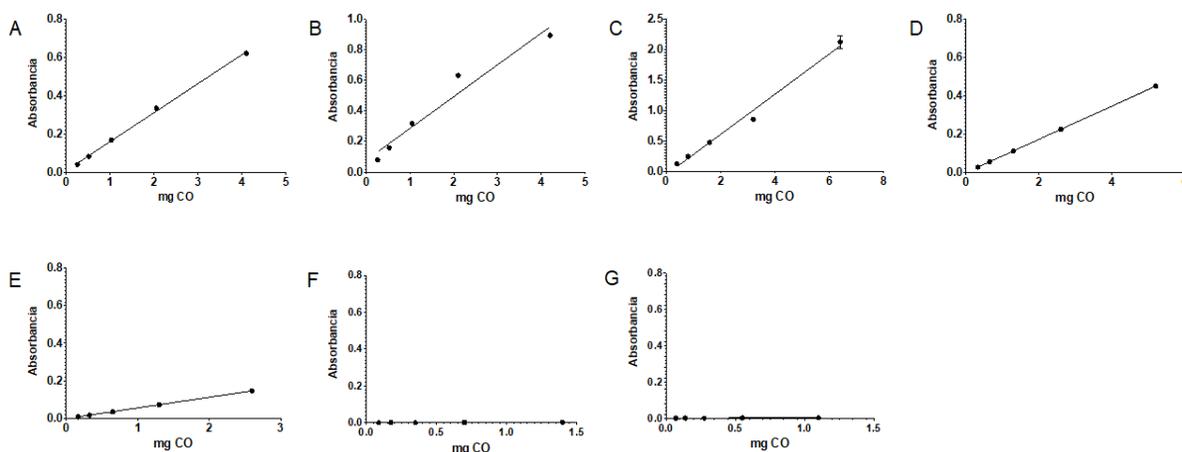
En la tabla 1 y Grafica 1 se muestra la información y curvas resultantes del análisis de 3 repeticiones de los estándares preparados, puede apreciarse que las pendientes son diferentes estadísticamente entre ellas (Análisis de regresión lineal simple, con contraste de pendiente e intercepto, en GraphPad Software, San Diego, California USA, www.graphpad.com). De acuerdo a Miller & Miller este fenómeno es resultante cuando se analizan especies químicas distintas de un mismo analito (Miller & Miller., 2002), también puede observarse que compuestos con mayor número de carbonos arrojan pendientes más altas, con es el caso de EDTA, Sacarosa y triptófano, lo cual puede explicarse por la formación de intermediarios dentro de la cinética de oxidación por ion dicromato, de tal manera que cada intermediario aporte carga electrónica para la formación ion crómico, Katre Santiago en el 2020, menciona que la oxidación del ion dicromato es compleja y está influenciada por el solvente, estructura del sustrato, temperatura, acides del medio, entre otros factores. en cinéticas de oxidación, de ribosa, arabinosa y galactosa, se observan descarboxilaciones que terminan formando ácido fórmico y el intermediario correspondiente, los cuales a su vez continúan oxidándose; entre los compuestos reportados capaces de ser oxidados por el dicromato son: alcoholes aromáticos, aldehídos, cetonas, carbonilos, ésteres, disulfuros, y antibióticos (Katre, Sangita., 2020).

Tabla 7. Datos estadísticos de curvar de calibración resultantes

| Sustancia | Ecuación de curva | R ² | Rango de curva (mg CO) | Interpolación de material LECO® | % Recobro |
|----------------------|--------------------|----------------|------------------------|---------------------------------|-----------|
| EDTA | $y=0.011+0.1505x$ | 0.9983 | 0.25 – 4.1 | 3.57 | 128.88 |
| Sacarosa | $y=0.079+0.2071x$ | 0.9548 | 0.26 – 4.2 | 2.27 | 81.95 |
| Triptófano | $y=-0.055+0.3295x$ | 0.9889 | 0.40 – 6.4 | 1.84 | 66.43 |
| Etanol | $y=-0.001+0.0867x$ | 1.0000 | 0.32 – 5.2 | 6.35 | 229.24 |
| Ac. Oxálico | $y= 0.0569x$ | 1.0000 | 0.16 – 2.6 | 9.67 | 349.10 |
| Bicarbonato de sodio | $y=-0.542+0.0015x$ | 0.9305 | 0.08 – 1.4 | 357.4 | 12902.53 |
| Carbonato de sodio | $y=-0.035+0.0027x$ | 0.8696 | 0.07 – 1.1 | 200.3 | 7231.05 |

En la grafica 1, se grafica la media y desviación estándar de un análisis por triplicado de cada estándar de las curvas de calibración para cada sustancia: EDTA (A), sacarosa (B), triptófano (C), etanol (D), acido oxálico (E), bicarbonato de sodio (F) y carbonato de sodio (G), en el eje de las abscisas se muestran los miligramos de carbono orgánico (mg CO), en el eje de las ordenadas las unidades de absorbancia. De este grupo de graficas es importante destacar que el rango lineal para la sacarosa es hasta 2.1mg de CO, donde su correlación mejora considerablemente si se omite el ultimo punto de curva (información no mostrada), para el caso de los bicarbonatos y carbonatos donde su carbono se encuentra en el estado máximo de oxidación, las señales producidas pueden considerarse ruido.

Finalmente es importante destacar que en el ensayo de recobro del material certificado de carbono orgánico en suelo por la marca comercial Leco®, la interpolación de su señal en las distintas curvas producidas por la gama de sustancias probadas, ninguna arroja un buen recobro con calidad analítica (ver tabla 2).



Grafica 1. Curvas de calibracion con diferentes fuentes de carbono organico

CONCLUSIONES

La técnica de Walkley-Black cuantifica la cantidad de electrones aportados por el carbono constituyente de la materia orgánica, siendo la cantidad de carbonos constituyentes de las moléculas y el estado de oxidación de estos, los principales factores para inducir la formación del ion crómico.

Para la cuantificación de carbono orgánico en suelos o en otro tipo de matriz es muy importante usar materiales de referencia que representen la heterogeneidad de compuestos orgánicos implícitos en ellas, esto para mejorar la calidad analítica de las determinaciones.

AGRADECIMIENTOS

Laboratorio nacional de análisis de agua, suelo, planta y atmosfera del CENID-RASPA

FUENTE FINANCIERA

Autogenerados

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Katre, Sangita. (2020). Recent Advances in the Oxidation Reactions of Organic Compounds using Chromium (VI) Reagents. *Research journal of chemistry and environment*. 24. 130-151.
2. María Inés Frascaroli, Sandra Signorella, Juan Carlos González, María Florencia Mangiameli, Silvia García, Emilio Rubin de Celis, Lidia Piehl, Luis F. Sala, Ana María Atria (2011). Oxidation of 2-amino-2-deoxy-d-glucopyranose by hypervalent chromium: Kinetics and mechanism, *Polyhedron*, Volume 30, Issue 11, Pages 1914-1921,
3. Miller N. J & Miller C. J (2002) *Estadística y quimiometría para química analítica*. Prentice Hall Madrid. pp130 – 134.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

EVALUACIÓN DE LIXIVIADO EN LA PRODUCCIÓN DE FRESAS, ACELGAS Y LECHUGA DE BOLA BAJO UN SISTEMA ORGÁNICO

Isabel Alemán-Chávez¹, Ramón Zulueta-Rodríguez¹, José L. Ladea- Rodríguez², Luis G. Hernández-Montiel², y Liliana Lara-Capistrán^{1*}

¹Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, Circuito Universitario Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria, C.P. 91000, Xalapa, Veracruz, México.

² Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, Calle Instituto Politécnico Nacional No. 195, Col. Playa Palo de Santa Rita Sur, C.P. 23096, La Paz, Baja California Sur, México.

*llara_capistran@hotmail.com

Palabras clave: Heces equinas, compost, huerto.

INTRODUCCIÓN

El efecto derivado del uso excesivo de los fertilizantes químicos ha provocado un impacto negativo sobre el ambiente, el cual conlleva a la salinización, acidificación y compactación del suelo, pérdida de la fertilidad, reducción de la biodiversidad y contaminación de aguas superficiales y subterráneas, de modo que la sostenibilidad agroproductiva mundial podría verse mermada en proporciones alarmantes. Ante el oscuro panorama que la ciencia vislumbra, la agricultura ecológica/orgánica se ha revelado como una actividad alterna capaz de cubrir las necesidades nutricionales de las plantas en ausencia parcial o completa de insumos sintéticos o inorgánicos. Por ende, la investigación enfocada en el uso de abonos orgánicos ha contado con el apoyo internacional para determinar las limitaciones potenciales, los desafíos y la factibilidad institucional, agroecológica y socio-económica necesarios para garantizar el desarrollo de prácticas adaptadas a las condiciones prevaletientes en cada una de las regiones del mundo donde la problemática alimentaria pudiese resolverse mediante el manejo ecológico e intensivo de los componentes ensamblados en un determinado contexto agrotecnológico y cultural (Núñez y Navarro-Garza, 2021). Aunque existen diferentes tipos de abono orgánico, en la actualidad los lixiviados de compost ocupan un lugar privilegiado debido a las características microbianas y físico-químicas que le distinguen para potencializar y mejorar la productividad de los cultivos al atenuar problemas fitosanitarios y evitar contaminación de cuerpos lóticos, lénticos y del suelo (Granada y Prada, 2015), cualidades que al aplicarse de manera foliar magnifica su eficacia en las plantas incluso por encima del propio compost (Alarcón e Ibaceta, 2015). Tomando en consideración la intensidad del manejo requerido en los cultivos hortícolas y la prioritaria y constante provisión de nutrientes mediante la adición de materias orgánicas naturales (Guanche, 2015), en el presente estudio se planteó el objetivo de evaluar el efecto de un lixiviado a base de heces equinas sobre el crecimiento y producción de fresas, acelgas y lechuga de bola bajo un sistema de manejo orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se efectuó durante los meses agosto-diciembre 2019 en un invernadero tipo macrotúnel de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, *Campus* Xalapa, localizado a 1,428 msnm, entre los paralelos 19°33'05.37" latitud Norte y los meridianos 96°56'40.64" longitud Oeste. Se utilizó un diseño de bloques completamente azarizados con dos tratamientos: T1 Testigo absoluto (TA) y T2 Lixiviado de heces equinas (LU) distribuidos en tres bloques (camas de 1.20 m de ancho x 4.0 m de largo) con disposición total de 50 repeticiones. El trasplante se realizó a los 15 días después de la siembra de las semillas de acelga y lechuga de bola, mientras que en la fresa las plántulas contaban con tres pares de hojas verdaderas y ca. 15 cm de altura. La fertilización de los cultivos evaluados (foliar, 450 mL de

lixiviado.16 L⁻¹ agua y al drench, 500 mL de lixiviado.17 L⁻¹ agua) se realizó a partir de los 15 días después del trasplante (DDT), y cada siete días durante 10 semanas.

El lixiviado utilizado fue adquirido en la Unidad de Capacitación para el Desarrollo Rural (UNCADER) #2 ubicada en Coatepec, Veracruz, México, y para control de insectos voladores como pulgones, moscas minadoras y mosquita blanca se colocaron trampas cromáticas amarillas impregnadas con una mezcla de insecticidas biológicos (BIO-Stick® y Biotech BMI®) y aceite vegetal como adherente (5 mL⁻¹ insecticidas. 100 mL⁻¹ aceite vegetal) reactivadas dos veces por semana, dependiendo de la precipitación pluvial. En el cultivo de fresas se evaluó número de hojas, flores y frutos a los 83 DDT, mientras que en acelga y lechuga de bola se determinó la altura de planta, número de hojas y peso fresco.

Para el análisis estadístico en primera instancia se realizaron los contrastes de normalidad correspondientes y, tras comprobar la fiabilidad estadística de los datos obtenidos en este experimento, las variables evaluadas fueron analizadas mediante la prueba t de Student del software STATISTICA (versión 12.0) para Windows, con un intervalo de confianza al 95 % de la diferencia de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico reveló diferencias altamente significativas en el cultivo de fresa para las variables evaluadas ($P \leq 0.001$), siendo LU el mejor tratamiento para el número de hojas, flores y frutos, con incrementos respectivos de 46.29 %, 32.75 % y 40.62 % en comparación con el tratamiento donde no se aplicó este lixiviado (TA, Fig. 1), lo cual puede estar relacionado con su contenido nutricional, entre los que en la producción de follaje seguramente destaca el nitrógeno, tal y como Romero-Romano *et al.* (2012) lo han constatado, mientras que la aplicación de lixiviados mixtos microbianos al suelo es una alternativa bastante aceptable para mejorar respuestas en la floración de jitomate (Fornaris y Rodríguez, 2009) o bien incrementar el rendimiento y calidad de fruta en el cultivo de fresa (García, 2019).

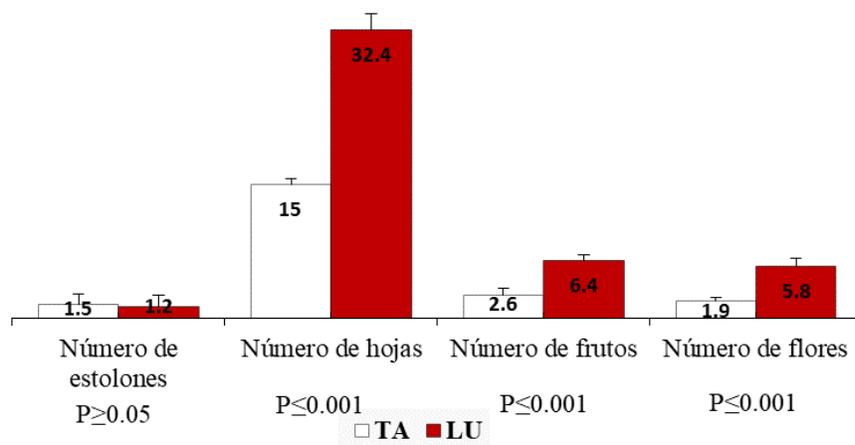


Figura 1. Análisis estadístico para las variables evaluadas en fresa (*Fragaria*) variedad Jocona, sugiere diferencias significativas con un intervalo de confianza al 95 %. Clave de los tratamientos: TA Testigo absoluto y LU lixiviado de heces equinas.

El análisis comparativo-evaluativo también mostró diferencias significativas en los cultivos de acelga y lechuga de bola ($P \leq 0.05$), siendo en el primero donde la altura de la planta y el número de hojas incrementó en 45.00 % y 79.20 % en comparación con el tratamiento TA; mientras que en el segundo se observó la

misma tendencia cuando no se aplicó este lixiviado: >64.47 % en altura de la planta y >40.59 % en peso fresco con respecto al tratamiento TA.

En dicho tenor, Chinga *et al.* (2020) apreciaron resultados positivos con el lixiviado de vermicompost de estiércol bovino para el número de hojas en el cultivo de algodón (*Gossypium hirsutum* L.). De igual manera, Granada y Prada (2016) observaron respuesta positiva y eficiente entre el cultivo de lechuga (peso, vigorosidad, sanidad e intensificación de la tonalidad de la planta) y los microorganismos que se encuentran en el lixiviado agroecológico tras su evaluación en campo.

Cuadro 1. Análisis estadístico para las variables evaluadas en los cultivos de acelga y lechuga de bola

| Tratamientos* | Acelga | | Lechuga de bola | |
|---------------|-------------|---------------------|-----------------|-----------------|
| | Altura (cm) | Número de hojas (U) | Altura (cm) | Peso fresco (g) |
| TA | 21.66±0.95 | 6.40±0.80 | 11.20±0.98 | 39.6±12.66 |
| LU | 35.05±1.74 | 8.60±0.49 | 18±0.89 | 122.9±5.82 |
| P | 0.001 | 0.001 | 0.001 | 0.001 |
| ±EE | 6.69 | 1.10 | 3.40 | 1.32 |

$P \leq 0.05$ sugiere diferencias significativas con un intervalo de confianza al 95 % de la diferencia de medias

*TA Testigo absoluto, LU Lixiviado de heces equinas.

CONCLUSIÓN

Se concluye que el mejor tratamiento en estos cultivos hortícolas establecidos a cielo abierto fue el uso de LU (lixiviado de heces equinas), siendo una alternativa elegible como abono orgánico en sustitución de los fertilizantes inorgánicos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A las autoridades de nuestra entidad educativa por el apoyo financiero facilitado a los estudiantes de la Optativa III: Agricultura Protegida para el desarrollo y conclusión de esta investigación. Del mismo modo, al Padre Alejandro Pérez, ecónomo del Seminario Mayor de Xalapa, por todas las facilidades otorgadas para la realización de este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alarcón E., A. e Ibaceta J., L. (Coords.) 2015. Guía práctica campesina; Recetas caseras de abonos orgánicos y biopesticidas. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Chile.
2. Chinga, W., Torres G., Marmol, L. E. y Chirinos, D. T. Efecto de un lixiviado de vermicompost sobre el crecimiento y producción del algodón. Revista Científica Ecuatoriana 2020; 7:32-40.
3. Fornaris S., A. A. y Rodríguez F. P. A. Influencia de dosis creciente de lixiviado de abonos mixtos microbianos y lixiviado humus de lombriz sobre algunas variables morfoagronómicas en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Ciencia en su PC 2009; 2:100-114.
4. García B., G. (2019). *Fenología, calidad y rendimiento de fruto de fresa variedad 'El Dorado' con fertilización química y orgánica*. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Facultad de Ingeniería Agrohidráulica. San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. 28 p.
5. Granada T., C. A. y Prada M., Y. Caracterización del lixiviado agroecológico a partir de residuos orgánicos de cultivos. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 2015; 6:169-181.
6. Granada T., C. A. y Prada M., Y. Evaluación del lixiviado agroecológico como acondicionador del suelo en cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) variedad crespa verde. Revista de Investigación Agraria y Ambiental 2016; 7:47-57.

7. Guanche G., A. 2015. Las lombrices y la agricultura; Información técnica. Agrocabildo, Cabildo de Tenerife, España.
8. Núñez, J. F. y Navarro-Garza. H. La agroecología: Acercamiento a la dialéctica de una semántica marginal en América Latina. Una breve historia en red. Revista Hispana para el Análisis de Redes Sociales 2021; 32:13-200.
9. Romero-Romano, C. O., Ocampo-Mendoza, J., Sandoval-Castro, E. y Tobar-Reyes, J. R. Fertilización orgánica-mineral y orgánica en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananasa* Duch.) bajo condiciones de invernadero. Ra Ximhai 2012; 8:41-49.

Sección: Manejo agronómico

ROTACIÓN DE CULTIVOS Y APLICACIÓN DE BIOSÓLIDOS PARA MANEJO EFICIENTE DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE TRIGO EN EL BAJÍO

Aurelio Báez Pérez¹, Bertha Patricia Zamora Morales², Juan José García Rodríguez¹

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Bajío. Km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Guanajuato1.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Av. Progreso No. 5, CP 04110, Coyoacán, Ciudad de México, México2

baez.aurelio@inifap.gob.mx

Palabras clave: fertilización, prácticas agrícolas, manejo de cultivos

INTRODUCCIÓN

El deterioro de los suelos y el encarecimiento de los insumos agrícolas impacta negativamente en la producción de cereales en el Bajío (Báez-Pérez *et al.*, 2012). Por otra parte, el uso excesivo de los fertilizantes nitrogenados contribuye con la emisión de gases de efecto invernadero en el sector agrícola, en especial N₂O, y la contaminación ambiental. Con base en lo anterior es necesario implementar prácticas de manejo agronómico que conduzcan a mejorar la fertilidad de los suelos, disminuir costos de producción, hacer un uso más eficiente de los fertilizantes nitrogenados y aumentar la rentabilidad en la producción de cereales para los agricultores. La aplicación de abonos orgánicos es necesaria para aumentar las reservas orgánica de los suelos. Los biosólidos, que se obtienen a partir del tratamiento de las aguas urbanas, se producen de manera abundante en las plantas de tratamiento, como una medida de saneamiento y limpieza del medio ambiente. Los lodos se producen principalmente en las etapas de tratamiento primario y secundario del agua residual. Para poder disponerlos, es necesario estabilizarlos y desaguarlos para reducir la atracción de vectores y su volumen. El volumen de lodo depende, en su mayoría, del contenido de humedad. Un lodo primario contiene entre 91 y 95% de humedad, con un valor típico del 94%. En cambio, un lodo secundario, contiene del 98.5 al 99.5% de humedad, con un valor típico del 99.2% (Metcalf y Eddy, 2003), pero pueden ser desecados para comercializarlos en presentación sólida. Los biosólidos producidos en las plantas de tratamiento deben cumplir con las Normas Oficiales: NOM-004-SEMARNAT-2002 (NOM-004) y NOM-083-SEMARNAT-2003 (NOM-083); además de contar con una constancia de no peligrosidad de los mismos, de acuerdo al trámite SEMARNAT 07-007. Los biosólidos deben ser tratados para controlar la atracción de vectores. Se recomiendan varios procesos para lograr lo anterior, como el reducir la masa de sólidos volátiles, al menos en un 38%, durante su tratamiento. Los biosólidos también se clasifican en excelentes o buenos de acuerdo al contenido de metales pesados. Éstos pueden clasificarse en A, B o C de acuerdo a su contenido de patógenos y parásitos. La inocuidad de los biosólidos tratados permite su utilización como abono biológico en la producción agrícola, principalmente cereales. El contenido de materia orgánica en estos biosólidos contribuiría el mejoramiento de la fertilidad de suelos degradados. Los nutrientes contenidos en los lodos ofrecen diversas ventajas en comparación con los fertilizantes inorgánicos, gracias a que pueden ser incorporados lentamente por las plantas en crecimiento. Estas formas orgánicas de nutrientes son menos solubles en agua y, por lo tanto, tienen una menor probabilidad de lixiviarse al agua subterránea o ser arrastradas a las aguas superficiales. Una de las propiedades más importantes de los biosólidos es el sinergismo, el cual se manifiesta al aplicarse junto con fertilizantes químicos. Sinergismo es la acción combinada de varias sustancias químicas las cuales producen un efecto total más grande que el efecto de cada sustancia por separado. Esta propiedad permitiría reducir entre el 15 y el 50% de fertilizante aplicado y con el mismo potencial de producción agrícola, que aplicando sólo fertilizante químico (Crespo *et al.*, 2007). El propósito de este estudio fue evaluar la producción trigo de invierno e inocuidad por efecto de la aplicación de dosis crecientes del

biosólido y complejo de microorganismos benéficos, así como el efecto precedente del cultivo de frijol en el ciclo de cultivo anterior (primavera-verano 2020) a la presente evaluación.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Agrícola Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, el cual se ubica a 20° 35' 18.2" LN y 100° 49' 34" LO, a una altitud de 1706 m. La temperatura media anual es de 20.6 °C y la precipitación media anual es de 597 mm. El suelo en que se llevó a cabo el estudio correspondió a un Vertisol pélico, oscuro y profundo (> 1 m) de textura arcillosa, con una alta capacidad de campo y pH ligeramente alcalino (Cuadro 5). El contenido de materia orgánica fue moderadamente bajo (1.75 %), mientras que el contenido de N inorgánico (N-NO₃ + N-NH₄) fue alto (33.7 mg kg⁻¹), así como el de P extractable (23.2 mg kg⁻¹).

Biosólido

El biosólido, producido a partir del tratamiento de aguas domésticas, fue de pH alcalino (8.57), con un contenido de materia orgánica de 13.9% y N total de 0.79 %. Los contenidos de metales pesados se encontraron por debajo de lo que marca la NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002, del mismo modo que los contaminantes biológicos como: Coliformes fecales, Salmonella spp., Huevos de helmintos y E. coli, entre otros.

Complejo de microorganismos

Lixiviado de lombricomposta con complejo de microorganismos con pH de 8.71, y un contenido de N total de 0.29 %. Presentó alto contenido de Fe, Cu Mn y Zn; 36.6, 1.7, 3.5 y 7.6 ppm, respectivamente. Contienen *Bacillus thuringiensis* (400 UFC mL⁻¹) y *Trichoderma spp.*

Tratamientos

Se estableció un ensayo de trigo de invierno con disponibilidad de riego, para evaluar el efecto de las dosis crecientes del biosólido sin aplicación fertilizante químico, con aplicación del 50 % de la fertilización química y con aplicación del complejo de microorganismos, como se describe en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Descripción de tratamientos para la producción de trigo en el ciclo otoño-invierno 2020-2021. Campo Experimental Bajío, en Celaya, Guanajuato.

| Tratamiento | Producto | Dosis de t ha ⁻¹ | Microorganismos L ha ⁻¹ | N-P-K |
|-------------|------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------|
| 1 | Testigo absoluto | 0 | 0 | 00-00-00 |
| 2 | Testigo químico | 0 | 0 | 230-100-50 |
| 3 | Biosólido | 1 | 0 | 00-00-00 |
| 4 | " | 3 | 0 | " |
| 5 | " | 6 | 0 | " |
| 6 | " | 1 | 0 | 115-50-25 |
| 7 | " | 3 | 0 | " |
| 8 | " | 6 | 0 | " |
| 9 | " | 1 | 20 | 00-00-00 |
| 10 | " | 3 | 20 | " |
| 11 | " | 6 | 20 | " |

Manejo agronómico

En primavera-verano de 2020 se estableció en el terreno experimental frijol variedad, variedad flor de junio, en surcos de 0.8 m de ancho a una hilera, con riego de auxilio. Se obtuvo una producción promedio de 3.3 t ha⁻¹. Posteriormente en otoño-invierno 2020-2021 se estableció el experimento con trigo. Se sembró la variedad de trigo Alondra F2014 (Solís-Moya *et al.*, 2014), de gluten fuerte el 20 de diciembre de 2020 en surcos a doble hilera, con una densidad de 100 kg ha⁻¹. La fuente de fertilización de N-P-K fue sulfato de amonio + superfosfato de calcio triple + cloruro de potasio, respectivamente. La mitad del nitrógeno y los demás fertilizante se aplicarán en su totalidad a la siembra y la otra mitad del nitrógeno se aplicará previo al segundo riego. Se aplicaron cuatro riegos a los 0-45-75-100 días después de la siembra. El primero de estos se aplicó el 6 de enero. Las plántulas emergieron a partir de 15 de enero, y hasta 19 de enero se observó el 100 % de la germinación. El control de las malezas se efectuó mediante la labor de escarda. Posteriormente se efectuó 1 L ha⁻¹ de Axial, un herbicida selectivo de post-emergencia para el control de gramíneas anuales. De manera combinada se aplicó 1 L ha⁻¹ de 2-4-D amina para control de malezas de hoja ancha. Se aplicaron cuatro riegos: 0-45-75-100 días después de la siembra.

RESULTADOS

Evaluación de componentes de rendimiento de grano

La población fluctuó entre 63 y 81 plantas ha⁻¹, no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 8). La variación experimental fue de 11.3 %. Estos resultados indicaron que la competencia entre plantas fue semejante en todos los tratamientos. A nivel de número de tallos, y por lo tanto número de espigas, si hubo diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) por efecto de los tratamientos, así como en el amacollamiento (número de tallos por planta) (Cuadro 2). Hubo entre 281 y 359 espigas m⁻², y los tratamientos 2, 5, 6 y 7 presentaron los valores más altos. Los últimos tres corresponden a las dosis crecientes del biosólido, más el complemento de 50 % de la fertilización nitrogenada, lo cual indicó un efecto positivo en la aplicación del biosólido. Este parámetro es de suma importancia porque influye directamente con el rendimiento de grano.

Cuadro2. Resultados de componentes de rendimiento en producción de trigo

| Trat. | Número | | | | Amac. | Altura planta cm | Long. espigas cm | Peso grano t ha ⁻¹ | Biom. aérea t ha ⁻¹ | Mil granos g | miles granos m ² | IC |
|-------|-----------------|---------|---------|----------------------|-------|------------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|-------|
| | plantas | tallos | espigas | granos | | | | | | | | |
| | m ⁻² | | | espiga ⁻¹ | | | | | | | | |
| 1 | 63.1a | 265.0c | 259.4b | 29.4a | 4.2b | 74.2b | 8.2a | 3.6d | 9.4bc | 47.9 | 7.4d | 0.38a |
| 2 | 75.6a | 353.1a | 346.3a | 37.9a | 4.7ba | 83.4a | 9.9a | 5.9ba | 16.4a | 45.0bc | 13.1a | 0.36a |
| 3 | 61.3a | 287.5bc | 281.3ba | 31.0a | 4.7a | 73.3b | 9.0a | 4.1dc | 11.6bc | 47.2ba | 8.7bdc | 0.36a |
| 4 | 63.1a | 270.6bc | 260.0b | 34.1a | 4.3ba | 74.9b | 9.2a | 4.2dc | 12.4bac | 47.9ba | 8.8bdc | 0.34a |
| 5 | 66.3a | 290.6bc | 281.9ba | 37.5a | 4.4ba | 76.4ba | 8.6a | 4.5bdc | 11.4bc | 43.2c | 10.5bdac | 0.40a |
| 6 | 79.4a | 341.3bc | 338.1a | 35.9a | 4.3ba | 81.0ba | 9.0a | 5.5bac | 14.4ba | 45.4bc | 12.1ba | 0.38a |
| 7 | 81.3a | 351.9a | 345.6a | 37.1a | 4.3ba | 77.4ba | 9.1a | 6.1a | 16.4a | 47.1ba | 12.9a | 0.37a |
| 8 | 81.3a | 347.5ba | 338.1a | 35.6a | 4.3ba | 80.0ba | 9.2a | 5.9ba | 15.0ba | 48.7a | 12.1ba | 0.39a |
| 9 | 71.3a | 304.4bc | 297.5ba | 38.8a | 4.3ba | 78.3ba | 8.7a | 5.5bac | 13.9ba | 47.6ba | 11.5bac | 0.40a |
| 10 | 76.3a | 323.8bc | 321.3ba | 33.5a | 4.3ba | 77.5ba | 9.8a | 5.1bac | 13.7ba | 47.4ba | 10.8bac | 0.37a |
| 11 | 74.4a | 310.6bc | 304.4ba | 35.5a | 4.2b | 75.2ba | 8.3a | 5.0bac | 13.4bac | 47.0ba | 10.7bdac | 0.38a |

La producción de grano presentó diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0.05$). El rendimiento más bajo se observó en el primero, que correspondió al testigo absoluto, sin aplicación de fertilizantes (1), donde el cultivo de trigo alcanzó 3.6 t ha^{-1} , y corresponde al nivel de producción que se logró obtener por efecto de la rotación de cultivo precedente con de frijol. En contraste, el rendimiento más alto de grano se encontró en el tratamiento 7, que correspondió a la aplicación de 3 t ha^{-1} del biosólido, más el complemento de 50 % de la dosis de fertilización nitrogenada. Este nivel de producción fue estadísticamente semejante ($p < 0.05$) con el tratamiento 2, donde se efectuó la aplicación completa de fertilización nitrogenada. Los tratamientos 3, 4 y 5, que correspondieron a las dosis crecientes del biosólido sin aplicación de fertilizantes químico ni complejo de microorganismos se asemejaron estadísticamente ($p < 0.05$) entre sí, y su nivel de producción de grano fue entre 14 y 26 % mayor ($p < 0.05$) con respecto al que se obtuvo con el testigo absoluto (1), pero fue 33 % inferior con respecto a los rendimientos más altos que se obtuvieron en los tratamientos 2 y 7. Estos resultados muestran que si hubo efecto en la producción de trigo de invierno por la aplicación del biosólido, pero se requiere de complementar con la aplicación de fertilizante químico nitrogenado para satisfacer el requerimiento nutrimental del trigo. La producción de biomasa aérea (paja + grano) tuvo un comportamiento semejante a lo explicado en la producción de grano.

El contenido de metales pesados en el grano (Pb, Ar, Hg y Cr) estuvo muy por debajo de lo que marca la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 para límites permisibles de contaminantes en cereales. A nivel de contaminantes biológicos como: coniformes fecales y totales, salmonela y E. coli no fueron detectados en el análisis biológico. Estos resultados muestran la inocuidad del biosólido y el complejo de microorganismo en la producción de trigo. Regularmente el riesgo de contaminación es menor en este tipo de cultivos, porque el grano se encuentra en la parte más alta del cultivo; sin embargo, el análisis garantizado del biosólido mostró que el contenido de metales pesado se encuentra dentro de los límites permisibles de la NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002.

CONCLUSIONES

La aplicación de 3 t ha^{-1} del biosólido tuvo efecto en la productividad de trigo, combinado con el 50 % de fertilización nitrogenada. El complejo de microorganismos combinado con la aplicación del biosólido, pero sin fertilizante nitrogenado fue superior respecto al tratamiento testigo sin fertilizante, pero inferior a los tratamientos con fertilización nitrogenada. El grano fue inocuo, por lo que la aplicación de los productos no ocasiono contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Báez-Pérez A, Arreola-Tostado JM, Triomphe B, Bautista-Cruz A y Licea-Morales P de J. 2012. Implementación de la siembra directa para producción de cebada maltera en el estado de Guanajuato. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3: 1509-1519.
2. Crespo, M. R., González, D. R., Miramontes, E. A., y Nuño, R. (2007). Sinergismo fertilizante-composta de residuos sólidos municipales en el cultivo de maíz. En: *Avances en la investigación científica en el CUCBA*: <http://www.cucba.udg.mx/anterior/publicaciones1/avances/avances2007.pdf>. Fecha de consulta: 1/07/2021.
3. Solís-Moya, E., J. Huerta-Espino², P. Pérez-Herrera², H.E. Villaseñor-Mir, A. Ramírez-Ramírez y M.L. de la Cruz-González. 2017. Alondra F2014, nueva variedad de trigo harinero para el Bajío, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(5):1225-1229.
4. Metcalf and Eddy. 2003. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse* (4 ed.). Nueva York, Nueva York, Estados Unidos: McGraw-Hill.

5. Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5188649&fecha=10/05/2011. Fecha de consulta 1/01/2021.
6. NORMA Oficial Mexicana NOM-083-SEMARNAT-2003.
<https://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/1306/1/nom-083-semarnat-2003.pdf>. Fecha de consulta:
1/07/2021.
7. NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEMARNAT-2002.
<http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ecol/semarnat004.pdf> Fecha de consulta 1/07/21.

PROPAGACIÓN DE FRESAS MEXICANAS EN AGRICULTURA PROTEGIDA.

Luis Febronio Díaz Espino^{1*}; Enrique González Pérez²; Salvador Villalobos Reyes³

¹Investigador de Sistemas Agrícolas de Producción; ²Investigador de Hortalizas; ³ Investigador de Hortalizas.

diaz.febronio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Invernadero, Nikte, Pakal.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de fresa en Irapuato; Gto., tiene un alto impacto socioeconómico. Genera divisas por la exportación de fruta y crea 730,000 jornales al año por cada 1,000 hectáreas sembradas con este cultivo. (Faostat 2015).

Si los productores del estado de Guanajuato desean hacer rentable su unidad de producción, deben reconvertir el sistema de producción tradicional de fresa a un nuevo sistema, dirigido hacia la producción de fresa fresca y para proceso de alta calidad. Dentro del proceso de cambio tecnológico, el disponer de variedades mexicanas de fresa precoces y con alta calidad sensorial, les permitirá aprovechar las bondades del clima estatal para producir altos rendimientos de fruta, que además de acuerdo con estudios de laboratorio del Cinvestav (López-Pérez, 2015), son de mayor calidad nutracéutica por su origen genético y clima regional.

El que el cultivo de fresa en México dependa sólo de las variedades de fresa extranjeras, además de oneroso es riesgoso e inconveniente por razones tecnológicas, económicas, de mercado, fitosanitarias y sociales. El tener en el estado de Guanajuato variedades mexicanas permitiría ayudar a reposicionar al estado entre los dos mayores productores de fresa en México y daría la oportunidad de regresar al cultivo a numerosos agricultores de bajos recursos económicos. (Dávalos et al; 2011).

MATERIALES Y MÉTODOS

Esta tecnología se desarrolló en el Campo Experimental del Bajío, en Celaya, Guanajuato, en invernadero, durante el ciclo Primavera-Verano 2018; iniciándose en la primera semana del mes de abril.

Este trabajo, consistió en importar estolones de plantas en campo y trasplantarlas en macetas de capacidad de 4 litros, esterilizándolas en hipoclorito al 5% y llenándolas con 3 litros de sustrato compuesto con 1.47 kg de tezontle, 0.188 kg de peatmoss y 0.150 kg de fibra de coco. La raíz de la planta se sumergió en una solución de 15 litros de agua con agrigent (0.2g/L, ingrediente activo: Sulfato de gentamicina y clorhidrato de oxitetraciclina), benomilo (0.2 g/L, ingrediente activo: benomil) y Tecto (0.1 g/L, ingrediente activo: tiabendazol). En la primera etapa del mes de abril se establecieron 45 macetas con la variedad Nikte, Se tiene también una segunda etapa iniciada el día 3 de julio, producidas de la manera que se menciona anteriormente contando con 118 plantas de Nikte y 70 de Pakal.

Para la nutrición de las plantas de fresa se creó la siguiente solución nutritiva (Velázquez, H. M. 2017)

Cuadro 1. Solución nutritiva para la producción de estolones. Ciclo Primavera-Verano. CEBAJ-INIFAP.

| PRODUCTO/400 L DE AGUA) | PESO EN GRAMOS |
|--|----------------|
| FOSFONITRATO (33-3) | 32 |
| NITRATO DE POTASIO (13-0-44) | 30.2 |
| NITRATO DE CALCIO (11-23) | 47.2 |
| NITRATO DE MAGNESIO (11-16) | 12.8 |
| FOSFATO MONOPOTASICO (0-52-34) | 27.2 |
| ACIDO NITRICO (12%) | 5.4 |
| SULFATO DE AMONIO (21-00-00-24 S) | 20 |
| FOLIPLUS (AMINOACIDOS 6%, NTOT. 1.2%NORG.1.2%) | 50 CC |

Cuadro 2. Control de plagas y enfermedades. Ciclo Primavera-Verano. CEBAJ-INIFAP. (Velázquez, H. M. 2017).

| PRODUCTO | DOSIS |
|-----------------------|--------|
| FUNGICIDAS | |
| BENOMILO | 2 G/L |
| CAPTAN | 2 G/L |
| TIOFANATO METILICO | 2 G/L |
| FORUM | 1 G/L |
| AGRYGENT | 2 G/L |
| INSECTICIDAS | |
| ABAMECTINA | 1 CC/L |
| EXTRACTO DE AJO | 8 CC/L |
| EXTRACTO DE CHICALOTE | 8 CC/L |
| PIRETRINA NATURAL | 2 CC/L |

La conservación de la humedad de este trabajo fue una lámina de riego de 6 milímetros/día, divididos en dos riegos cada 4 horas.

Es importante señalar la dependencia de los viveristas de la emisión de plantas de California o Florida, EE. UU, quienes se encargan de suministrar las variedades patentadas, por lo que esto debe suceder durante los meses de enero, febrero y marzo, para su establecimiento y que deben de contar con el permiso de los obtentores de las variedades y para ello pagar regalías y con esto tener las plantas listas a partir de agosto a septiembre, meses en los que los productores de Guanajuato y Michoacán establecen la fresa.(SAGARPA 2012). En general la productividad de estolones fluctúa entre 700 mil si se usa San Andrés a 1 millón si es festival. Como entonces se podrá apreciar, no es tan fácil ser productor viverista de fresa, existen muchas limitaciones; una de ellas es la sanidad de los terrenos, que, tanto en Michoacán como en Guanajuato, los suelos se encuentran muy contaminados por *Fusarium oxysporum* f.sp. y de ahí difunden la enfermedad a los predios donde se establece la fresa para producción comercial. Otro aspecto es la calidad de los suelos, en relación a los pH's, la provincia geoquímica de estos estados es alcalina, es decir es muy común suelos con pH mayor a 8, lo que causará problemas de fertilidad de suelos y problemas de salinidad en suelo y agua de riego, ya que la fresa es muy susceptible a esta condición y valores mayores a 1 ds/m ya empiezan a dañarla. (Bingham 1982). Finalmente, el costo de la planta fluctúa de 2 a 6 pesos, lo que significa que, a una densidad de trasplante usual de 30 mil plantas por hectárea,



son alrededor de 60 000 a 180 000 más costos de producción \$ 529 000, con una relación B/C, de 5.07, pero el beneficiado es el viverista, porque el productor comercial tiene el riesgo de recibir planta contaminada con problemas fitosanitarios (*Fusarium*). Y de plagas, principalmente araña roja y de lo cual tenemos antecedentes por actividades que se condujeron en el estado de Zacatecas.

En el trabajo que es tenor de este documento, bajo agricultura protegida y con control estricto de sanidad (plagas y enfermedades), se obtuvieron hasta 243 estolones /m², en contraste con lo que se obtuvo en campo de 105/m² y a un costo en el macrotúnel de \$ 928 600/ha y una recuperación estimada de \$7 290 000, con una relación B/C de 7.83 y el plus de no enfermedades fitosanitarias y plagas y con tecnología para producir estolones en agricultura protegida con variedades de fresa mexicanas, como Nikte Y Pakal y con esto el productor viverista y comercial no tendrá que pagar regalías y con un costo estimado de planta máximo de \$ 1 peso por planta. Un detalle muy importante que en la producción en campo de estolones se requiere de un periodo de 180 días y en nuestro caso a los 90 ya se tuvo estolón.

CONCLUSIONES

De lo anterior se desprende la conclusión de que se cuenta con la primera aproximación de tecnología de producción para la producción de estolones de fresa en condiciones de agricultura protegida libre de plagas y enfermedades.

También se recomienda que se trabaje en proyectos de diseño de estructuras apropiadas para soportar la carga de estolones que produce el sistema propuesto.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Desarrollo de tecnología de producción orgánica para fresa generada in vitro. Ciclo 2018”. Agradecimientos a Dirección Regional. Jefatura de Campo y personal de campo y laboratorio.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Dávalos G., P.A., Aguilar G., R., Jofre y G., A.E., Hernández R., A.R., Vázquez S., M.N. 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. INIFAP.CIR-CENTRO. CEBAJ. Libro Técnico Núm 3. 153 p.

Faostat 2015.<http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

López-Pérez, M.G. 2015. Calidad nutracéutica de las variedades y clones avanzados de fresa del INIFAP. Informe de labores del proyecto “Generación y validación de variedades mexicanas de fresa. Fondos Sectoriales SAGARPA-CONACYT.

SAGARPA 2012. Fondo sectorial de investigación en materia agrícola, pecuaria, acuacultura, agrobiotecnología y recursos fitogenéticos. CONACYT-COFUPRO. Demandas del sector. México 2012.

Velázquez, H. M. 2017. Manejo agronómico del cultivo de fresa “Informe técnico de residencias profesionales” SEP, Subsecretaría de Educación Superior Tecnológico de Roque. INIFAP. Roque, Gto. México.

EVALUACIÓN DE DOS TIPOS DE FERTILIZANTE PARA CÉSPED EN TRES GENOTIPOS DE ZACATE BÚFALO (*Bouteloua dactyloides*)
EVALUATION OF TWO TURFGRASS FERTILIZERS IN THREE BUFFALOGRASS GENOTYPES (*Buteloua dactyloides*)

Juan Manuel Martínez Reyna^{1*} Susana Gómez Martínez¹, Froylán Rincón Sánchez¹ y Norma Angélica Ruiz Torres¹. ¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
juan.martinezr@uaaan.edu.mx

Palabras clave: Calidad, Césped, Fertilización, *Buteloua dactyloides*

INTRODUCCIÓN

En algunos países los céspedes son considerados como un tesoro nacional. Sin embargo, en muchos otros incluyendo México, la investigación en esta área ha sido poco abordada, a pesar de los beneficios que aportan al ambiente y a la humanidad. Los céspedes protegen los suelos de la erosión provocada por el viento y el agua, ayudan a la infiltración del agua de lluvia, reducen la temperatura del ambiente, proporcionan hábitat y alimentación a la fauna, ofrecen una superficie resistente al desgaste por los deportes y otras actividades humanas, contribuyen a la salud física y mental del ser humano, agregan estética y belleza al ambiente, y proporcionan elegancia y comodidad (Martínez, 2011).

En México el zacate búfalo se distribuye en un rango de latitud de 19 a 29 °N y de longitud de 98.6 a 106.8 °O. Esto incluye la zona comprendida desde el Eje Neovolcánico al sur hasta la frontera con Texas al norte y entre la Sierra Madre Oriental y la Occidental (Martínez *et al.*, 2007). Esta especie es una planta perenne, dioica, ocasionalmente monoica, de porte bajo y estolonífera. Su altura va de 9 a 13.8 cm y puede llegar a los 30 cm como máximo. El largo de la lámina foliar varía en un rango de 2-10 cm y el ancho de 1-3 mm. (Hernández *et al.*, 2007). Es una especie con gran potencial como césped para la zona semiárida del norte de México (Martínez, 2011).

La calidad de un césped está en función de su uso; ornamental o deportivo (funcional) y de la apariencia deseada. Entre los factores que influyen en la calidad están la textura, la uniformidad, el color y el hábito de crecimiento (Turgeon, 2002). En el zacate búfalo Wu (2000) encontró diferencias en calidad de césped entre materiales con diferentes niveles de ploidia. Los diploides exhibieron una tasa de crecimiento más rápida y una mayor densidad que los tetraploides y hexaploides.

La fertilización tiene gran efecto en la calidad de un césped, de ahí la importancia de identificar que fertilizante debe ser utilizado. Existen en el mercado fertilizantes formulados específicamente para ser usados en este tipo de plantas entre ellos Turfbuilder® y Pasto Verde®.

El objetivo del este trabajo fue evaluar el efecto de dos tipos de fertilizantes en la calidad de césped de tres genotipos de zacate búfalo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los fertilizantes para césped evaluados fueron: Turfbuilder® (32-0-4; adicionado con azufre y hierro) y Pasto Verde® (10.8-14.9-9; adicionado con ácidos húmicos, fúlvicos y acondicionadores). Los genotipos de zacate búfalo utilizados fueron: B9, B62 y RC17.

El experimento se realizó en Buenavista Saltillo, Coah. en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, bajo condiciones de campo. La fertilización se realizó el 12 de junio y 12 de agosto de 2019. Mensualmente, desde el 12 de julio hasta el 12 de octubre de 2019, se determinó la densidad de hojas, obtenida al contar el número de hojas en una superficie de muestreo circular de 56.7 cm²; altura de planta (cm) y color de follaje. El experimento fue establecido en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones y un arreglo factorial 2x2 donde los factores fueron tipo de fertilizante y material genético. La unidad experimental consistió en una parcela de medio metro cuadrado y el área útil fue de 1000 cm². Las dosis utilizadas fueron las recomendadas por los fabricantes 14 gr/ m² para Turfbuilder® y 30 gr/m² para Pasto Verde®. El análisis

estadístico se realizó mediante análisis de varianza y comparaciones de medias de Tukey al 0.05 de probabilidad. En la realización de los análisis se empleó el programa InfoStat.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los Cuadros 1 y 2 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza y la comparación de medias de fertilizantes.

Cuadro 1. Cuadros medios del análisis de varianza de la densidad de hojas en muestreos mensuales.

| FV | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|----------------------|---------|---------|------------|---------|
| Fertilizantes (FERT) | 544.50 | 0.22 | 1260.39 | 4386.72 |
| Genotipos (GEN) | 1618.72 | 3729.06 | 1530.89 | 9950.39 |
| GENxFERT | 6562.17 | 1909.06 | 448.39 | 2917.06 |
| Error | 3104.19 | 2945.06 | 2298.12 | 2860.59 |
| C.V. (%) | 24.50 | 18.27 | 20.30 | 20.41 |

Cuadro 2. Media de densidad de hojas por tipo de fertilizante evaluado.

| Fertilizante | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|---------------|--------|--------|------------|---------|
| Pasto verde®. | 232.56 | 297.22 | 245.33 | 246.44 |
| Turfbuilder®. | 221.56 | 297.00 | 226.89 | 277.67 |

En el Cuadro 1 se muestra que no hay diferencia estadística en la densidad de hojas para ningún factor, ni para la interacción. En el Cuadro 2 se reportan las medias de densidad de hojas para cada tipo de fertilizante en los meses de evaluación.

En los Cuadros 3, 4 y 5 se presentan los cuadrados medios del análisis de varianza y la comparación de medias de fertilizantes y genotipos para la altura de planta (cm).

Cuadro 3. Cuadros medios del análisis de varianza de la altura de planta (cm) en los muestreos mensuales.

| FV | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|----------------------|----------|----------|------------|----------|
| Fertilizantes (FERT) | 0.50 | 0.02 | 0.20 | 5.45 |
| Genotipos (GEN) | 24.22 ** | 32.74 ** | 46.57 ** | 51.79 ** |
| GENxFERT | 0.67 | 1.07 | 5.69 | 0.20 |
| Error | 3.09 | 1.12 | 1.69 | 1.40 |
| C.V. (%) | 27.51 | 16.85 | 18.27 | 12.31 |

** Significativo al 0.01 nivel de probabilidad.

Cuadro 4. Medias de altura de planta (cm) por tipo de fertilizante evaluado

| Fertilizantes | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|---------------|-------|--------|------------|---------|
| Pasto verde® | 6.22 | 6.24 | 7.22 | 10.16 |
| Turfbuilder® | 6.56 | 6.31 | 7.01 | 9.06 |

Cuadro 5. Medias de altura de planta (cm) por genotipo evaluado.

| Genotipos | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre |
|-----------|----------|--------|------------|---------|
| B62 | 8.50 a | 8.73 a | 9.75 a | 12.23 a |
| B9 | 6.17 a b | 6.02 b | 7.40 b | 10.15 b |
| RC17 | 4.50 b | 4.08 c | 4.20 c | 6.43 c |

Medias en la misma columna con diferente literal son diferentes entre sí (Tukey $P \leq 0.05$).

En altura de planta no se encontró diferencia entre fertilizantes, sólo se encontró diferencia significativa ($p \leq 0.01$) entre genotipos (Cuadro 3).

Las diferencias en altura de planta entre genotipos se mantienen aún con la fertilización, ya que RC17 es un material seleccionado por su porte bajo. B62 es el más alto de los tres y B9 es intermedio. En la Figura 1 que incluye fotografías tomadas en julio y septiembre de 2019 se comparan los dos tipos de fertilizante en los tres genotipos de Zacate Búfalo.



Figura 1. Comparación visual de la respuesta a la fertilización con Turfbulider® y Pasto Verde® en tres genotipos de Zacate Búfalo en dos fechas: julio y septiembre de 2019.

En la Figura 1 es evidente que el efecto de los fertilizantes en densidad de hojas y en color de follaje es similar. Genéticamente B62 es el más claro de los tres materiales y B9 el más oscuro.

Aun cuando las formulaciones de los dos fertilizantes son diferentes, Turfbulider® tiene tres veces más nitrógeno que Pasto Verde®, la inclusión de ácidos húmicos y fúlvicos en este último favorecieron un buen desarrollo del césped.

CONCLUSIÓN

No existe diferencia entre fertilizar el zacate búfalo con 14 gr/m² de Turfbulider® o con 30 gr/ m² de Pasto Verde®. La conveniencia de fertilizar con uno u otro dependerá del factor económico y de la facilidad para realizar la fertilización.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernández, C.R.E., R.J.M. Martínez, V.M.H. Reyes, D.J.R. González y S.H Díaz. 2007. Caracterización morfológica y de calidad de césped de ecotipos de zacate búfalo [*Buchloe dactyloides* (Nutt.) Engem.]. Rev. Fitotec. Mex. 30(4): 381-390.
2. Martínez, R. J. M., P. Díaz N y R. E. Hernández, C. 2007. Asociación entre el nivel de ploidía y la distribución geográfica de Zacate Búfalo (*Buchloe dactyloides*). In: Libro Científico Anual Agricultura Ganadería y Ciencia Forestal UAAAN 2006. pp 242-251.
3. Martínez, R. J. M. 2011. El Zacate Búfalo (*Buchloe dactyloides*). Un césped para zonas semiáridas: establecimiento y manejo. Biblioteca Básica de Agricultura. México 45p.
4. Turgeon A J. 2002. Turfgrass Management. 6th edition, Prentice–Hall, Inc. USA. 400p
5. Wu L. 2000. Buffalograss: This ancient American forage grass may have a future as turf. Diversity 16 (1, 2): 42-43.

Sección: Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal

EFFECTO DE *Erwinia tasmaniensis* SOBRE EL CRECIMIENTO DE CHILE SERRANO EN CONDICIONES LIMITATIVAS DE FOSFATO

Athziri Jacqueline Ugalde Bandera¹, Edmundo García Moya², Gerardo Armando Aguado Santacruz^{3*}

1BIOQualitum, 2Colegio de Postgraduados, 3INIFAP

gaguados@gmail.com

Palabras clave: *Erwinia tasmaniensis*, BSF, chile serrano

INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es, después del nitrógeno, el macronutriente más importante para la nutrición de las plantas ya que ayuda a su crecimiento y desarrollo, además de que forma parte de una gran cantidad de compuestos que son necesarios para los procesos de transferencia de energía y el metabolismo, de tal forma que es un elemento crítico en ecosistemas agrícolas y naturales de todo el mundo (Mixquititla-Casbis y Villegas-Torres, 2016). Los suelos pueden contener grandes reservas de fósforo total, pero la cantidad disponible para las plantas suele estar limitada. Esto se debe a que la mayoría del fósforo se encuentra en formas no asimilables para las plantas, ya que es fácilmente convertido en complejos insolubles tales como óxidos, hidróxido y oxihidróxidos de hierro y aluminio, silicato de aluminio amorfo y cristalino y carbonato de calcio, además de encontrarse unido, o adsorbido, a materia orgánica del suelo. De este modo, la mayor parte del fósforo inorgánico se precipita como fosfatos de hierro y aluminio en suelos ácidos y como fosfatos de calcio y magnesio en suelos alcalinos y calcáreos (Romero *et al.*, 2019). Las plantas solo pueden absorber este mineral en dos formas iónicas solubles, la monobásica (H_2PO_4^-) y la dibásica (HPO_4^{2-}). En la naturaleza, algunas bacterias presentes en el suelo, llamadas solubilizadoras de fosfatos (BSF), utilizan diferentes mecanismos para convertir las formas insolubles en formas solubles. El primer mecanismo es la producción extracelular de ácidos orgánicos que dependiendo de las propiedades de disociación y el número de grupos carboxilo, tienen carga negativa, por lo que pueden formar complejos con cationes metálicos, mientras que el segundo mecanismo está asociado con la síntesis de fosfatasa que hidrolizan los enlaces éster del fosfato orgánico; dichas enzimas se dividen en monoéster fosfato hidrolasa, di-éster fosfato hidrolasa y tri-éster fosfato hidrolasa. Con base en los antecedentes anteriores, el objetivo de esta investigación fue analizar el efecto de *Erwinia tasmaniensis* como BSF sobre el crecimiento de chile serrano en condiciones limitativas de fósforo (P).

MATERIALES Y MÉTODOS

En una investigación previa se evaluaron 18 cepas de bacterias diazotróficas endófitas donde se encontró que *E. tasmaniensis* tuvo una mayor eficiencia para solubilizar fosfatos. Utilizando esta bacteria se implementó una prueba para evaluar el crecimiento y desarrollo de plantas de chile serrano con 3 tratamientos: T1= Control negativo sin inoculación de microorganismos, T2= Inoculación de plantas con *E. tasmaniensis* y T3= Inoculación de plantas con *Pseudomonas fluorescens* Ag001 como control positivo; se consideraron 8 repeticiones/tratamiento. La desinfección de las semillas se efectuó con etanol al 70%, cloro al 10% y después varios lavados con agua estéril. Posteriormente, las semillas ya esterilizadas se colocaron en una charola de acero inoxidable conteniendo sanitas estériles asperjadas con agua estéril, se cubrieron con papel filtro estéril, se taparon y se incubaron por 15 días a 28°C. Para preparar el sustrato en el que se llevarían a cabo las pruebas en invernadero se tamizó una mezcla 1:1 de arena y tierra lama utilizando una malla de 2 mm de diámetro. Después la mezcla se lavó con agua corriente para eliminar los nutrientes, se dejó secar en charolas por 24 horas y se esterilizó en autoclave a 15 libras de presión a 121°C por 30 min, para finalmente dejarlas secar al ambiente por 3 días en las charolas. Por último, se

llenaron 24 tubos de PVC 4" con 4.4 kg del sustrato estéril. Para calcular el volumen de agua con la cual se regarían las plantas, se calculó la capacidad de campo del sustrato. Para la inoculación de los sistemas de PVC se prepararon 3 frascos con 50 mL medio LB líquido estéril y dos de ellos se inocularon cada uno con una asada de cada bacteria; un frasco no fue inoculado. Los frascos se mantuvieron en agitación por 24 h a 120 rpm. Entonces se regó cada tubo de PVC con solución nutritiva Hoagland + fosfato tricálcico hasta capacidad de campo (Hoagland y Arnon, 1950). Se colocó una plántula en cada tubo de PVC a 1 cm de profundidad y se adicionaron 5 mL de cada bacteria; el control negativo se inoculó únicamente con medio LB. Diariamente se regaron y pesaron los contenedores de PVC con las plantas de chile. Los riegos con la solución Hoagland + fosfato tricálcico se realizaron para mantener la humedad de los tubos de PVC a capacidad de campo con excepción hecha de un día en el que se regaron únicamente con agua. El experimento se mantuvo bajo condiciones controladas por 4 semanas a una temperatura promedio mínima de 18°C y máxima 29°C, con fotoperiodos de 12 h de luz y 12 h de oscuridad. Cada semana se evaluó la altura del tallo, y a los 30 días después del trasplante se realizó una cosecha destructiva en la que evaluaron la longitud de la raíz principal, así como los pesos secos del vástago y la raíz. Para determinar el peso seco, las muestras se secaron en una estufa a 60°C por 24 horas. Los datos fueron analizados mediante un análisis estadístico estableciéndose las diferencias entre medias a través de pruebas de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de la altura del vástago (Fig. 1) mostró diferencias estadísticas entre tratamientos. La inoculación de las plantas con *E. tasmaniensis* (T2) resultó en las mayores longitudes del vástago ($\bar{X} = 6.5$ cm), observándose diferencias estadísticas ($p < 0.05$) con respecto a las plantas no inoculadas T1 ($\bar{X} = 5.2$ cm), pero no con respecto a las plantas inoculadas con *P. fluorescens* ($\bar{X} = 6.1$ cm; $p > 0.05$). Estos resultados son similares a los obtenidos por Duarah *et al.*, (2011), quienes trabajando con siete bacterias solubilizadoras de fosfatos en cultivos de arroz y frijol caupí, encontraron aumentos respectivos de 154 y 300% en la longitud del vástago en plantas inoculadas con *E. tasmaniensis* en comparación con plantas no inoculadas. Asimismo, estos autores no detectaron diferencias significativas entre los tratamientos de inoculación con *E. tasmaniensis* y *Pseudomonas aeruginosa* en la longitud del vástago de arroz.

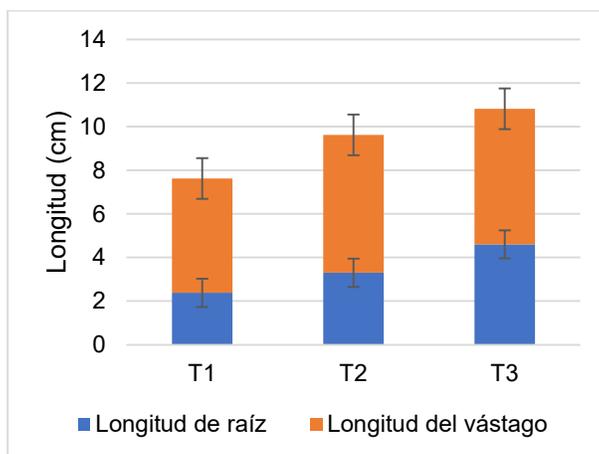


Fig 4. Longitud del vástago y raíz en los distintos tratamientos evaluados. Las barras representan el error estándar.

Con respecto al peso seco del vástago (Fig. 2), en el presente estudio se detectaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre T3 ($\bar{X} = 20$ mg) con respecto a T1 ($\bar{X} = 9.6$ mg), pero no con relación a T2 ($\bar{X} = 14.9$ mg). Estos resultados concuerdan con los referidos por Buono y Ulla en 2016, quienes encontraron que algunas cepas de *P. fluorescens*, *Pseudomonas sp.* y *Bacillus amyloliquefaciens* incrementaron hasta un 20.5% el peso seco de los vástagos de pimiento crecido en condiciones controladas. Con relación a la longitud de

raíces (Fig. 1) se encontró que T3 fue el tratamiento que obtuvo la mayor longitud de raíz (\bar{X} = 5 cm; $p < 0.05$) en comparación con T1 (\bar{X} = 2.4 cm) y T2 (\bar{X} = 4.4 cm). Asimismo, para el caso del peso seco de la raíz (Fig. 2), también existieron diferencias entre tratamientos, siendo T3 el que registró el mayor peso seco (\bar{X} = 1.7 mg), presentando diferencias estadísticas con relación a T1 (\bar{X} = 0.6 mg; $p < 0.05$), pero no con respecto a T2 (\bar{X} = 1.5 mg; $p > 0.05$).

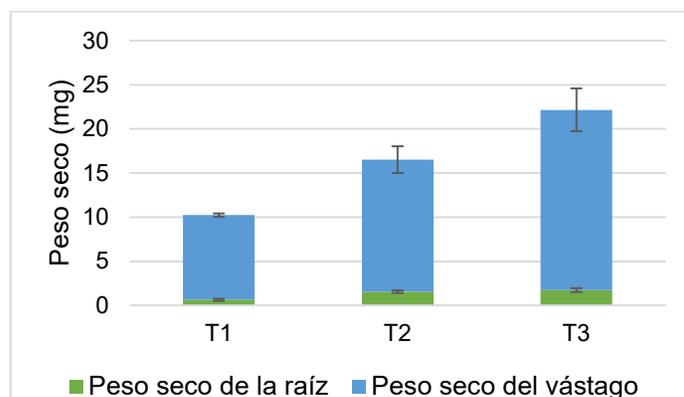


Fig 2. Peso seco de raíz y vástago en los distintos tratamientos. Las barras representan el error estándar.

Los aumentos en las variables cuantificadas en este estudio, tales como longitud y los pesos secos de vástago y raíz, se explican por una *mayor absorción nutricional, principalmente P, provocada por la actividad de solubilización de fosfato tricálcico de las bacterias evaluadas, ya que de este modo hicieron posible la absorción de este importante elemento en las plantas inoculadas. Asimismo, otras actividades de promoción de crecimiento referidas por otros autores en estas bacterias, por ejemplo, la producción de hormonas pudieron contribuir a mejorar el crecimiento de las plantas inoculadas. Estos compuestos, en conjunción con una mayor disponibilidad de P, pudieron ser instrumentales en lograr un mejor crecimiento de raíz que, a su vez, mejoró la capacidad de exploración de las plantas por nutrientes en el suelo.*

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos se puede confirmar la capacidad de *E. tasmaniensis* como BSF encontrada por otros autores, para solubilizar fosfatos insolubles. Sin embargo, esta actividad fue menor a la detectada en *Pseudomonas fluorescens*, una bacteria reconocida por ser una solubilizadora muy eficiente de fosfatos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al CONACyT-México por la beca otorgada a Athziri Jacqueline Ugalde Bandera a través del convenio de apoyo a Investigadores Nivel III del SNI conferida al Dr. Edmundo García Moya. Los resultados de la presente investigación forman parte de la tesis de licenciatura de esta becaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1) Buono, N. I. y Ulla, E. L. (2016) Efectos de la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfato en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y pimiento (*Capsicum annum* L.) en condiciones controladas. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 36(2), 45-54.

- 2) Duarah, I., Deka, M., Saikia, N. y Deka, H. P. (2011) Phosphate solubilizers enhance NPK fertilizer use efficiency in rice and legume cultivation. *3 Biotech*, 1(4), 227-238. doi:10.1007/s13205-011-0028-2
- 3) Hoagland, D and Arnon, D. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular*, 347(347), 1-32.
- 4) Mixquititla-Casbis, G. y Villegas-Torres, O. G. (2016) Importancia de los fosfatos y fosfitos en la nutrición de cultivos. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 2:55-61.
- 5) Romero, A. J., Arias, R. M. y Mendoza-Villarreal, R. (2019) Aislamiento y selección de hongos de suelo solubilizadores de fósforo nativos del estado de Coahuila, México. *Acta botánica mexicana*, 126, 1-16.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

EFFECTO DE *Bacillus mojavensis* SOBRE EL CRECIMIENTO DE CHILE SERRANO EN CONDICIONES LIMITATIVAS DE HIERRO (Fe)

María del Carmen Gasca Rangel¹, Edmundo García Moya², Gerardo Armando Aguado Santacruz^{3*}

1BIOqualitum, 2Colegio de Posgraduados, 3INIFAP
gaguados@gmail.com

Palabras clave: *Bacillus mojavensis*, sideróforos, chile serrano

INTRODUCCIÓN

El hierro es el cuarto elemento más abundante después del oxígeno, silicio y el aluminio. Químicamente hay dos formas o dos estados de oxidación principales: férrico (Fe^{3+}), estado oxidado e insoluble en agua, y ferroso (Fe^{2+}), estado reducido y soluble en agua (Aguado-Santacruz, 2012). En suelos calcáreos la concentración de hierro disponible decrece debido a la rápida oxidación de Fe^{2+} a Fe^{3+} con la consecuente formación de silicatos de ferromagnesio, hidróxidos u óxidos de hierro, formas que no son fáciles de asimilar por las plantas. Además, el pH, los contenidos de materia orgánica, la textura y aireación del suelo afectan su disponibilidad. Algunas de las estrategias utilizadas para corregir la deficiencia de hierro son el uso de sales inorgánicas (fertilizantes), las cuales se aplican en su forma de sulfato ferroso, nitrato férrico o fosfato ferroso. Otra estrategia es el uso de quelatos sintéticos, como el N'-etilendiamino-bis (2-hidroxifenil) acético (EDDHA), el cual solo es estable en un rango de pH entre 4 y 10, y el ácido etilendiamin tetracético (EDTA) que es estable a un pH máximo de 7. Como alternativa innovadora se ha propuesto el uso de bacterias promotoras de crecimiento vegetal (BPCV), ya que algunos de estos microorganismos poseen la capacidad de solubilizar hierro mediante la producción de sideróforos (agentes quelantes de hierro de naturaleza peptídica). En la presente investigación se evaluó el potencial de *Bacillus mojavensis* para solubilizar hierro y mejorar el crecimiento de plantas de chile crecidas bajo condiciones limitativas de este elemento.

MATERIALES Y MÉTODOS

En una investigación previa se evaluaron 18 cepas de bacterias diazotróficas endófitas en la que se *Bacillus mojavensis* destacó por ser uno de los microorganismos con mayor capacidad para solubilizar hierro. Utilizando esta bacteria se estableció una prueba para evaluar el crecimiento y desarrollo de plantas de chile serrano crecidas bajo condiciones limitativas de hierro. En esta evaluación se consideraron tres tratamientos con ocho repeticiones cada uno: T1= Control negativo (sin inoculación de microorganismos), T2= Inoculación de plantas con *Bacillus mojavensis* y T3= Inoculación de plantas con *Pseudomonas fluorescens* Ag001 (control positivo). La desinfección de las semillas se efectuó lavando las semillas con etanol al 70% y después cloro al 10%, para finalmente llevar a cabo varios lavados con agua estéril para eliminar los remanentes de los agentes desinfectantes. Posteriormente, las semillas ya esterilizadas se colocaron en una charola de acero inoxidable conteniendo sanitas estériles asperjadas con agua estéril, se cubrieron con papel filtro estéril, se taparon y se incubaron por 15 días a 28°C. Para preparar el sustrato en el que se llevarían a cabo las pruebas en invernadero se hizo una mezcla 1:1 de arena y tierra lama, la cual se tamizó posteriormente utilizando una malla de 2 mm de diámetro. A continuación, la mezcla se lavó con agua corriente para eliminar la mayoría de los nutrientes contenidos en el suelo, se dejó secar en charolas por 24 horas y se esterilizó en autoclave a 15 libras de presión a 121°C por 30 min, para finalmente dejarla secar al ambiente por 3 días en las charolas. Por último, se llenaron 24 tubos de PVC 4" con 4.4 kg del sustrato estéril anterior. Para calcular el volumen de agua con la cual se regarían las plantas, se calculó la capacidad de campo del sustrato. Para la inoculación de los

sistemas de plantas en los tubos de PVC se prepararon y esterilizaron tres frascos con 50 mL medio LB líquido estéril y dos de ellos se inocularon con una asada de cada una de las bacterias en evaluación, mientras que el frasco restante se dejó sin inocular. Los frascos se mantuvieron en agitación por 24 h a 120 rpm. Entonces se regó cada tubo de PVC con solución nutritiva Hoagland + 8-hidroxiquinoleina (agente quelante de hierro) hasta capacidad de campo (Hoagland y Arnon, 1950). Entonces se colocó una plántula de chile de tamaño uniforme en cada tubo de PVC a 1 cm de profundidad y se adicionaron 5 mL de cada bacteria; el control negativo se inoculó únicamente con medio LB estéril. Diariamente se regaron y pesaron los contenedores de PVC con las plantas de chile con el fin de mantener la condición de capacidad de campo. La pérdida de humedad se compensó con la solución Hoagland + 8-hidroxiquinoleina, a excepción de un día de la semana en el cual se realizaron riegos de compensación con agua. El experimento se mantuvo bajo condiciones controladas por 4 semanas a una temperatura promedio mínima de 18°C y máxima 29°C, con fotoperiodos de 12 h de luz y 12 h de oscuridad. Cada semana se evaluó la altura del tallo, y a los 30 días después del trasplante se realizó una cosecha destructiva en la que evaluaron la longitud de la raíz principal, así como los pesos secos del vástago y la raíz. Para determinar el peso seco, las muestras se secaron en una estufa a 60°C por 24 horas. Los datos fueron analizados mediante un análisis de varianza, estableciéndose las diferencias entre medias a través de pruebas de Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico de la altura del vástago (Fig. 1) mostró diferencias estadísticas entre tratamientos. La inoculación de las plantas con *Bacillus mojavensis* (T2) resultó en las mayores longitudes del vástago ($\bar{X} = 6.70$ cm), observándose diferencias estadísticas ($p < 0.05$) con respecto a las plantas no inoculadas T1 ($\bar{X} = 4.82$ cm), pero no con respecto a las plantas inoculadas con *P. fluorescens* ($\bar{X} = 6.97$ cm; $p > 0.05$). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Sharma y Johri (2003), quienes evaluando dos cepas de *Pseudomonas* (GRP3A y PRS9) productoras de sideróforos en maíz, encontraron un aumento en la altura de vástago en plantas inoculadas con *Pseudomonas* en comparación con plantas no inoculadas.

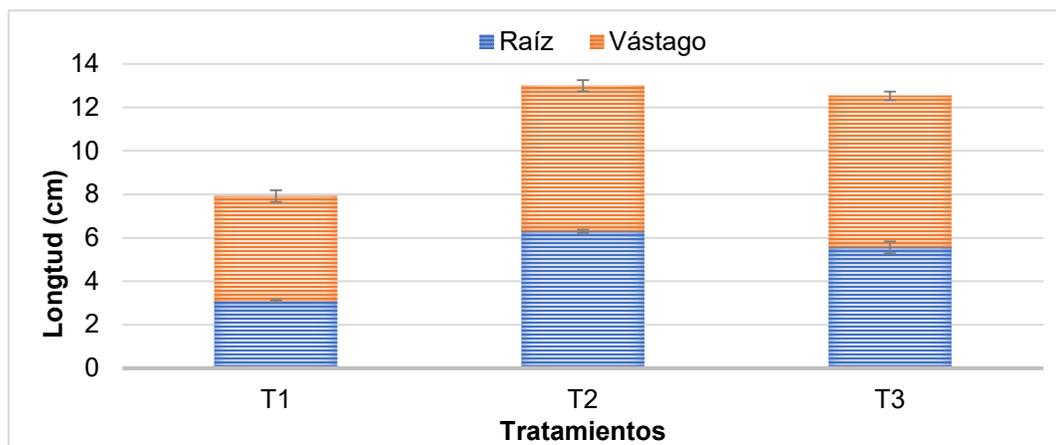


Figura 1. Efecto de la inoculación con *Bacillus mojavensis* en la longitud de vástago y raíz.

Con respecto al peso seco del vástago (Fig. 2), en el presente estudio se detectaron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre T3 ($\bar{X} = 28$ mg) con respecto a T1 ($\bar{X} = 12.6$ mg; $p < 0.05$), pero no con relación a T2 ($\bar{X} = 26.8$ mg; $p > 0.05$). Estos resultados concuerdan con los referidos por Buono y Ulla en 2016, quienes encontraron que algunas cepas de *P. fluorescens*, *Pseudomonas* sp. y *Bacillus*

amyloliquefaciens incrementaron hasta un 20.5% el peso seco de los vástagos de pimiento crecido en condiciones controladas. Con relación a la longitud de raíces (Fig. 1) se encontró que T2 fue el tratamiento que obtuvo la mayor longitud de raíz (\bar{X} = 6.3 cm; $p<0.05$) en comparación con T1 (\bar{X} = 3.1 cm) y T2 (\bar{X} = 5.6 cm). Asimismo, para el caso del peso seco de la raíz (Fig. 2), también existieron diferencias entre tratamientos, siendo T3 el que registró el mayor peso seco (\bar{X} = 18.03 mg), presentando diferencias estadísticas con relación a T1 (\bar{X} = 5.7 mg; $p<0.05$), pero no con respecto a T2 (\bar{X} = 7.85 mg; $p>0.05$). Aunque dentro de la literatura existen referencias del empleo de *Bacillus mojavensis* como promotor de crecimiento en tomate (Toledo-Hernández et al., 2021) hasta la fecha no se había mencionado su uso para estimular el crecimiento de chile serrano. Sus resultados indican que la inoculación con dicha bacteria incrementó de manera significativa diferentes variables respecto al control positivo (fertilizante químico): altura de planta de planta (163.17%), peso fresco de planta (225.92 %) y peso fresco de raíz (198.36 %).

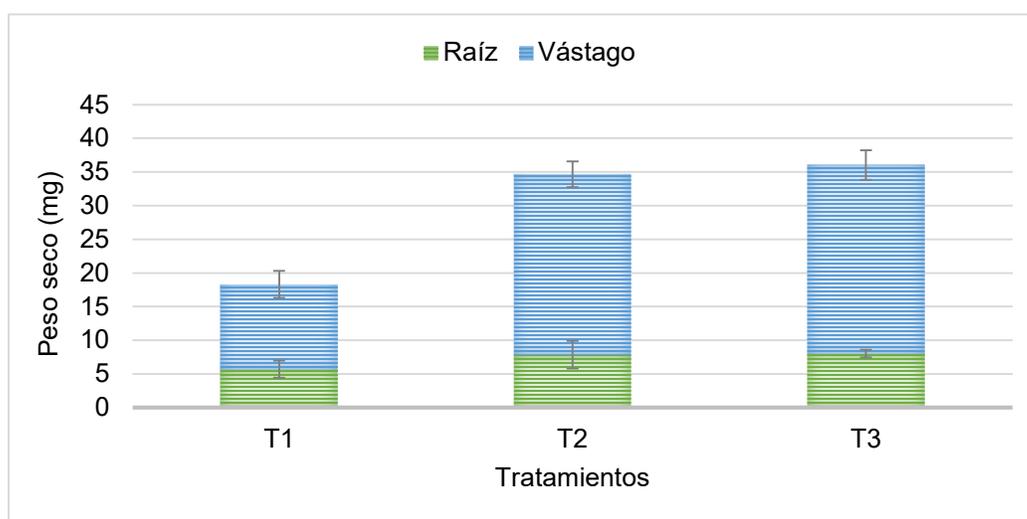


Figura 5. Efecto de la inoculación con *Bacillus mojavensis* en el peso seco de vástago y raíz.

CONCLUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos podemos concluir que *Bacillus mojavensis* es una bacteria que puede funcionar como promotor de crecimiento en condiciones de baja disponibilidad de hierro. El estudio presentado está en línea con las tendencias actuales en la agricultura de nuestro país que busca implementar un nuevo modelo para la producción agrícola que reduzca el uso de agroquímicos y el impacto negativo al ambiente, y al mismo tiempo sea capaz de producir alimentos inocuos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al CONACyT-México por la beca otorgada a María del Carmen Gasca Rangel a través del convenio de apoyo a Investigadores Nivel III del SNI conferida al Dr. Edmundo García Moya. Los resultados de la presente investigación forman parte de la tesis de licenciatura de esta becaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Aguado-Santacruz G. A. (2012) Uso de microorganismos como biofertilizantes: en: Introducción al Uso y Manejo de los Biofertilizantes en la Agricultura. INIFAP/SAGARPA. México, Celaya. pp: 35-78.
- 2) Buono, N. I. y Ulla, E. L. (2016) Efectos de la inoculación con bacterias solubilizadoras de fosfato en tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) y pimiento (*Capsicum annuum* L.) en condiciones controladas. *Revista agronómica del noroeste argentino*, 36(2), 45-54.
- 3) Hoagland, D and Arnon, D. (1950) The water-culture method for growing plants without soil. *California Agricultural Experiment Station Circular*, 347(347), 1-32.
- 4) Sharma A y B. N. Johri (2003) Influencia promotora del crecimiento de las cepas GRP3A y PRS9 de *Pseudomonas* productoras de sideróforos en maíz (*Zea mays* L.) en condiciones limitantes de hierro. *Microbiol Res* 158: 243–248.
- 5) Toledo-Hernández, E., Peña-Chora, G., Toribio-Jiménez, J., Romero-Ramírez, Y., Bolaños-Dircio, A., Velázquez-del Valle, M. G. and Vero, S. (2021). Isolated rhizobacteria of *Jatropha curcas* L.: antagonistic activity of phytopathogens and plant growth *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 27(2).

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

ANÁLISIS EXPLORATORIO DE LA ESTRUCTURA POBLACIONAL DE HONGOS FILAMENTOSOS EN UN SUELO CON RESIDUOS DE SORGO

Ma. Eugenia Cisneros López^{1*}, Noé Montes García¹, Flor Elena Ortiz Chairez¹ y Martín Espinosa Ramírez¹

¹Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas, CIRNE-INIFAP

cisneros.maria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rizósfera, micoflora, rastrojo, sorgo.

INTRODUCCIÓN

La rizósfera es un factor que influye en la respuesta del cultivo, porque concentra una gran actividad metabólica, con intercambio de nutrientes entre la atmósfera y el suelo, la cual es mediada por la acción e interacción de plantas y microorganismos del suelo. Los microorganismos de la rizósfera contribuyen al crecimiento vegetal aumentando la disponibilidad de nutrientes limitantes como el fósforo y el nitrógeno, y a su vez, la composición y actividad están fuertemente influenciadas por el tipo de vegetación presente en el suelo (Thomson *et al.*, 2010). Un análisis de sustentabilidad requiere de un conocimiento detallado de las interrelaciones que se presentan entre los microorganismos seleccionados incorporados frente a la compleja comunidad microbiana natural que habita ese microambiente (Hernández *et al.*, 2016). En este sentido, el mantenimiento de la viabilidad, la diversidad de la población y el funcionamiento de las comunidades microbianas del suelo son esenciales para la agricultura sustentable. Esto se debe a que la fertilidad del suelo no sólo depende de su composición química, sino también de la naturaleza cuantitativa y cualitativa de los microorganismos que habitan en él. Antes de realizar la aplicación de compuestos biológicos como biofertilizantes o coadyuvantes en la degradación de la materia orgánica, es necesario conocer la estructura poblacional del suelo, debido a la competencia o antagonismo microbiana. Objetivo: Identificar la población microbiana y su relación con el contenido de materia orgánica en un suelo con rastrojo de sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en el lote E2 (textura arcillo-arenoso, pH=7.7 y CE= 0.93 dSm⁻¹) del CERIB-CIRNE-INIFAP, bajo condiciones de riego, el 10/04/2018 y se cosechó el 30/07/2018, utilizando la línea de sorgo SBA25x SBB25. El terreno permaneció sin desvarar después de la cosecha. A finales de mes de octubre, se dividió en franjas. Las dimensiones por franja fueron de 20 m de ancho x 51.2 m de largo. Después se hizo una cuadrícula, hasta formar 16 cuadros o repeticiones de 20 m x 3.2 m por franja. El muestreo del suelo se realizó a una profundidad de la superficie del suelo hasta 25 cm, el 26-27 de octubre del 2018, y se coleccionaron aproximadamente cinco kg por repetición. Las muestras se procesaron a partir del 01 de noviembre del 2018. El procedimiento consistió en homogenizar, extender, secar, moler y tamizar. Los análisis de suelo se hicieron para determinar contenido de materia orgánica (%). Después se tomó una sub muestra de 100 gramos. De la muestra compuesta se tomó una sub muestra de 10 gramos de suelo seco y tamizado, posteriormente se hizo una dilución de p:v (peso volumen de suelo: agua estéril) de 1:100. Las muestras se dejaron incubando a temperatura ambiente 24 horas, después del sobrenadante se tomó un mililitro para el cultivo por triplicado en cajas Petri con PDA. El análisis microbiológico se efectuó del 22/11/12 al 15/12/2018. Las cajas se incubaron a temperatura del laboratorio (25 °C) por 5 días,

posteriormente se contabilizaron las colonias, usando un contador, conforme a sus características morfológicas, realizando cinco lecturas por placa. Los datos se expresan en número de colonias por cm². Después de 7 días, se hizo una identificación con las observaciones microscópicas a partir de conidióforos, color de colonia, tipo de micelio y conidios (Samson *et al.*, 2014; Bandh *et al.*, 2011; Summerell *et al.*, 2003). Los análisis de la varianza fueron: a) En campo se utilizó un diseño de BCA en arreglo de parcelas divididas, para cuantificar el número total de los hongos filamentosos (NHF) y materia orgánica (MO) con cuatro repeticiones. La parcela grande (F=2) y parcela chica o cuadros por franja (SP=16). En este experimento se utilizó este diseño partiendo de la hipótesis que en el suelo no hay uniformidad en los microorganismos y que existe un gradiente de distribución espacial y b) En laboratorio con un diseño CA, el factor fue géneros fúngicos (GF) por cada muestra de suelo una repetición (R=64) para cuantificar la incidencia y con estos datos se hicieron regresiones lineales para conocer la tendencia e identificar posible sinergismo o antagonismo. Comparación de medias con Tukey. Correlaciones simples de Pearson, el paquete estadístico SAS versión 9.3.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es importante mencionar que la técnica estándar para el recuento de microorganismos en una placa con medio de crecimiento artificial es por diluciones seriales. Este método no fue considerado ya que prácticamente no hubo crecimiento de colonias. En algunas repeticiones el desarrollo de colonias fungosas fue cero. El estudio de los microorganismos del suelo es siempre complejo, porque se pueden identificar por su morfología, pero aún se desconoce su funcionalidad en la interacción planta-suelo ((Thomson *et al.*, 2010). El género predominante fue *Fusarium* (Cuadro 1). Las especies que se pudieron identificar y frecuencia del género *Aspergillus*: *A. niger* (60 %); *A. fumigatus* (30 %) y *A. flavus* (10 %); las de *Fusarium*: *F. oxysporum* (30 %) y *F. sonali* (70 %). *Trichoderma*: *T. harzium* (70 %) y *T. virens* (30 %). De *A. alternata*, *Penicillium oxalicum* *Rhizopus microporus*, solo se identificó una especie. Hubo una relación de sinergismo o asociación positiva entre *Fusarium* vs. *Aspergillus* [$y = 0.3 + 1.04x$ ($r^2=0.81$)] y *Fusarium* vs. *Penicillium* [$y = 0.5 + 1.88x$ ($r^2=0.76$)]. Se formaron relaciones antagónicas entre: *Fusarium* vs *Alternaria*, [$y = 0.010 - 0.11x$; ($r^2=0.55$)] y *Fusarium* vs *Trichoderma* [$y = 0.06 - 0.17x$; ($r^2=0.75$)]. Aunque *Rhizopus* tuvo una incidencia baja, la relación con *Fusarium* fue de sinergismo [$y = 0.004 - 0.0076x$ ($r^2=0.50$)]. Este género está asociado a estados avanzados en descomposición de la materia orgánica.

Cuadro 1. Géneros de hongos filamentosos, en la rizósfera de un suelo con residuos de sorgo.

| <i>Fusarium</i> | <i>Aspergillus</i> | <i>Trichoderma</i> | <i>Penicillium</i> | <i>Alternaria</i> | <i>Rhizopus</i> |
|-----------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|
| 0.574 a | 0.324 b | 0.315 b | 0.062 c | 0.010 d | 0.002 d |

Datos: cm² g⁻¹ de suelo. Datos con la misma letra dentro de cada hilera son iguales según Tukey, (p<0.05).

Algunos miembros del género *Aspergillus* y *Penicillium* pueden crecer en ambientes extremos de temperatura, salinidad, acidez o bajos niveles de oxígeno. Las especies de estos géneros son principalmente saprobios ambientales y la principal contribución de estos microorganismos es la descomposición de materia orgánica. *A. flavus* es patógeno, produce las micotoxinas dañinas para la salud humana y animal hasta ahora conocidas; en comparación con las de *Fusarium*. En el caso de *Penicillium* también produce micotoxinas, aunque menos peligrosas (Samson *et al.*, 2014; Bandh *et al.*, 2011). En el caso de *Fusarium*, la mayoría de sus especies son patógenas y uno de sus principales hospederos son los cereales (Summerell *et al.*, 2003), como el sorgo. En el Cuadro 2, se muestra la cantidad de hongos filamentosos y su distribución en el suelo. Esta distribución fue variable y aleatoria; mientras que la MO, fue estadísticamente uniforme. En este experimento se hizo un ANOVA en parcelas divididas partiendo de la hipótesis que en el suelo no hay uniformidad en la distribución de los microorganismos, que existe un gradiente de distribución espacial, influido por el movimiento del agua, en primer lugar y en segundo lugar por los residuos de cosecha, ya que este lote se dividió aun cuando los

surcos estaban aun formados y el agua corre de norte a sur en dirección al sentido del bordeo. Los resultados del Cuadro 2 muestran una variabilidad fúngica en el suelo, aunque no haya ningún movimiento de labranza. En promedio hubo menos de una colonia $\text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$ de suelo (0.44 ± 0.22), mientras que los niveles de MO también fueron bajos (1.6 ± 0.17). Hubo diferencias significativas entre parcelas y subparcelas en la cantidad de colonias fungosas. Estos datos muestran variabilidad dentro de un mismo suelo.

Cuadro 2. Hongos filamentosos y materia orgánica en el suelo.

| V | Parcela | | | | | | | |
|-----|-------------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| PN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| NHF | 0.53 b | 0.33 c | 0.23 c | 0.56 abc | 0.62 ab | 0.53 bc | 0.74 ab | 0.46 bc |
| MO | 1.76 a | 1.64 a | 1.49 a | 1.70 a | 1.37 a | 1.67 a | 1.39 a | 1.43 a |
| | Sub parcela | | | | | | | |
| SPN | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| NHF | 0.38 bc | 0.93 a | 0.38 bc | 0.10 e | 0.35 bc | 0.28 de | 0.13 e | 0.27 de |
| MO | 1.85 a | 1.59 a | 1.76 a | 1.66 a | 1.57 a | 1.66 a | 1.77 a | 1.84 a |
| | Sub parcela | | | | | | | |
| SPN | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| NHF | 0.75 ab | 0.40 bc | 0.32 cde | 0.10 e | 0.35 bc | 0.28 de | 0.13 e | 0.27 de |
| MO | 1.50a | 1.57 a | 1.30 a | 1.66 a | 1.57 a | 1.66 a | 1.77 a | 1.84 a |

V: variable; PN y SPN: número de parcela y sub parcela. NHF: número de hongos filamentosos ($\text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$ de suelo); MO: materia orgánica (%). Datos con la misma letra dentro de cada hilera son iguales según Tukey, ($p < 0.05$).

La correlación entre número de colonias y MO, fue significativa ($r=0.40$; $P < 0.01$). Es decir, el tamaño de la población fúngica, está asociada con la cantidad de MO. Aunque cantidad de MO fue uniforme entre parcelas y dentro de estas. Estos resultados también pueden explicar que baja concentración de MO, induce bajas poblaciones de los hongos filamentosos. La regeneración de los suelos agrícolas ocurrirá siempre, con la adición de materia orgánica para que se multipliquen los microorganismos (Thomson *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

En este experimento exploratorio, se encontró una baja cantidad de hongos filamentosos por gramo de suelo, asociada a la cantidad de materia orgánica. La distribución fue aleatoria y diversa, contrario a la materia orgánica del suelo que en promedio es $< 2\%$. El género más frecuente fue *Fusarium* ($0.57 \text{cm}^{-2} \text{g}^{-1}$) y la especie más frecuente fue *F. solani* con 70% . Se detectó falta de diversidad de géneros y especies

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del Proyecto SIGI-1101434649 "Validación de degradación de residuos vegetales de sorgo utilizando consorcios de microorganismos". El soporte financiero SAGARPA-INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bandh SA, Kamili, AN, and Ganai BA. 2011. Identification of some *Penicillium* species by traditional approach of morphological observation and culture. *Afr. J. Microbiol. Res.* 5: 3493-3496.
2. Hernández MDJ, Carmona JJ, Hidalgo LME, Dendooven L, Marsch MR y Cañizares VRO. 2016. Identificación morfológica y filogenética de un consorcio microbiano fotosintético de posible interés biotecnológico. *Hidrobiol.* 26: 311-321.

3. Samson RA, Visagie CM, Houbraeken J, Hong SB, Hubka V, and Klaassen CHW. 2014. Phylogeny, identification and nomenclature of the genus *Aspergillus*. *Stud. Mycol.* 78: 141-173.
4. Summerell BA, Salleh B, and Leslie JF. 2003. A utilitarian approach to *Fusarium* identification. *Plant Dis.* 87: 117-128.
5. Thomson B, Ostle N, McNmara N, Bailey M, Whiteley A, and Griffiths R. 2010. Vegetation affects the relative abundances of dominant soil bacterial taxa and soil respiration rates in an upland grassland soil. *Microb. Ecol.* 59:335-343.

Sección: Fertilidad de suelos y nutrición vegetal

Ciencia para vivir

MANEJO AGRONÓMICO

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

EMPLEO DE QUITOSANO COMO ALTERNATIVA AL CONTROL QUÍMICO DE *BOTRYTIS CINEREA* EN ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) POSTCOSECHA.

Surelys Ramos Bell^{1*}, Rita María Velázquez Estrada¹, Luis Guillermo Hernández Montiel², Porfirio Gutiérrez Martínez¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tepic. Av. Tecnológico # 2595, Col. Lagos del Country. C.P. 63175. Tepic, Nayarit. México. Tel: (311) 211 94 00. ²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C., La Paz, Baja California Sur, 23096, México. Correo: pguierrez@ittpic.edu.mx

suramosbe@ittpic.edu.mx

Palabras clave: Arándano, Moho gris, Quitosano

INTRODUCCIÓN

Actualmente en México el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) tiene mucho interés no solo económico sino social, ya que cada vez más la población se preocupa por consumir alimentos que repercutan un beneficio a su salud. En este sentido, el arándano es un fruto muy codiciado por sus características bioactivas y sus propiedades antioxidantes. Por otra parte, dado el pequeño tamaño del arándano, este es susceptible al ataque de distintos patógenos, siendo *Botrytis cinerea* el principal causante de pérdidas postcosecha de este cultivo. Este es un hongo necrotrófico causal de la enfermedad del moho gris que alcanza la mayor expresión de síntomas de la enfermedad durante la etapa postcosecha del arándano, por lo que es de suma importancia el control de este patógeno durante esta etapa, así como durante el almacenamiento del fruto. En aras de erradicar el empleo de fungicidas químicos dañinos a la salud y el medio ambiente, hoy día se estudian diversos sistemas alternativos al uso de fungicidas para el control fúngico. Una de estas alternativas es el quitosano, que es un polímero no tóxico que proviene de la desacetilación de la quitina extraída de exoesqueletos de algunos crustáceos. En estudios previos se ha demostrado el efecto antimicrobiano del quitosano sobre especies fúngicas como *Rhizopus stolonifer*, *Colletotrichum gloeosporoides*, *Aspergillus flavus* y otros [1]. Es deseable que el cultivo de arándano se pueda exportar a otros países con la mejor calidad posible y libre de sustancias químicas, deseando que este dure por más tiempo durante el período de almacenamiento hasta llegar a su destino final. Por ello, el objetivo principal de esta investigación fue determinar la eficiencia *in vitro* del quitosano como método alternativo al uso de fungicidas sintéticos para el control del moho gris causado por *Botrytis cinerea* en frutos de arándano (*Vaccinium corymbosum*).

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos de arándano en estado de madurez fisiológico se obtuvieron del estado de Nayarit y se sometieron a condiciones de temperatura y humedad establecidas (25 °C, 95 %) hasta el desarrollo de la enfermedad. El patógeno fue aislado cortando pequeñas secciones de tejido de 1x1 cm, las secciones de tejidos se colocaron en agar papa dextrosa (APD) y se incubaron a 25 °C por un periodo de 6 a 8 días bajo condiciones estériles. La identificación a nivel de género fue mediante análisis macroscópico y microscópico empleando claves taxonómicas [2]. Para la identificación a nivel especie se emplearon los primers ITS 1 y ITS 2 mediante análisis molecular. La evaluación *in vitro* se realizó teniendo en cuenta la inhibición del crecimiento micelial, esporulación y porcentaje de germinación. Para ello se emplearon 3 concentraciones de quitosano de 90% desacetilación (0.5, 1, 1.5 % p/v) El medio de cultivo APD conteniendo los distintos agentes de control se vertió en placas Petri de 9 cm de diámetro. Como control se inocularon placas con hongo sin tratamientos y el fungicida clorotalonil (Bravonil® 720 SC). Posteriormente se colocaron en las cajas Petri discos de 0.8 cm con micelio de *B. cinerea* de 5 días de edad y fueron incubados a 25 °C por 10 días. Se determinó el diámetro micelial a los 10 días mediante el programa ImageJ®. A las placas de los tratamientos y el control con 10 días de incubación se agregaron 10 mL de agua destilada estéril, las soluciones obtenidas se filtraron mediante gasas esterilizadas. El conteo de esporas se realizó con la cámara de Neubauer, a través de un microscopio óptico utilizando el

objetivo 40X (Motic BA 300, Canadá). El porcentaje de germinación de esporas se realizó tomando 20 μ l de la suspensión de esporas obtenida de cada tratamiento y se añadieron a disco de APD (20 mm de diámetro). Los discos fueron inoculados a 25 °C y cada hora durante 7 h a partir de la inoculación se realizó el conteo de la germinación de esporas empleando un microscopio óptico (Motic BA300, Canadá) utilizando el objetivo 40X. Se consideró germinada la espора cuando la longitud del tubo germinativo alcanzó el doble del diámetro de la misma [3]. Se utilizó un diseño completamente al azar con 5 repeticiones por tratamiento. Los resultados fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANOVA) y se utilizó la prueba LSD Fisher ($P < 0.05$) para determinar las comparaciones de medias empleando el programa estadístico Statistica v12.0 (StatSoft Inc., 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez aislado el patógeno del fruto, se obtuvo una colonia con un crecimiento micelial concéntrico de color gris y con una textura algodonosa, y bajo el microscopio se pudo observar hifas septadas con abundantes conidios de forma ovoide y lisos (Figura 1).

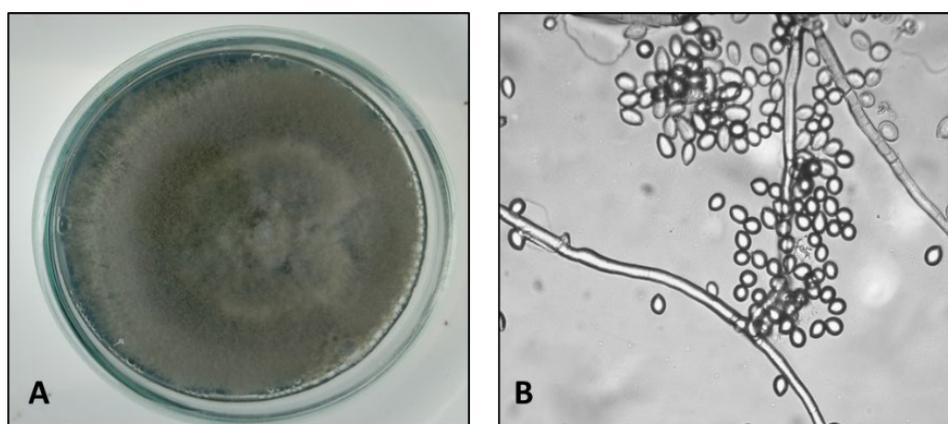


Figura 1. Crecimiento micelial *in vitro* de *Botrytis cinerea* a los 10 días de incubación a 25 °C (A). Conidios observados al microscopio con objetivo 40X (B).

De acuerdo a estas características, las claves taxonómicas y el análisis molecular se identificó a *Botrytis cinerea* como el agente causal del moho gris en arándano. Los resultados de la evaluación *in vitro* en cuanto a la inhibición de crecimiento micelial, esporulación y germinación se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Efecto del quitosano sobre el crecimiento micelial, esporulación y germinación de *B. cinerea*.

| Tratamientos | Concentración (%) | Inhibición crecimiento (%) | Esporulación (10 ⁶ esporas/mL) | Inhibición Germinación (%) |
|--------------|-------------------|----------------------------|---|----------------------------|
| Control | - | 0.0 \pm 0 a | 30 \pm 2.00 a | 0 \pm 0 a |
| Fungicida | 0.3 | 100 \pm 0 b | 0 \pm 0 b | 100 \pm 0 b |
| Quitosano | 0.5 | 71.71 \pm 4.15 c | 4.20 \pm 1.83 c | 52.28 \pm 7.48 c |
| | 1.0 | 77.57 \pm 2.80 c | 3.10 \pm 1.22 c | 54.08 \pm 14.15 c |
| | 1.5 | 93.38 \pm 4.68 d | 0.75 \pm 0.00 d | 58.55 \pm 12.70 c |

Conforme a los resultados, el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial del fitopatógeno al aplicar quitosano, fue significativamente diferente ($P < 0.05$) para cada tratamiento, siendo el quitosano a una concentración de 1.5 % el que mejor resultado mostró con un 93.38 % de inhibición de crecimiento micelial. De igual manera, sobre la esporulación de *B. cinerea* se observaron diferencias significativas entre las distintas concentraciones de quitosano con respecto al control, siendo la mayor concentración de quitosano

la que provocó una menor esporulación del hongo. En cuanto al porcentaje de inhibición de la germinación, no hubo diferencias entre los distintos tratamientos, sin embargo, se obtuvo cerca del 60% de inhibición de la germinación al aplicar quitosano a mayor concentración. Estos resultados son consistentes con otros autores que reportan el efecto favorable del quitosano para inhibir el crecimiento de algunos patógenos, ya que este polímero tiene la capacidad de interactuar electrostáticamente con la pared celular del hongo afectando su integridad provocando, por tanto, cambios morfológicos en sus hifas y estructuras reproductivas [4]. También se ha planteado que el quitosano puede interferir con la síntesis de ARN y proteínas penetrando en los núcleos de los hongos, provocando pérdida de material citoplasmático y pequeñas moléculas inhibiendo de esta manera su crecimiento [5].

CONCLUSIONES

Se identificó mediante pruebas macro, microscópicas y molecular a *Botrytis cinerea* como agente causal del moho gris en arándano. De acuerdo a la evaluación *in vitro*, se obtuvo un 93 % de inhibición de crecimiento del hongo, con una reducida producción de esporas y cerca del 60% de inhibición de la germinación al emplear quitosano a 1.5%. Teniendo en cuenta estos resultados, se plantea que el quitosano es un biopolímero con capacidad antifúngica *in vitro* favorable, que se debe seguir estudiando con el fin de que pueda sustituir el uso de fungicidas sintéticos para el control del moho gris en arándanos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece el apoyo brindado por parte de CONACYT a la alumna Surelys Ramos Bell.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Gutiérrez-Martínez, P., Ledezma-Morales, A., Romero-Islas, L.C., Ramos-Guerrero, A., Romero-Islas, J., Rodríguez-Pereida, C., Casas-Junco, P., Coronado-Partida, L. & González-Estrada, R. (2018). Chitin-Chitosan - Myriad Functionalities in Science and Technology. 321-327.
2. Barnett, H. L. & Hunter, B. B. (1998). Illustrated genera of imperfect fungi. St. Paul, Minnesota, USA: The American Phytopathological Society.
3. Jiang, H., Sun, Z., Jia, R., Wang, X. & Huang, J. (2016). Effect of Chitosan as an Antifungal and Preservative Agent on Postharvest Blueberry. J Food Qual 39:516–523.
4. Gutiérrez-Martínez, P., Ramos-Guerrero, A., Rodríguez-Pereida, C., Coronado-Partida, L., Angulo-Parra, J. & González-Estrada, R. (2018). Postharvest Disinfect. Fruits Veg. 231–241. Elsevier.
5. Bautista-Baños, S., Ventura-Aguilar, R.I., Correa-Pacheco, Z. & Corona-Rangel, M.L (2017). Chitosan: a versatile antimicrobial polysaccharide for fruit and vegetables in postharvest – a review. Rev Chapingo Ser Hortic. 23:103–121.

Sección: Investigación agrícola, Manejo agronómico

DINÁMICA TEMPORAL DEL ESTATUS HÍDRICO DE TRIGO Y SU RELACIÓN CON EL RENDIMIENTO EVALUADA POR IMÁGENES RGB OBTENIDAS POR DRON

Victor Montero Tavera, Lourdes Ledesma Ramírez, Ana Paulina Rodríguez Vera, Felipe de Jesús Bravo Gómez, Ernesto Solís Moya*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío

solis.ernesto@inifap.gob.mx

Palabras clave: ortofoto, reflectancia, luz visible

INTRODUCCIÓN

La agricultura moderna requiere de un uso cada vez más eficiente de los insumos, tales como suelo, agua, semillas mejoradas, fertilizantes y otros agroquímicos. Con el objetivo de obtener mayores ganancias netas, mejor relación beneficio/costo, así como mayor armonía con el ambiente en el proceso productivo agrícola, en años recientes se han aplicado una serie de técnicas y metodologías conocidas como “agricultura de precisión”, donde se propone atender individualmente las necesidades particulares de cada fragmento de área que componen un campo de producción. Una de las metodologías que más aceptación y diversificación está teniendo es la fotogrametría de imágenes, basadas en la reflectancia de las plantas, obtenidas por vehículos aéreos no tripulados (VANT, o UAV por sus siglas en inglés), popularmente conocidos como drones (Tsouros *et al.*, 2019). La reflectancia de las plantas en el espectro de luz visible e infrarroja (RGB y NIR) se correlaciona con el estado de salud de las plantas, el cual puede modificarse por factores bióticos y abióticos que inducen condiciones de estrés y limitan la producción (Zhang y Zhang, 2018). El uso de las cámaras fotográficas que detectan la radiación infrarroja es limitado por su alto precio, en cambio las cámaras RGB y los drones, actualmente son accesibles por su precio comparativamente bajo. Es por ello que en este trabajo se propone evaluar por fotogrametría el estatus hídrico de las plantas de variedades de trigo en condiciones no estresantes y analizar su correlación con la producción de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético consistió de 14 variedades (Cuadro 1) que se sembraron en un lote de producción de semilla de 4.5 ha el 18 de diciembre de 2020. El manejo agronómico para fertilización y manejo de plagas y enfermedades fue el óptimo. Se aplicaron cinco riegos por el método de compuerta en el surco que divide las variedades Cortazar S96 y Faisán S20 (Figura 1). La densidad de siembra fue de 90 kg ha^{-1} , excepto para Cortázar (70 kg ha^{-1}) y Abelino (50 kg ha^{-1}), motivo por el cual el rendimiento se estimó como kilogramos de grano cosechado por kilogramo de semilla sembrada. Se construyeron 13 ortofotos con el programa WebODM (Vacca, 2020) a partir de un mínimo de 220 fotografías en el espectro de luz visible RGB capturadas en cada vuelo. Las fotografías se tomaron con un sobrelape frontal y lateral de 70%. Se realizaron 13 vuelos con el dron DJI Phantom 3 Pro controlados automáticamente por el software DJI Pilot con los siguientes parámetros: altura, 50 m; velocidad, 3.5 ms $^{-1}$; dimensión de las imágenes, 4000 x 3000 píxeles; resolución, 2.6 cm/píxel. El estatus hídrico de cada variedad se estimó mediante el Índice de Luminancia $0.299R+0.587G+0.114B$ empleando el plugin RGB measure de ImageJ (Rueden *et al.*, 2017). La medición se realizó únicamente sobre las plantas, eliminando el suelo mediante la función Select del algoritmo que establece un umbral de color (Color Threshold). La estimación se fundamenta en el cambio de reflectancia, sobre todo de los canales azul y verde, cuando las plantas de trigo tienen disponibles cantidades variables de agua en el suelo, adquiriendo un color verde más oscuro a mayor cantidad de agua. En los días en que el riego abarcaba solo una fracción del área sembrada de alguna variedad, sobre todo Cortázar S94, Faisán S2016 y Cisne F2016, se procuró estimar el estatus hídrico tanto de plantas recién irrigadas como de planta aún sin regar, con el fin de confirmar los cambios en su estatus hídrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observan ortofotos que muestran el lote de producción y una imagen representativa de las variedades de trigo, las cuales se separaron por surcos vacíos. En ambos casos se observa el progreso del riego que permitió el muestreo de plantas recién irrigadas y plantas con las condiciones del riego anterior. Por tratarse de un lote de producción de semillas, las condiciones hídricas no fueron estresantes.

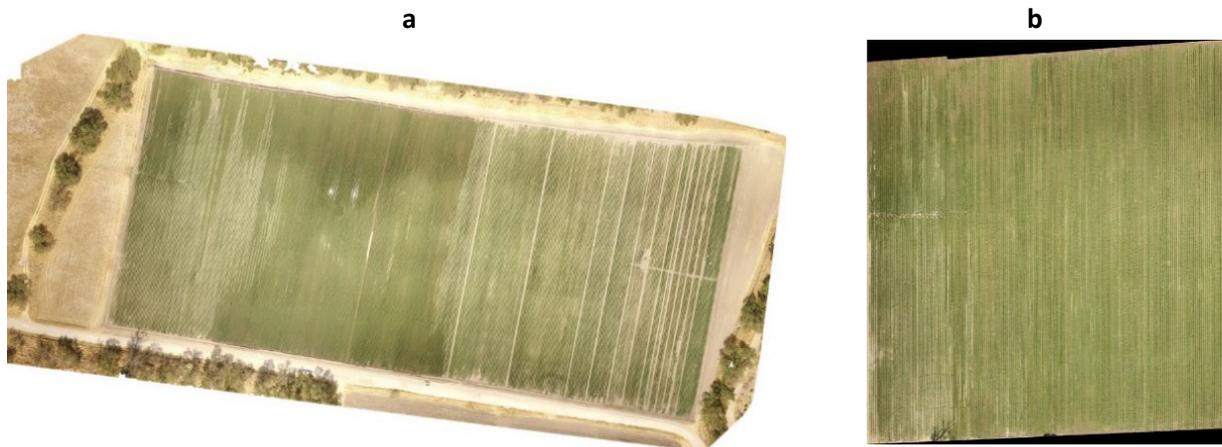


Figura 1. a) Ortofoto RGB que muestra el lote completo de producción de semilla con las catorce variedades de trigo. La primera variedad es Cortázar S94 y la segunda es Faisán S2016. b) Ortofoto representativa de una de las variedades de trigo (Cortázar S94) que muestra el progreso del riego y contiene plantas recién regadas (tonos de verde más oscuro a la derecha de la imagen) y plantas donde aún no llega el riego (tonos de verde más claros a la izquierda de la imagen).

En el Cuadro 1 se presentan los valores de Luminancia para las diferentes variedades y tiempos muestrales. Es posible identificar las fechas de riego por el descenso pronunciado en estos valores (marcados en azul). También se observan importantes diferencias entre condiciones de riego reciente y no reciente en la misma variedad (valores marcados en amarillo). Asimismo, hay una tendencia generalizada a la pérdida de agua a partir de 96 dds (valores de Luminancia crecientes). El rendimiento se correlaciona positivamente un 68% con el estatus hídrico y 79% con la reflectancia del canal verde, lo cual indica que las variedades que usan rápidamente el agua disponible rinden proporcionalmente más que las plantas que la mantienen; por ejemplo, las variedades más rendidoras (Cortázar, Cisne y Alondra) presentan los mayores valores de Luminancia media, es decir, que son las que menor estatus hídrico presentan; mientras que las menos rendidoras (Noreste, Río Bravo y Don Goyo) presentan los menores valores de Luminancia.

Cuadro 1. Luminancia de catorce variedades de trigo en diferentes días después de la siembra. Valores bajos corresponden a plantas con mayor hidratación.

| Variedad | 46 | 56 | 66 | 68 | 73 | 76 | 82 | 88 | 96 | 98 | 108 | 119 | 131 | Lum media* | Rend** |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|--------|
| Abelino F2004 | 159.5 | 161.0 | 147.1 | 145.5 | 142.1 | 138.6 | 121.3 | 134.0 | 136.4 | 147.7 | 160.8 | 166.0 | 198.7 | 150.7 | 72.8 |
| Aconchi C89 | 133.4 | 143.9 | 138.5 | 131.5 | 141.6 | 140.2 | 122.9 | 137.5 | 148.4 | 152.7 | 174.2 | 201.6 | 205.0 | 151.6 | 66.9 |
| Alondra F2014 seco | 128.9 | 145.6 | 140.0 | 154.7 | 147.5 | 143.5 | 133.1 | 141.8 | 151.1 | 147.7 | 191.5 | 209.6 | 220.3 | 158.1 | 79.2 |
| Alondra F2014 mojado | | | | 136.1 | | | | | | | | | | | |
| Baroyeca Oro C2018 | 132.9 | 141.5 | 138.7 | 124.0 | 135.1 | 126.3 | 112.4 | 123.3 | 128.8 | 139.6 | 154.2 | 185.0 | 200.2 | 141.7 | 76.0 |
| Cisne F2016 seco | 130.7 | 151.4 | 152.2 | | 152.7 | 151.1 | | 140.1 | 144.4 | 147.2 | 182.4 | 199.2 | 215.9 | 160.7 | 78.6 |
| Cisne F2016 mojado | | | | 151.8 | | | 141.4 | | | | | | | | |
| Cortázar S94 mojado | 113.0 | | 136.1 | 136.7 | | | | | | | | | | | |
| Cortázar S94 seco | 138.4 | 145.0 | 156.2 | 153.3 | 146.3 | 140.4 | 126.0 | 128.8 | 139.3 | 148.3 | 182.6 | 190.7 | 214.6 | 154.6 | 96.3 |
| Don Goyo C2019 | 127.8 | 135.2 | 121.9 | 115.7 | 124.8 | 116.8 | 94.6 | 116.2 | 118.9 | 151.1 | 160.3 | 202.4 | 207.6 | 137.9 | 55.2 |
| Faisán S2016 mojado | 108.5 | | 135.8 | 141.5 | | | | | | | | | | | |
| Faisán S2016 seco | 135.9 | | 143.4 | | 138.8 | 140.3 | 123.5 | 127.3 | 134.7 | 133.1 | 173.4 | 196.3 | 209.5 | 150.6 | 61.4 |
| Hans F2019 | 125.5 | 142.5 | 135.9 | 133.7 | 142.8 | 142.8 | 124.5 | 133.2 | 124.5 | 166.4 | 172.8 | 181.4 | 214.6 | 149.3 | 71.0 |
| Kronstad F2004 | 139.6 | 143.8 | 121.2 | 122.2 | 140.1 | 137.0 | 125.3 | 136.1 | 136.6 | 159.3 | 157.7 | 184.1 | 205.7 | 146.8 | 75.5 |
| Noreste F2018 | 128.7 | 131.2 | 124.8 | 121.2 | 122.9 | 120.2 | 102.6 | 120.2 | 113.5 | 152.0 | 153.9 | 199.4 | 215.6 | 138.9 | 53.4 |
| Quetchehueca Oro C201 | 133.2 | 157.7 | 143.7 | 145.0 | 149.2 | 144.1 | 126.5 | 140.3 | 115.7 | 154.6 | 194.6 | 209.2 | 214.3 | 156.0 | 61.4 |
| Río Bravo C2018 | 134.0 | 137.1 | 121.1 | 116.1 | 122.4 | 112.9 | 101.0 | 114.8 | 117.8 | 143.2 | 155.2 | 168.6 | 201.3 | 134.3 | 55.2 |
| * Samayoa C2004 | 110.9 | 149.6 | 128.2 | 127.3 | 138.3 | 132.9 | 117.4 | 132.6 | 132.8 | 149.7 | 174.1 | 203.3 | 209.0 | 146.6 | 66.3 |

Luminancia media

** Rendimiento

La Figura 2 muestra gráficamente la dinámica temporal del estatus hídrico de las variedades de trigo. Se observa que a partir de 96 dds todas las variedades pierden agua aceleradamente, aunque algunas empiezan desde los 88 dds, lo que indica el inicio de la madurez y sugiere una sincronización fenológica, probablemente inducida por compuestos volátiles de las variedades más precoces (Cortázar, Faisán, Cisne y Alondra) (Bachy *et al.*, 2020).

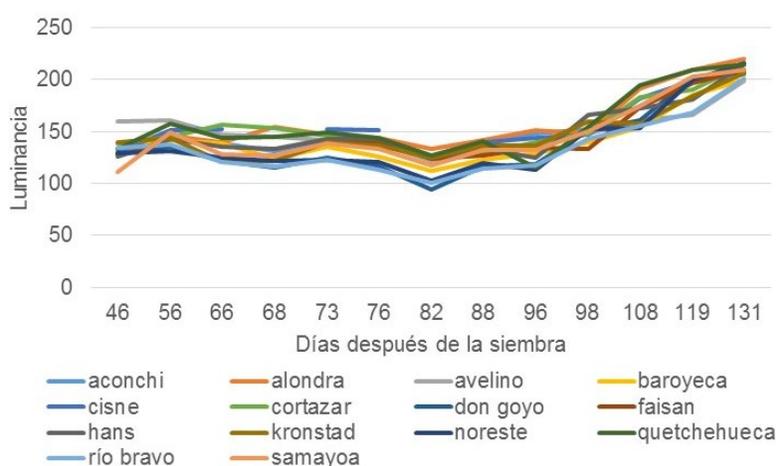


Figura 2. Gráfica que muestra la dinámica temporal del estatus hídrico de las variedades en cada fecha de muestreo asociada a la Luminancia. Se observa una marcada tendencia a la pérdida de agua a partir de 96 dds.

CONCLUSIONES

La fotogrametría aplicada a imágenes obtenidas por dron representa una alternativa en la agricultura de precisión para determinar el rendimiento potencial de variedades de trigo, considerando que el bajo estatus hídrico debido a la rápida utilización fisiológica del agua disponible se asocia con mayor rendimiento. Además permite aplicar un régimen de riegos localizados de acuerdo a las necesidades focales del terreno, así como determinar el inicio de madurez de las plantas, lo que trae consigo un manejo más eficiente del agua de riego.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y a la empresa Mondelez México S. de R.L. de C.V. por el apoyo financiero al proyecto Número 10351035009 “Generación de variedades de trigos suaves galleteros en México”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bachy, A., Aubinet, M., Amelynck, C., Schoon, N., Bodson, B., Delaplace, P., ... and Heinesch, B. (2020). Dynamics and mechanisms of volatile organic compound exchanges in a winter wheat field. *Atmospheric Environment*, 221, 117105.
2. Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E. T., and Eliceiri, K. W. (2017). ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, 18(1).
3. Tsouros, D. C., Bibi, S., and Sarigiannidis, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*, 10(11), 349.
4. Vacca, G. (2020). WEB Open Drone Map (WebODM) a Software Open Source to Photogrammetry Process. In Fig Working Week Smart surveyors for land and water management. Amsterdam.
5. Zhang, Y., and Zhang, N. (2018). Imaging technologies for plant high-throughput phenotyping: a review. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(4), 406-419.

Sección: Manejo agronómico

EVALUACIÓN DE INDICES DE VEGETACIÓN DE LUZ VISIBLE Y SU CORRELACION CON COBERTURA Y RENDIMIENTO DE TRIGO

Victor Montero Tavera, Lourdes Ledesma Ramírez, Ana Paulina Rodríguez Vera, Felipe de Jesús Bravo Gómez, Ernesto Solís Moya*

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío

solis.ernesto@inifap.gob.mx

Palabras clave: ortofoto, reflectancia, luz visible

INTRODUCCIÓN

En años recientes la agricultura de precisión ha tenido un gran auge en los sistemas de producción debido principalmente a los avances tecnológicos que han permitido el desarrollo de equipos para teledetección y sensores remotos, los cuales se están incorporando rápidamente a los procesos productivos. La meta final es atender las necesidades particulares de cada fragmento de área que compone un campo de producción. El análisis por fotogrametría de la reflectancia de imágenes obtenidas por vehículos aéreos no tripulados (VANT, o UAV por sus siglas en inglés), conocidos como drones, se está usando ampliamente debido al bajo costo de los equipos asociados a ella, con excepción de las cámaras de espectro infrarrojo (Tsouros *et al.*, 2019). La reflectancia de las plantas en el espectro de luz visible e infrarroja (RGB y NIR) se correlaciona con el estado de salud de las plantas, y para su uso fácil se han desarrollado diversos índices de vegetación de luz visible, pero la utilidad de cada uno depende de la especie que se estudia y de factores inherentes al cultivo, tales como la etapa fenológica y el estado de salud de las plantas, los cuales modifican el valor intrínseco del índice de vegetación y la cobertura del suelo por el follaje, los cuales a su vez, se correlacionan con el rendimiento en grano del cultivo (Zhang y Zhang, 2018). El objetivo del presente trabajo es evaluar por fotogrametría de imágenes de luz visible obtenidas por dron, la utilidad de diversos índices de vegetación, así como su relación con la cobertura del cultivo y la producción de grano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material genético consistió de 14 variedades que se sembraron en un lote de producción de semilla de 4.5 ha el 18 de diciembre de 2020. El manejo agronómico para fertilización y manejo de plagas y enfermedades fue el óptimo. Se aplicaron cinco riegos por el método de compuerta. La densidad de siembra fue de 90 kg ha^{-1} , excepto para Cortázar (70 kg ha^{-1}) y Abelino (50 kg ha^{-1}), motivo por el cual el rendimiento se estimó como kilogramos de grano cosechado por kilogramo de semilla sembrada. Se realizaron 13 vuelos con el dron DJI Phantom 3 Pro controlados automáticamente por el software DJI Pilot con los siguientes parámetros: altura, 50 m; velocidad, 3.5 ms $^{-1}$; dimensión de las imágenes, 4000 x 3000 píxeles; resolución, 2.6 cm/píxel. Se construyeron 13 ortofotos con el programa WebODM (Vacca, 2020) a partir de un mínimo de 220 fotografías en el espectro de luz visible RGB capturadas en cada vuelo. Las fotografías se tomaron con un solapamiento frontal y lateral de 70%. La estimación de la reflectancia de los tres canales se hizo con el plugin RGB measure del programa ImageJ (Rueden *et al.*, 2017). A partir de los datos de reflectancia los índices de vegetación GLI (Green Leaf Index), GRVI (Green-Red Vegetation Index), NGRDI (Normalized Green-Red Difference Index), RGBVI (Red-Green-Blue Vegetation Index) y VARI (Visible Atmospherically Resistant Index) se calcularon y graficaron en una hoja de Excel. La cobertura se estimó con el programa ImageJ aplicando un umbral de color para observar el follaje en color rojo, los valores de matiz se pueden modificar hasta 30-35 teniendo cuidado de no caer en la sub o sobrerrepresentación, se midió el área total con la opción "analyze", luego se aplicó la opción "select" y nuevamente la opción "analyze-measure" para medir el área del follaje. A partir de los valores obtenidos se calculó y graficó en una hoja de Excel el porcentaje del área total cubierta por el follaje de cada variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1a se observa la ortofoto del lote de producción completo (4.5 ha). En la figura 1b se muestran ortofotos de las variedades Cisne y Quetchehueca que fueron contrastantes en índices de vegetación y cobertura. Los índices de vegetación presentaron valores variables en las diferentes fechas de muestreo; GLI y RGBVI fueron los que presentaron mejor correlación con la cobertura y el rendimiento. En la Figura 2 se graficaron los dos índices, observándose que a partir de 73 días después de la siembra (dds) las curvas de todas las variedades son similares, lo que sugiere que existe una sincronización en el desarrollo de las plantas (Bachy *et al.*, 2020).

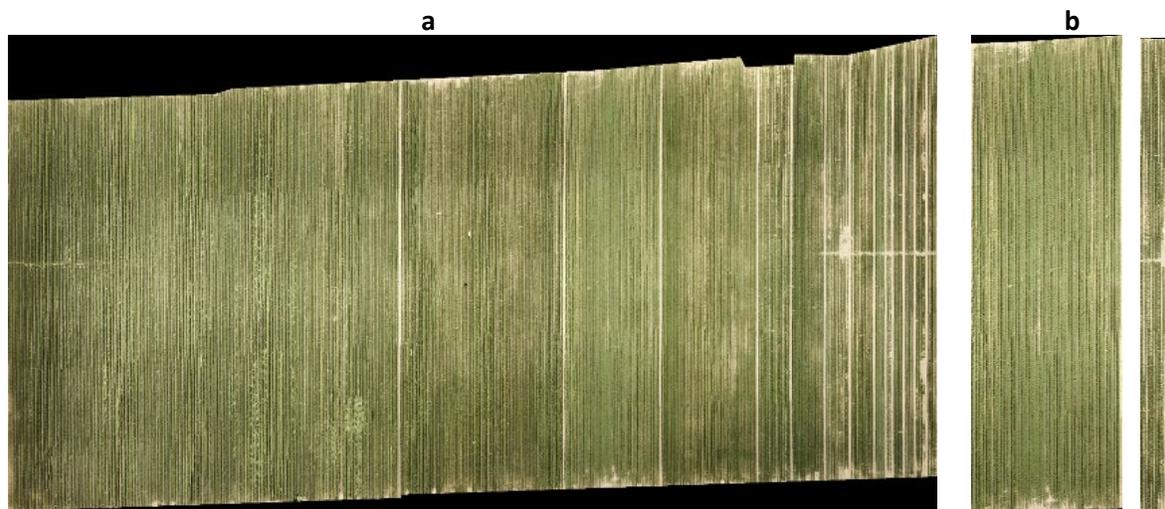


Figura 1. a) Ortofoto RGB que muestra el lote completo de producción de semilla con las catorce variedades de trigo separadas por surcos vacíos; el orden de izquierda a derecha es: Cortázar, Faisán, Cisne, Alondra, Aconchi, Baroyeca, Quetchehueca, Samayoa, Kronstad, Avelino, Río Bravo, Hans, Don Goyo y Noreste. b) Ortofoto de las variedades que presentaron mayor y menor cobertura (Cisne y Quetchehueca).

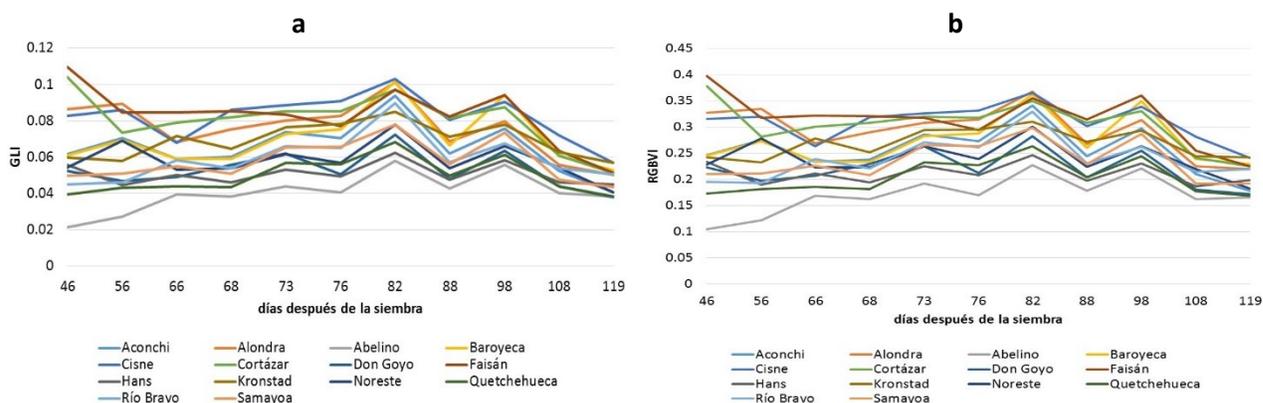


Figura 2. Gráficas de índices de vegetación en 14 variedades de trigo. a) Índice GLI. B) Índice RGBVI. En ambos casos se observa heterogeneidad desde 46 dds hasta 73 dds, pero a partir de 76 dds el comportamiento entre ambos índices y entre variedades es muy similar, lo que sugiere una sincronización en la fenología de las variedades.

En la Figura 3a se graficó la cobertura promedio a través de todo el ciclo de cultivo, con el fin de reducir las variaciones puntuales no controladas. En la Figura 3b se muestra el rendimiento de las 14 variedades de trigo. Se observó que las variedades precoces (Cortázar, Cisne, Alondra y Faisán) presentan la mayor cobertura y el mayor rendimiento, con excepción de Faisán. Abelino presenta la menor cobertura y rendimiento medio, sin embargo, este resultado no es concluyente, dado que su densidad de siembra fue menor que las demás variedades.

El análisis de correlación de Pearson demostró que el rendimiento se correlaciona un 82% con la cobertura y 76% con los índices de vegetación; a su vez la cobertura se correlaciona un 93% con los índices de vegetación. Los resultados demuestran que los índices de vegetación y cobertura estimados por la reflectancia de imágenes RGB aéreas son buenos predictores del rendimiento.

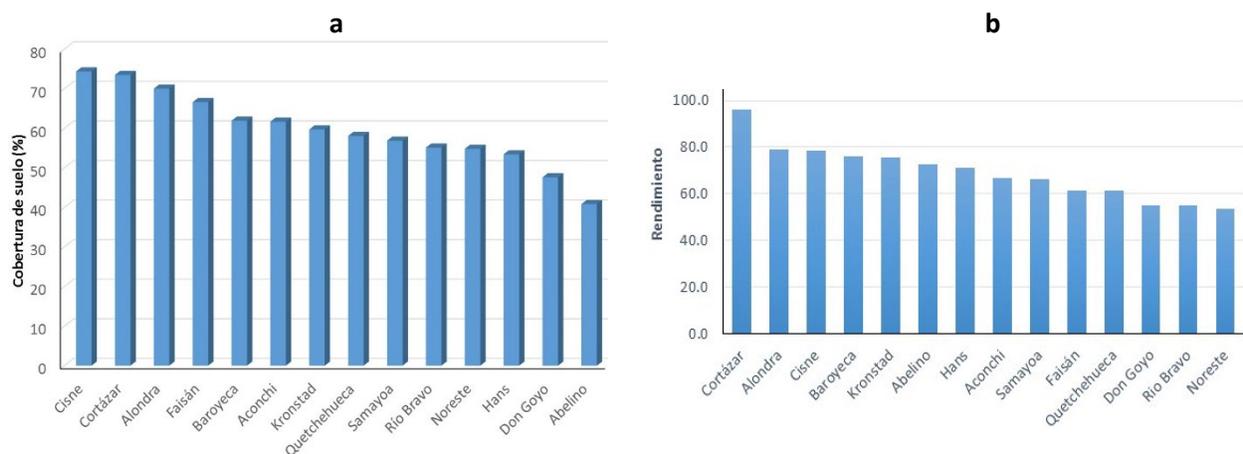


Figura 3. a) Cobertura promedio de suelo por follaje en las variedades de trigo. b) Rendimiento estimado como kilogramo de grano cosechado por kilogramo de semilla sembrada. Las variedades con mayor cobertura también fueron las más rendidoras, con excepción de Faisán.

CONCLUSIONES

La fotogrametría aplicada a imágenes obtenidas por dron representa una alternativa en la agricultura de precisión para determinar el rendimiento potencial de variedades de trigo, mediante la estimación de índices de vegetación de luz visible que se relacionan con la cobertura.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los autores agradecen al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y a la empresa Mondelez México S. de R.L. de C.V. por el apoyo financiero al proyecto Número 10351035009 “Generación de variedades de trigos suaves galleteros en México”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bachy, A., Aubinet, M., Amelynck, C., Schoon, N., Bodson, B., Delaplace, P., ... and Heinesch, B. (2020). Dynamics and mechanisms of volatile organic compound exchanges in a winter wheat field. *Atmospheric Environment*, 221, 117105.
2. Rueden, C. T., Schindelin, J., Hiner, M. C., DeZonia, B. E., Walter, A. E., Arena, E. T., and Eliceiri, K. W. (2017). ImageJ2: ImageJ for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*, 18(1).
3. Tsouros, D. C., Bibi, S., and Sarigiannidis, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*, 10(11), 349.
4. Vacca, G. (2020). WEB Open Drone Map (WebODM) a Software Open Source to Photogrammetry Process. In Fig Working Week Smart surveyors for land and water management. Amsterdam.
5. Zhang, Y., and Zhang, N. (2018). Imaging technologies for plant high-throughput phenotyping: a review. *Frontiers of Agricultural Science and Engineering*, 5(4), 406-419.

Sección: Manejo agronómico

USO DE FUENTES ORGANOMINERALES EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULA DE JITOMATE

Enrique González Pérez*, Salvador Villalobos Reyes y María Concepción Valencia Juárez

¹Campo Experimenta Bajío. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Colonia Roque, Celaya, Guanajuato, México. C. P. 38110.

*Autor para correspondencia: gonzalez.enrique@inifap.gob.mx.

Introducción

En los últimos años diversos factores han despertado el interés por el desarrollo de la agricultura orgánica, siendo una alternativa sustentable con potencial para atender los impactos negativos de la agricultura convencional. Para llevar a cabo un sistema de producción orgánico deben considerarse diversos aspectos como aumentar la actividad biológica del suelo, mantener la fertilidad del suelo a largo plazo y manejar los productos agrícolas en su procesamiento, entre otros, que se deben implementar con el cuidado de no perder la integridad orgánica. Dentro de la agricultura, el jitomate es uno de los cultivos de interés para su producción orgánica ya que en México su producción ha avanzado significativamente y ahora es una de las principales actividades, posicionando a México como el principal proveedor a nivel mundial de jitomate con una participación en el mercado internacional de 25.11% del valor de las exportaciones mundiales. A partir del 2016, la producción de jitomate en México se incrementó en 54.25% y en las exportaciones en fresco con 77.87%, convirtiendo al jitomate en uno de los cultivos con mayor incremento en la productividad. Actualmente se cubre el 100% de los requerimientos nacionales con producción interna, asimismo, las importaciones mundiales han aumentado 39.41% en la última década, lo que ha propiciado un incremento en las exportaciones de México al extranjero, principalmente a Estados Unidos. Sin embargo, el posicionamiento del cultivo ha encarecido la producción por la gran cantidad de insumos que se requieren para obtener mayor rendimiento por unidad de superficie. El manejo de la producción de la plántula, así como su manejo agronómico en campo e invernadero es costoso, por la inversión que se requiere para el manejo de plagas y enfermedades, labores culturales y fertilización, este último representa entre el 40 y 45% de los gastos de inversión. En México, la mayor parte de los fertilizantes son importados lo que limita su acceso por parte de pequeños agricultores, quienes demandan conocimiento y alternativas que permitan reducir sus costos de producción sin demeritar la calidad y rendimiento (Comunicación personal con productores de Guanajuato). En este sentido, investigadores del Campo Experimental Bajío del INIFAP, han realizado investigaciones sobre el uso de fuentes orgánicas de nutrimentos como: la dolomita, yeso agrícola, roca fosfórica, composta, lixiviados de lombriz y melaza, con resultados exitosos debido a que la mayoría de estas fuentes aportan nutrimentos esenciales que las plantas requieren para su óptimo desarrollo. Los nutrimentos que aporta el yeso (CaSO_4), son Ca (21%) y S (16%); la dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), contiene 47.73% de CaO, 21.86% de CO_2 ; la roca fosfórica aporta P (9.9%), Ca (21%) y Mg (3%); la composta aporta N (1.73%), P (6.45%), K (0.26%), Ca (7.64%), 5 273 ppm de Fe y 84.6 ppm de Zn (González, 2014).

Objetivo

Determinación del estado nutrimental comportamiento agronómico de la plántula de jitomate establecida en sustrato con diferentes fuentes organominerales minerales.

Palabras clave: Sustrato, rendimiento, fuente organomineral.

Materiales y métodos

El estudio fue desarrollado en las instalaciones del Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), localizado en Celaya, Guanajuato, México, en las coordenadas geográficas 20° 32' 05" LN y 100° 48' 49" LO, a 1750 msnm, durante la temporada primavera-verano (PV) del 2021, bajo condiciones de temperatura media de 29.4 °C, humedad relativa promedio de 62%, y evapotranspiración media de 320 mm. El sustrato empleado fue turba con diferentes concentraciones de fuentes organominerales (Cuadro 1.). El agua de riego utilizada presentó NO₃ (12 ppm), K (13 ppm), Ca (50 ppm), Mg (18 ppm), y SO₄ (96 ppm). El manejo del cultivo se realizó de acuerdo con el paquete tecnológico de producción desarrollado en el programa de hortalizas del INIFAP. Se utilizó material genético de jitomate tipo Saladette, variedad Byelsa.

Bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro repeticiones, se evaluaron tres dosis de fertilización compuestas con fuentes orgánicas (Cuadro 1), más un testigo con la solución nutritiva propuesta por Villalobos et al. (2013).

Cuadro 1. Dosis y fuente de fertilización orgánica (kg m⁻³) aplicada al sustrato.

| Tratamiento | Yeso agrícola | Dolomita | Roca fosfórica | Composta |
|-------------|---------------|----------|----------------|----------|
| DFA | 5.6 | 2.4 | 13 | 30 |
| DFM | 4.2 | 1.6 | 9.7 | 20 |
| DFB | 2.8 | 0.8 | 6.5 | 10 |

DFA=dosis de fertilización alta, DFM= dosis de fertilización media, DFB=dosis de fertilización baja.

Diez días después de la emergencia por un periodo de 20 días después siembra (DDS) se aplicó la solución nutritiva al testigo fue en meq L⁻¹ de NH₄⁺ 0.5 - K⁺ 9.5 - Ca⁺⁺ 8.0 - Mg⁺⁺ 1.0 - NO₃⁻ 10.0 - H₂PO₄⁻ 1.0 - SO₄⁻ 6.0 – Cl⁻ 2.0. Posterior a éste tiempo, se aumentó la concentración en un 25 % hasta el trasplante.

A los tratamientos con fuentes organominerales a partir de la emergencia, mediante el riego se aplicó melaza, lixiviado de humus de lombriz (contenido nutrimental expresado en ppm: 600 N, 100 P205, 3 900 K20, 1 200 Ca, 200 Mg y 100 S en ppm). Para complementar los requerimientos nutrimentales de la plántula y evitar deficiencias, principalmente de micronutrientes, a partir de los 24 DDS se aplicó 0.5 g por litro de agua dos veces por semana una mezcla de quelatos de Hierro (5.0 %), Zinc (2.5 %), Magnesio (0.5 %), Manganeso (1.0 %) y Boro (0.5 %).

Para conocer la concentración de N, P, K y Ca en planta se realizaron determinaciones en el extracto celular de peciolo por el método de electrodo selectivo de iones (ISE), en la hoja recientemente madura colectadas entre las 8:00 y 9:00 h. las determinaciones se realizaron una vez por semana a partir de la primera semana después de la emergencia.

Los datos registrados en las variables porcentaje de germinación (%G), altura de planta (AP; cm), número de hojas (NH), diámetro de tallo (DT; cm), fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias por Tukey ($\alpha=0.05$), con el paquete de análisis estadístico SAS versión 9.3.

Resultados y discusión

La dinámica del NO^{-3} muestra que la mayor concentración (737.5 ppm) se presentó a los 42 DDS en el testigo y la menor a los 24 DDT en la DFM (222.5 ppm), la concentración en la DFA presentó comportamiento ascendente de los 24 a los 49 DDS, sin embargo; posteriormente registró 137.5 ppm y finalizó con 260 ppm. Las concentraciones de NO^{-3} a los 49 DDS se encontraron en un intervalo de 342.5 a 387.5 ppm, concentración por debajo de los niveles de recomendados (600-1 000 ppm a los 25 a 75 DDS) por Castellanos y Ojodeagua (2009). Sin embargo, Ojodeagua citado por Martínez (sf) indica que los valores recomendados de NO^{-3} son de 500-800 ppm entre los 15-30 DDS y de 400-800 ppm de los 45-82 DDS, por lo que, los niveles registrados en este trabajo se encuentran dentro de las concentraciones recomendadas.

En todos los tratamientos el comportamiento de P mostró aumento progresivo a través del tiempo. A los 32 DDS el Testigo y DFB tuvieron la concentración más baja con 180 ppm, pero a los 48 DDS alcanzaron la mayor concentración con 590 y 460 ppm, respectivamente. Por otro lado, la DFA inicio con una concentración de 198 ppm (24 DDS). A los 42 DDS la DFM mostró una concentración de 220 ppm. Los niveles de P estuvieron con suficiencia conforme a lo reportado por Castellanos y Ojodeagua (2009) encontrando que la mayoría de las determinaciones se ubicaron dentro de los límites (180-400 ppm) aun cuando existen algunas diferencias en la dinámica en función de los tratamientos.

La mayor concentración de K a los 42 DDS en la DFB con 2325 ppm, seguida de la DFM con 2,220 ppm, la DFA con 1,975 ppm y el testigo con 1,650 ppm. Todos los tratamientos mostraron un comportamiento similar con una diferencia de 325 ppm entre la mayor y menor concentración registrada en el testigo y la DFB. La concentración a los 49 DDS en todos los tratamientos estuvo en un intervalo 2,230 a 2,650 ppm. Las concentraciones de K de 1,650 a 2,325 ppm a los 49 DDS, estuvo por debajo de los niveles recomendados por Castellanos y Ojodeagua (2009) que oscilan entre 3,000 a 4,000 ppm después de los 50 DDS.

En todos los tratamientos la concentración inicial de Ca fue similar, la diferencia entre la mayor (DFM) y menor (DFB) concentración fue de 120 ppm. A los 42 DDS el testigo presentó la mayor concentración de 50 ppm. A partir de 32 DDS las concentraciones fueron aumentando hasta llegar a 95 ppm (DFA y DFM) a los 49 DDT.

En las variables porcentaje de germinación (98-100%), altura de planta (14.3-16.8 cm) y diámetro de tallo (0.6-0.9 cm) no hubo diferencias estadísticas significativas ($\alpha=0.05$).

Conclusión

En los tratamientos con fuentes orgánicas los niveles de N y P en el ECP se encontraron dentro de los niveles de referencia, mientras que el Ca^{+2} y K^{+} presentaron concentraciones por debajo de lo recomendado. Los resultados indicaron que el mejor comportamiento agronómico de la plántula de tomate fue en la dosis de fertilización orgánica alta y en el testigo.

Referencias

Alcántar G.G., Trejo T.L., Fernández P.L., y Rodríguez M. Ma. de las N. 2007. Nutrición de cultivos. Alcántar G.G., Trejo T.L., Capítulo 2. Elementos esenciales. Mundi-Prensa México, S.A. de C.V. Colegio de Postgraduados. 7-47 p.

Castellanos J.Z., y Ojodeagua J.L. 2009. Manejo de la Fertirrigación del Tomate en Suelo. In: Manual de producción de tomate en invernadero. Castellanos J.Z. (Ed.). Celaya Guanajuato, 2009. INTAGRI S.C. pp:187-204.

González P.E. 2014 Fuentes orgánicas de nutrimentos en la producción orgánica en invernadero. Folleto Técnico No. 28. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío.

Villalobos Reyes, S., y Guillen., H. G. (2013). Manual sobre la producción de pimiento, pepino y tomate de especialidad bajo condiciones protegidas en Guanajuato. Guanajuato, México.: Folleto técnico No. 13. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Bajío.

Trabajo para la Sección “Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola”, d) Manejo agronómico.

MANEJO AGRONÓMICO DE ÁRBOLES DE LIMÓN MEXICANO EN PRODUCCIÓN CON HLB

Miguel Ángel Manzanilla Ramírez*1, Ángel Villegas Monter2, José Joaquín Velázquez Monreal1, M. Manuel Robles González1, Mario Orozco Santos1, Juan Eduardo Murillo Hernández1.

1 CE Tecomán Colima CIRPAC-INIFAP; 2 Colegio de Posgraduados Montecillos Texcoco Estado de México.

manzanilla.miguel@inifap.gob.mx

Palabras Claves: rendimientos, crecimiento vegetativo, huanglongbing

INTRODUCCION

En 2010 se detectó la enfermedad del Huanglongbing (HLB), en la zona productora de limón mexicano (*Citrus aurantifolia*) en el estado de Colima. El HLB afecta a todas las especies y variedades de cítricos. No existen reportes de árboles que una vez infectados se recuperen completamente. Es una de las enfermedades más complejas, debido a las interacciones entre el patógeno, vector, hospederos y ambiente (da Graça *et al.*, 2015). En Colima es causado por la bacteria Candidatus *Liberibacter asiaticus* (CLAs). En cítricos el HLB causa desequilibrios metabólicos por agotamiento de nutrientes y/o interferencia del transporte. Lo que tiene como consecuencia disminución de la producción, síntoma más impactante en las áreas productoras de cítricos del mundo. A medida que se incrementa el tiempo de la infección por HLB, aumentan las deficiencias de nutrientes y desequilibrios de carbohidratos en hojas y raíces, detención del desarrollo de las plantas y se puede observar la muerte regresiva de brotes y ramas. En limón mexicano se ha registrado disminución de la producción desde etapas tempranas de la infección hasta cuando los árboles registran síntomas en más del 75% de la copa, la que se reduce 50% y también se reportó disminución en el tamaño de la fruta cosechada (Robles-González *et al.*, 2018). Con infección de HLB, los árboles de limón mexicano en producción sufren cambios fisiológicos en la distribución y concentración de los carbohidratos, tanto en hoja como en raíz. Así como, disminuye la concentración mineral. Mientras que a medida que aumentan los síntomas en hoja se reduce la concentración de clorofila (Manzanilla *et al.*, 2019). Sin embargo, estos cambios no llevan al colapso de los árboles. El manejo de las plantas para continuar con la producción rentable es el mayor desafío que enfrenta la industria de los cítricos, en todo el mundo. En zonas como China, Brasil, Florida, México donde el HLB es endémico, el reto es mantener la producción de los árboles infectados e idear propuestas que permitan a las nuevas plantaciones de cítricos mantener la producción (da Graça *et al.*, 2015). En China, país con más tiempo con HLB, para la mitigación de esta enfermedad se ha practicado el manejo de nutrientes junto con poda y riego. Un enfoque nutricional junto con otras prácticas culturales como el riego puede mantener la productividad de huertos durante un cierto tiempo, dependiendo de la especie y portainjerto, la edad de los árboles, las poblaciones del psílido asiático de los cítricos y otros factores. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el manejo agronómico propuesto por INIFAP (Manzanilla *et al.*, 2018) para aumentar la productividad de árboles de limón en producción infectados con HLB.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en las instalaciones del INIFAP en el Campo Experimental Tecomán, Colima (18°58'07.38"N 103°50'43.06"O). El clima en la región es cálido semi-seco con temperatura media anual de 26 °C y precipitación media anual de 750 mm. Se evaluó el manejo agronómico de limón Colimex injertado en Macrofila infectado con HLB en condiciones de campo en suelo migajón arcilloso que presenta alto contenido de CaCO₃ y pH de 7.8 durante 2018. La plantación se estableció en abril de 2012, con riego por goteo. Se evaluaron dos tratamientos uno con manejo agronómico propuesto por INIFAP (Manzanilla *et al.*, 2018) y otro con manejo tradicional. La parcela experimental consto de 6 árboles por tratamiento. Se determinó el efecto del manejo en las variables de crecimiento (longitud de brote y número de hojas por brote) y rendimientos. Los datos se ingresaron a una base de Excel. Los análisis estadísticos se realizaron

con el programa estadístico InfoStat 2018 y comparación de medias Tukey ($p \leq 0.05$). Se adoptó el diseño experimental completamente al azar. El tamaño de muestra fue según la variable evaluada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas del factor manejo solo en el número de brotes vegetativos. No existieron diferencias en la longitud de brote, número de hojas ni en brotes florales. Se ha reportado que, a pesar del aparente colapso del floema afectado por el HLB, crecimiento vegetativo continúa desarrollándose durante varias estaciones. Si el transporte de fotoasimilados estuviera totalmente bloqueado a nivel de hoja/peciolo, no habría suficiente flujo de carbohidratos para sostener la síntesis de almidón en una dirección basípeta para apoyar el crecimiento de los brotes en desarrollo, las ramas inferiores y la fruta. Esta fuente de acumulación de carbohidratos en la corteza y madera podría ser el resultado de transporte temporal vía floema en follaje nuevo (Brodersen *et al.*, 2014). La Figura 1, muestra la comparación de medias entre el número de brotes vegetativos donde el manejo agronómico incrementa las brotaciones en árboles de limón Colimex con HLB. Sin embargo, al tener un menor número de brotes vegetativos el tratamiento testigo no tuvo diferencias estadísticas significativas con el tratamiento de manejo en las variables de número de hojas por brote y longitud de brote.

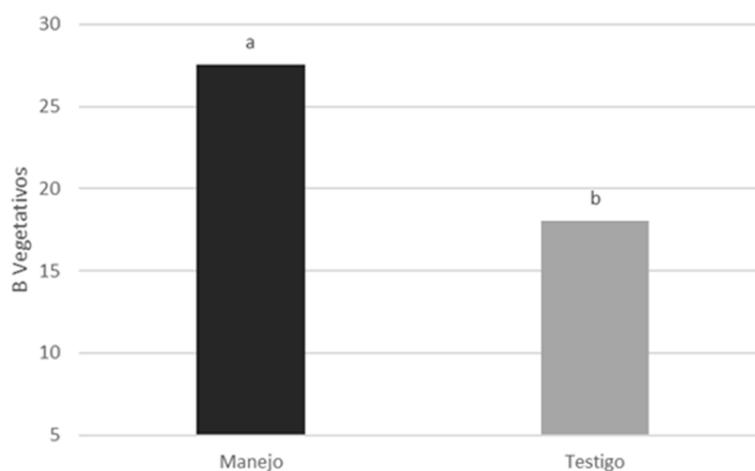


Figura 1. Número de brotes vegetativos de limón Colimex injertado en Macrofila infectados con CLAs con diferentes niveles de manejo agronómico. Medias en la columna con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$).

En el rendimiento y frutos/kg el análisis de varianza mostró diferencias estadísticas significativas. La Figura 2, muestra la prueba de medias y diferencias estadísticas significativas en el rendimiento de fruta de limón mexicano con HLB con manejo agronómico, logrando un incremento del 30.4%. También existieron diferencias estadísticas en el tamaño de fruta al presentar, el testigo un menor número de fruta por kilogramo. Los efectos acumulativos de la infección por CLAs, incluidos los desequilibrios de carbohidratos contribuyen a la reducción de rendimientos y estos desequilibrios se producen en parte por la reducción del sistema radicular y por la descomposición del floema (Brodersen *et al.*, 2014). El manejo agronómico da como resultado mayores tasas de crecimiento y puede mantener altos niveles de productividad en comparación con prácticas culturales deficientes en presencia de HLB.

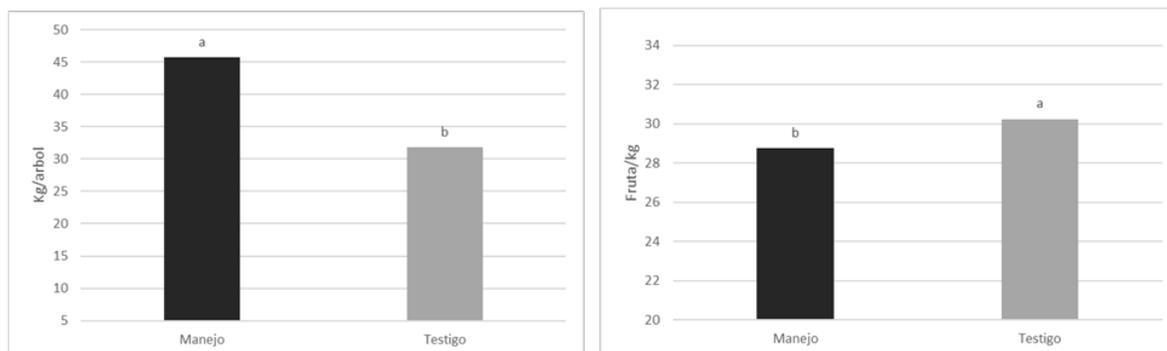


Figura 2. Rendimientos y tamaño de fruta de limón Colimex injertado en Macrofila infectados con CLas con diferentes niveles de manejo agronómico. Medias en la columna con letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$).

La evaluación de manejos agronómicos en cítricos con HLB muestran diferencias significativas en diferentes variables de productividad solo después del tercer año de evaluación. En este trabajo con un año de manejo agronómico aumento el crecimiento (número de brotes vegetativos) y los rendimientos de árboles de limón Colimex con 6 años con HLB.

CONCLUSIONES

El manejo agronómico atenúa los cambios fisiológicos ocasionados por el HLB en limón Colimex en producción aumentado el número de brotes, rendimientos y calidad (tamaño de fruta). Se debe continuar la mejora y evaluación del manejo agronómico, en espera de que otras tecnologías como el mejoramiento genético permitan disminuir las afectaciones fisiológicas que sufre el limón Colimex por la infección de CLas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Brodersen C., Narciso C., Reed M., and Etxeberria E. 2014. Phloem production in Huanglongbing-affected citrus trees. *HortScience*. 49, 59-64.
2. da Graça J., Kunta M., Sétamou M., Rascoe J., Li, W., Nakhla M., Salas B., and Bartels D. 2015. Huanglongbing in Texas: Report on the first detections in commercial citrus. *Journal of Citrus Pathology*. 2(1).
3. Manzanilla R.M.A., Villegas M.A., Velázquez M. J. J., Zavaleta M.H. A., Sandoval V. M., y Muñoz O, A. 2019. Cambios fisiológicos en árboles de limón mexicano en producción infectados con HLB. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(7), 1603-1614.
4. Manzanilla R.M. A., Velázquez M. J. J., Bermúdez-Guzmán, M. D. J., García-Mariscal, K. L. P., Orozco S. M., y Robles G. M. M. 2018. Manejo integral del cultivo de limón mexicano en un escenario de alta incidencia de HLB. Folleto. INIFAP. 26 p.
5. González M. M. R., Santos M. O., Manzanilla R.M.A., Monreal J. J. V., Urrutia V. M. M., y Stuchi E. S. 2018. Experiencias con huanglonbing en limón Mexicano en el Estado de Colima, México. *Citrus Research & Technology*. 39, 1-12.

Sección: d) Manejo agronómico

RESPUESTA DE MAZ, FRIJOL Y TRIGO BAJO AGRICULTURA DE CONSERVACION, EN CONDICIONES LIMITANTES DE HUMEDAD, EN LA MIXTECA DE OAXACA.

¹Leodegario Osorio Alcalá ¹Finlandia Barbosa Moreno

CE Valles Centrales de Oaxaca CIRPAS-INIFAP

osorio.leodegario@inifap.gob.mx

Palabras clave: Roturación vertical, residuos, sequia.

INTRODUCCIÓN

La Mixteca de Oaxaca se caracteriza por el deterioro de sus recursos naturales, principalmente el suelo y la vegetación, lo que repercute en la baja producción de los cultivos. Parte de este problema se relaciona con los sistemas de producción tradicionales, basados en el monocultivo, extracción de residuos y manejo del suelo. El rendimiento promedio de maíz oscila en 1.1 t ha⁻¹, de trigo en 0.9 t ha⁻¹, y de frijol en 0.6 t ha⁻¹. Entre los factores climáticos, la escasa y errática distribución de la lluvia es la principal limitante de la baja producción, en algunos años las bajas temperaturas que se registran desde el 15 de octubre afecta el llenado del grano de maíz, cuando se realizan siembras tardías, o bien, cuando se utilizan variedades de ciclo tardío. Ante esta situación el manejo del suelo y de los residuos de cosecha para la conservación de humedad, aunado a un adecuado control de malezas y de plagas, usando los maíces nativos, es factible poder incrementar el rendimiento y superar la media regional de producción. El objetivo del estudio es evaluar la respuesta del maíz, frijol y trigo con agricultura de conservación en condiciones de temporal crítico, para ofrecer alternativas tecnológicas hacia los productores de la región Mixteca alta de Oaxaca.

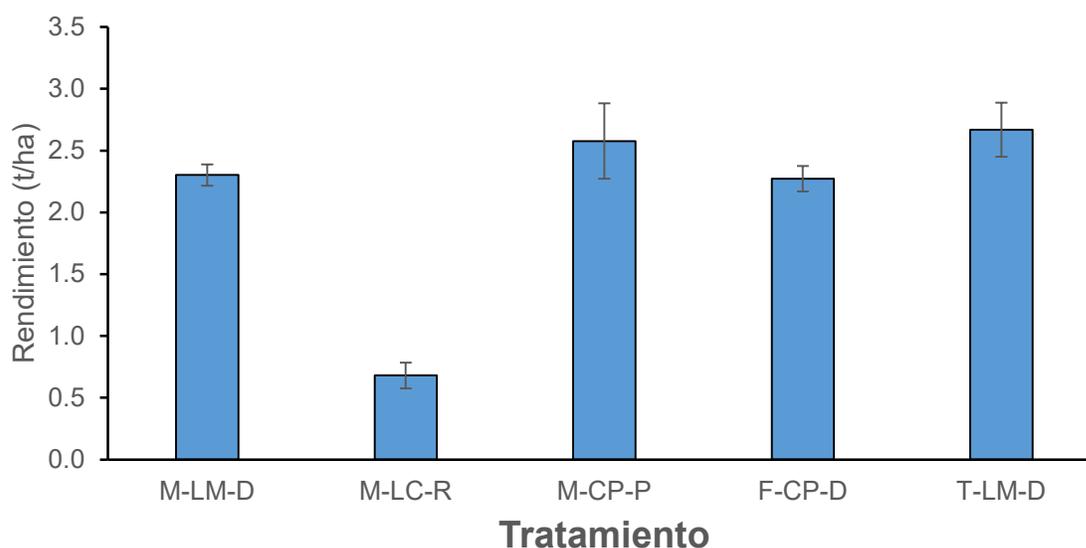
MATERIALES Y METODOS

La investigación en campo se realizó durante el ciclo PV-2019 en las instalaciones del INIFAP ubicadas en Santo Domingo Yanhuitlán, Oax. latitud norte: 17.509569, longitud oeste: 97.351788, a una altitud de 2131 msnm. El suelo es un cambisol cálcico con un pH de 8.1, profundo con menos del 3% de pendiente. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con 2 repeticiones, la parcela total fue de 6 surcos de 35 m de longitud separados a 0.8 m (168 m²). Los tratamientos evaluados fueron: T1 (M-LM-D): maíz-maíz en labranza mínima con 100% de residuos de cosecha dejados después de 7 ciclos, T2: (M-LC-R) maíz-maíz en labranza convencional y residuos retirados por 7 ciclos, T3: (M-CP-P) frijol-maíz, residuos dejados parcialmente, T4: (F-CP-D) maíz-frijol en camas permanentes, residuos dejados y T5: maíz - trigo labranza mínima residuos dejados. En los tratamientos de maíz se aplicó en la siembra la dosis 60-60-60-10 (N-P-K-Mg), y en el estado de V6 se aplicaron otros 40 kilogramos de N; en frijol se usó la dosis 25-30-45 (NPK) todo en la siembra; mientras que en trigo (T5), se usó 40-60-40 en la siembra y durante el estado de amacollo, otros 40 kilogramos de N. En maíz se estableció una densidad de siembra de 66,665 plantas/ha, en frijol 208,333 plantas/ha, y en trigo una densidad de siembra de 100 kilos/ha.

Se registraron variables fenológicas y el rendimiento de grano, también se midió la cantidad de lluvia y se cuantificó semanalmente el contenido de humedad en el suelo, por el método gravimétrico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El rendimiento de grano de los diversos tratamientos en condiciones de temporal se observa en la Figura 1. En el caso de los tratamientos de maíz bajo distintos manejos del suelo y de rastrojos se observan diferencias importantes. El tratamiento M-LC-R que es la práctica que realiza la mayoría de los productores (testigo) fue el que presentó el menor rendimiento de grano con 0.68 t ha^{-1} , mientras que aquel donde se roturó el suelo a 45 cm de profundidad con el 100% de residuos de cosecha durante 7 ciclos, alcanzó un rendimiento de 2.3 t ha^{-1} ; es decir, hubo un incremento en la producción de grano de 1.6 t ha^{-1} , respecto al testigo, con una precipitación de 560 mm pero con un periodo de sequía de 23 días (9 de agosto al 3 de septiembre). Este efecto se debe básicamente a la mayor conservación de la humedad en el suelo por el efecto de la roturación y por la presencia de los residuos de cosecha que evitaron la pérdida de humedad por evaporación, lo que no ocurrió con la labranza convencional donde no hubo residuos de cosecha. La agricultura de conservación se está utilizando para mitigar la sequía, mejorar la calidad del suelo, reducir la erosión y lograr mayor producción de los cultivos (Mrabeta *et al.*, 2012).



M-LM-D=Maíz, Labranza mínima dejados; M-LC-R: Maíz, Labranza convencional, retirados; M-CP-P: Maíz, Camas permanentes y parcial; F-CP-D: Frijol, Camas permanentes y dejados; T-LM-D: Trigo, Labranza mínima y dejados.

Figura 1. Rendimiento de grano de diversos cultivos en distintos tratamientos. Santo Domingo Yanhuítlán, Oax. Ciclo PV-2019.

El tratamiento 3 (M-CP-P) que también incluyó maíz después de una rotación con frijol en el sistema de camas permanentes, el rendimiento de grano fue de 2.5 t ha^{-1} , superior en 1.82 t ha^{-1} al tratamiento 2 (testigo) donde se movió el suelo con el arado de barbecho y no se dejaron residuos. Estos resultados reflejan que fue fundamental el manejo del suelo y sobre todo el efecto de la rotación con una leguminosa que contribuyó en la fijación de N disponible para el maíz aún bajo condiciones de sequía. En la investigación realizada por Ohep *et al.* (2002), indican que hubo un mayor rendimiento de maíz cuando usaron labranza de conservación y *Crotalaria sp.* incorporada, muy superior estadísticamente al sistema de labranza convencional, lo que señala que la agricultura de

conservación basado en los principios de mínimo movimiento del suelo, rotación de cultivos y uso de residuos de cosecha, mejoran la producción de grano de maíz, frijol y trigo.

Los datos de contenido de humedad en el suelo registrados en los tratamientos 1 y 2 donde se compara el manejo del suelo y de los residuos, reflejan que con el sistema de labranza mínima con roturación vertical del suelo y 100% de residuos, el contenido de humedad siempre fue mayor sobre todo durante el periodo de sequía en los niveles 0-15 y 15-30 cm el T1 promedió 12.6% de humedad, y el T2 su valor fue de 9.7%, en el nivel 0-15; mientras que en el nivel de 15-30 el T1 conservó un 16.2% de humedad y el T2 solo 10.5%. En ambas profundidades de muestreo la roturación vertical con residuos ayudó a conservar más humedad, en comparación donde se barbechó el suelo y no tuvo residuos de cosecha. Este efecto incidió directamente en el rendimiento de grano del maíz en condiciones de temporal crítico con 20 días de sequía. Está bien fundamentado sobre los beneficios de la agricultura de conservación para reducir la sequía, en este sentido (Verhulst *et al.* (2010), indican que la agricultura de conservación aumenta la infiltración y se reduce la escorrentía y la evaporación, en consecuencia se conserva más humedad en el suelo y existe más agua disponible para los cultivos, respecto a la labranza convencional sin residuos.

El rendimiento de frijol y trigo (Figura 1) fueron aceptables dadas las condiciones de la errática distribución de la lluvia donde el efecto fue mayor en maíz por su mayor ciclo vegetativo. El frijol rindió 2.2 t ha⁻¹ sembrado sobre camas permanentes a doble hilera y con residuos de maíz del ciclo anterior que ayudaron a conservar humedad. Es importante señalar que la media regional de frijol oscila en 0.6 t ha⁻¹ en condiciones de temporal, lo que refleja que se superó ese valor en 1.4 toneladas bajo condiciones limitantes de humedad. En el caso del trigo, éste alcanzó una producción de 2.6 t ha⁻¹, rendimiento superior en 1.7 toneladas en relación con el promedio de la región. Tanto el frijol como el trigo fueron menos afectados por la sequía, debido a su menor ciclo vegetativo, el maíz alcanzó su madurez fisiológica a los 158 días, el frijol a los 116 y el trigo a los 129 días después de la siembra.

CONCLUSIONES

La roturación vertical del suelo aunado a la presencia de residuos de cosecha favoreció a conservar mayor cantidad de humedad en el suelo, respecto al sistema de labranza convencional.

Hubo mayor producción de grano de maíz nativo cuando se implementó la agricultura de conservación, sobre todo en ciclos con lluvias escasas y erráticas, por lo que puede ser una estrategia de producción que los productores utilicen y reduzcan el riesgo de pérdidas ante efectos climáticos adversos.

La diversificación de cultivos de diferente ciclo vegetativo caso frijol y trigo, reduce el riesgo de pérdida por sequía o por bajas temperaturas durante el llenado del grano.

FUENTE FINANCIADORA

Se hace el reconocimiento a la Secretaria de Agricultura por el financiamiento a través del CIMMYT y su programa Modernización Sustentable de la Agricultura tradicional (MasAgro), para desarrollar la investigación.

LITERATURA CITADA

Mrabeta, Rachid., Moussadekb, Rachid., Fadlaoui Aziz., Ranst van Eric. 2012. Conservation agriculture in dry areas of Morocco. *Field Crops Research* 132:84–94.

Ohep, Carlos; Marcano, Felipe; Pudzzar, Spiridione; Colmenárez, Carlos. 2002. Efectos de la labranza conservacionista en los atributos físicos del suelo que influyen sobre el rendimiento del maíz. *Bioagro*14(1):37-45.

Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P., Deckers, J., Sayre, K.D., 2010. Conservation Agriculture, Improving Soil Quality for Sustainable Production Systems? *In: Lal, R., Stewart, B.A. (Eds.), Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 137-208.

PRODUCTIVIDAD DE CHILES NATIVOS (*Capsicum* spp.) CULTIVADOS EN INVERNADERO

Ismaela Guzmán Olea¹, Juan Elías Sabino López¹, Navidad Delfina Herrera Castro¹, Oscar Martín Antúnez Ocampo^{2*}, Mariana Espinosa Rodríguez¹ y Mirna Vázquez Villamar¹.

¹Universidad Autónoma de Guerrero (Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión), ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias - Campo Experimental Iguala

oscar.antunez@colpos.mx

Palabras claves: adaptación, rendimiento, invernadero.

Introducción

El cultivo de chile (*Capsicum* spp.) es originario de América, donde se encuentra la mayor diversidad morfológica de esta especie, por lo cual es una de las 10 principales hortalizas que se producen en México; sin embargo, el sistema de producción ha presentado diversos problemas bióticos y abióticos ya que en su mayoría son cultivados en campo. En el 2020, SIAP (*Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*) reportó que México generó una producción del rendimiento promedio, que paso de 13.86 t ha⁻¹ en 2005 a 21.65 tha⁻¹ en 2019, esta producción está ligada con el desarrollo de la industria de la horticultura protegida, mediante el uso de estructuras de protección (casas sombra, invernaderos, macrotúneles). En este sentido, se reportó un rendimiento promedio en agricultura protegida de 12.3 kg m⁻² y para campo abierto de 1.8 kg m⁻² para el año 2019. Por lo tanto, el uso de estructuras de protección en el cultivo de chile, no solo ha repercutido en su producción, sino en la calidad e inocuidad de la misma, lo que ha favorecido incrementar los volúmenes de exportación y aumento en el valor de la producción de esta hortaliza. Por lo anterior, algunas investigaciones se han enfocado en evaluar la producción de esta especie en invernadero mediante manejo de la nutrición, plagas y enfermedades (San Juan *et al*, 2019). De igual manera, se han realizado investigaciones que indican la adaptabilidad del cultivo mediante el uso de podas (española y holandesa) y diferentes densidades de plantación (2.60; 3.25 y 3.90 plantas m⁻²), incrementando el rendimiento y la calidad de este cultivo por unidad de superficie (Monge y Loría, 2018). Las variedades criollas o mejoradas de chile se adaptan a diversos climas y tipos de suelo, lo que ha contribuido a su exitosa y amplia distribución geográfica.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y el tamaño del fruto de distintos genotipos de chile criollo, cultivados en invernadero.

Materiales y métodos

El diseño experimental fue completamente al azar con siete tratamientos y seis repeticiones. Los tratamientos fueron siete genotipos nativos (localmente identificados como Gallo gallina grande, Gallo gallina mediano, Larguillo chico, Larguillo grande, Serrano, Mochiteco, Cascabel), previamente recolectados en la comunidad de Teticic, Olinalá, Estado de Guerrero, ubicado en las coordenadas geográficas Latitud Norte 17° 52' 02.00" y 98° 50' 53.00" Longitud Oeste, a 1260 m de altitud. Cada repetición consistió de una planta cultivada en bolsa. La siembra de la semilla se realizó el 10 de agosto del 2020, en charolas de poliestireno de 200 cavidades llenas de turba negra, donde se colocaron dos semillas por cavidad a una profundidad aproximadamente de 0.5 cm; el riego fue dos veces al día con agua potable hasta el momento del trasplante. A los 32 días después de la siembra (dds) se realizó el trasplante, cuando las plántulas tuvieron de 15 a 20 cm de altura, con 4 a 6 hojas verdaderas, en bolsas de polietileno de 12 L de capacidad con tierra de monte (pH de 7.11 y CE de 4.78 dS/m) como sustrato, establecidas en invernadero tipo cenital, cubierto con malla antiafidos en las paredes y plástico blanco en el techo con 70 % de transmitancia, lo anterior, se hizo en la Facultad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales, unidad Tuxpan, ubicada a 775 m de altura, en Iguala de la Independencia, Estado de

Guerrero. La densidad de plantación fue de 4 plantas por m², con una distancia de 20 cm entre plantas y 60 cm entre hileras. A los 15 ddt se realizó un aclareo de plantas que consistió en dejar una planta (sana y vigorosa) por bolsa. El riego fue manual aplicando 2 L de solución *Steiner (1984) dos veces al día*. A los 15 ddt se hizo el tutorado de las plantas con rafia. Las variables que se midieron fueron: número de frutos por planta durante un periodo de 53 días durante el periodo de fructificación; peso fresco de frutos por planta (g) se registró cuando los frutos alcanzaron su madurez comercial de color rojo, se pesaron con una báscula digital ISOLAB®, modelo LS-EJ-2200AS, y peso seco (g) acumulado de los frutos por planta de las siete cosechas, los frutos frescos cosechados, se almacenaron en bolsas de papel con perforaciones, y se secaron en una secadora de aire forzado a 75 °C durante 72 h, hasta mantener la muestra en un peso constante, enseguida se pesaron con la báscula digital. Para el tamaño de los frutos, se registraron el diámetro polar (cm) y ecuatorial (cm) de los mismos, con un vernier digital LION TOOLS®, modelo 2873 en 30 frutos seleccionados aleatoriamente en cada genotipo. Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS versión 9.3, mediante un análisis de varianza y las variables significativas se les aplicó la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Resultados y discusión

Los resultados mostraron diferencias significativas en el rendimiento y tamaño de los frutos entre los genotipos evaluados. El genotipo con mayor número de frutos por planta fue el Mochiteco, con de 607.50 frutos por planta, mientras que Gallo gallina mediano tuvo el menor valor (233.33 frutos por planta), los resultados obtenidos en esta variable son similares a los obtenidos por López *et al.* (2017) en donde se utilizaron diferentes concentraciones de regímenes nutrimentales de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo del chile habanero, en donde se obtuvo un promedio más alto de 425 número de frutos por planta. El mayor rendimiento en peso fresco de frutos por planta lo presentó Gallo gallina grande con 667.50 g planta⁻¹; en contraste, el genotipo Cascabel tuvo el menor rendimiento (350.35 g planta⁻¹), de acuerdo con los datos reportados por (Sandoval, 2011) en donde evaluó la variable peso fresco por planta en el cultivo de chile piquín, evaluando el efecto de Glutamato Monosódico, ácido salicílico, ácido benzoico y su combinación (GMS+AS) y (GMS+AS), el efecto de estos no resultó estadísticamente diferente sin embargo hubo cierta diferencia en tres tratamientos (GMS, AB Y AB+GMS) haciendo comparación con el testigo superándolo en 59.82, 48.68 y 42.8%. El mayor rendimiento en peso seco de frutos por planta lo tuvo el Serrano con 124.50 g planta⁻¹; mientras que, Cascabel presentó el menor rendimiento en peso seco por planta (66.83 g planta⁻¹ de fruto seco), algunas investigación que se realizaron por (Azofeifa y Moreira, 2014) en chile jalapeño cv. Hot, considerando días después del trasplante como factor dependiente en donde el peso seco de los frutos fue aumentando conforme va aumentando los días, iniciando a los 68 días y culminando en 194 días acumulando un total de peso seco 56.71 g. Con respecto al tamaño de los frutos, los genotipos con mayor diámetro polar (frutos más largos) fueron: Gallo gallina mediano (6.71 cm), serrano (7.73 cm) y Larguillo grande (8.15 cm). Por otro lado, los frutos con mayor diámetro ecuatorial (frutos más anchos) se obtuvieron en los genotipos Larguillo grande (10.68 cm) y Gallo gallina grande (14.19 cm), San Juan *et al.* (2019) reporta diferencias altamente significativas para las variables diámetro polar y ecuatorial, probando tres concentraciones de soluciones (100, 75 y 50%) en macrotúnel, donde se obtuvo mayor peso de fruto al 100% de concentración e igual para las variables diámetro de frutos de chile huacle y esto se le atribuye a que probablemente tenían mayor disponibilidad de nutrientes.

Conclusión

Los siete genotipos de chiles nativos de Olinalá presentaron adecuada adaptación a las condiciones y manejo en invernadero. Cada genotipo sobresalió en algún parámetro evaluado ya que cada material nativo presenta frutos con diferente tamaño. Por lo tanto, se puede impulsar su producción en condiciones protegidas, pero atendiendo los factores limitantes como luz, agua, suelo, nutrición, control de plagas. Los

resultados de esta investigación contribuyen a la conservación y manejo de materiales endémicos de la región Montaña, donde son de importancia económica, cultural y gastronómica.

Agradecimiento y fuente financiera

A la Maestría en Ciencias Agropecuarias y Gestión local por habernos aceptado. Al CONACyT por la beca otorgada para estudios de posgrado, y a todos los asesores por la disponibilidad de su tiempo y ayuda en todo el proceso del proyecto de investigación.

Referencias bibliográficas

1. Azofeifa, Álvaro y Moreira, Marco A. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*capsicum annuum* l. Cv. Hot), en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense, vol. 28, número 1, pág. 57-67.
2. Monge-Pérez, José Eladio y Loría-Coto, Michelle. 2018. Producción de chile dulce en invernadero: correlación entre densidad de siembra y variables de rendimiento. Revista posgrado y sociedad, Sistema de Estudios de Posgrado y Universidad Estatal a Distancia. Vol. 16, número 2, pág. 19-38.
3. López-Gómez, José Daniel; Villegas-Torres, Oscar Gabriel; Sotelo Nava, Héctor; Andrade Rodríguez, María; Juárez López, Porfirio; Martínez Fernández, Edgar. 2017. Rendimiento y calidad del chile habanero (*Capsicum chinense Jacq.*) por efecto del régimen nutrimental. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, vol. 8, núm. 8, pág. 1747-1758.
4. Sandoval-Rangel, A; Benavides-Mendoza, A; Alvarado-Vázquez, M. A; Foroughbakhch-Pournavab, R.; Núñez-González, M. A.; Robledo-Torres, V. 2011. Influencia de ácidos orgánicos sobre el crecimiento, perfil bromatológico y metabolitos secundarios en chile piquín. Terra Latinoamericana, vol. 29, núm. 4, pág. 395-401.
5. San Juan-Martínez, Jair; Aquino-Bolaños, Teodulfo; Ortiz-Hernández, Yolanda Donají; Cruz-Izquierdo, Serafín. 2019. Características de fruto y semilla de chile huacle (*Capsicum annuum* L.) producido en hidroponía. IDESIA (Chile). Vol. 37, Núm. 2, Pág. 87-94.

Sección: Manejo agronómico

SUSTENTABILIDAD REGIONAL: CONSERVACIÓN Y PRODUCTIVIDAD EN AGRICULTURA DE TEMPORAL.

Jose Alfonso Aguirre Gómez*.¹, Paola Carolina Gómez Carreño¹

¹ Investigadores del campo Experimental Bajío INIFAP

j.alfonsoaguirreg@gmail.com; aguirre.alfonso@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Sustentabilidad, agricultura de temporal, participación campesina

Introducción

En México la situación de deterioro de los recursos naturales suelo, agua y biodiversidad de especies ha llegado a tal grado que es urgente implementar acciones que permitan la recuperación o rehabilitación de los mismos, ya que aún cuando se han realizado estudios sobre este aspecto y más aún se han propuesto planes de acción, el deterioro continúa a pasos agigantados. Un efecto negativo de tal problemática, es la disminución en la productividad de los principales cultivos (maíz, frijol, trigo, sorgo etc.), lo cual se atribuyen a factores ambientales adversos que producen alto grado de siniestralidad, así como el deterioro de suelos agrícolas provocado principalmente por laboreo intensivo, aplicación de agroquímicos contaminantes, uso de monocultivo, y baja o nula reintegración de la materia orgánica al suelo. En este aspecto, enfoques que promuevan la sustentabilidad regional son una alternativa tecnológica adecuada para subsanar la problemática mencionada, ya que aparte de reducir los costos de producción, mejora el ambiente físico de producción a través de la aplicación de componentes tecnológicos que ayuden a conservar y mejorar los recursos naturales de una región. Una parte importante del estado de Guanajuato (80% del área agrícola) se cultiva bajo condiciones de temporal (Braojos *et al*, 2000). Para este tipo de unidades de producción no se han generado tecnologías que ayuden a mejorar su productividad, en la mayoría de los casos se adaptan tecnologías del estrato empresarial. En este contexto el pequeño productor continuamente se enfrenta a presiones sociales, económicas, y ambientales que pueden hacer que este tipo de productor se olvide de la agricultura y se dedique a otras actividades productivas. Es necesario que instituciones del sector agropecuario, aparte de buscar productividad, se enfoquen también en desarrollar el recurso humano para lograr rentabilidad y competitividad bajo un esquema sostenible de aprovechamiento de recursos

Materiales y métodos

El presente trabajo integra el esfuerzo de investigadores de INIFAP – Guanajuato, para implementar una estrategia de investigación participativa en la aplicación de componentes tecnológicos adecuados para agricultura de temporal, considerando los siguientes niveles de participación. 1) Diagnóstico sobre la situación actual de los recursos del productor 2) Diseñar un plan de mejora y restablecimiento de los recursos del productor 3) Estabilizar e incrementar la productividad por unidad de superficie. El trabajo se desarrollo con grupo de productores que

conforma la representatividad de los polos de desarrollo 4 y 8 del municipio de Apaseo el Grande, Guanajuato.

La forma de trabajo se guio a través de un modelo conceptual regional para la conservación de los recursos naturales. El modelo consta de tres partes, una conformada por la biodiversidad local, que al tener un mayor número de especies puede manejar policultivos como estrategia para contra restar el efecto nocivo de plagas y enfermedades, lo que se atribuye al equilibrio alcanzado en las diversas poblaciones vegetales y animales, y aun cuando estén presentes diversos organismos dañinos, no ocasionan problemas graves (Baumgärtener, 2005). La segunda parte del modelo se relaciona con el uso racional de los recursos naturales (suelo y agua). El suelo al ser bien manejado, produce un efecto positivo en el manejo sustentable del agua (MSA), al mejorar la capacidad de retención del agua por efecto de incrementar la materia orgánica presente en el suelo. (Aguilar 2005). La parte faltante del modelo, corresponde a la relación con organismos biológicos que interactúan con nuestros cultivos (plagas, hongos etc.), el cual considera el uso de medidas preventivas y manejo del ambiente en vez de medidas correctivas o curativas, de esta manera se deja actuar a los enemigos naturales (Pérez, 2000). La conjugación de estos tres elementos en una región conlleva a la realización de una agricultura sustentable, basada está en el aprovechamiento óptimo de la energía recibida y con el manejo racional de sus factores bióticos y abióticos se promueve el equilibrio y coexistencia entre los cultivos, organismos biológicos y el hombre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El modelo conceptual propuesto considera la productividad al mismo nivel de importancia que la conservación de los recursos naturales, la fase de estabilizar la producción considera el tiempo para que el sistema recupere sus propiedades físicas, químicas y el restablecimiento de sus condiciones nutrimentales, de tal forma que el incremento en rendimiento se da por consecuencia en la siguiente etapa, sin necesidad de recurrir a fuentes de energía externa (Aguirre et al, 2012). La sostenibilidad implica el uso racional de los recursos, buscando no sólo su aprovechamiento actual, sino que sigan disponibles a través de los años. Dada la situación actual, alcanzar la sostenibilidad implica un cambio radical en la forma en que trabajan los agricultores; sustituyendo los métodos convencionales por opciones que permitan a largo plazo recuperar equilibrio en los agroecosistemas. Con esta metodología de capacitación para mejorar la productividad, el productor visualiza las desviaciones e ineficiencias presentes en los diferentes procesos de la unidad de producción, y a través del conocimiento y entendimiento de conceptos, y principios, logre auto apropiarse de estos para mejorar la eficiencia de su trabajo, recursos y tiempo. El siguiente paso en el proceso de capacitación, es la transmisión de conocimientos a otros productores (transferencia de productor a productor).

El grupo de productores que conforma la representatividad de los polos de desarrollo 4 y 8 son alrededor de 300, de los cuales solo 40 – 50 productores asisten con mayor frecuencia a las reuniones de capacitación. No obstante, se observa que algunos de los cambios realizados por estos productores, están siendo aplicados por el resto de productores de las comunidades. Se realiza un efecto de multiplicativo de las acciones de mejora en suelo, semilla, almacenamiento y otros factores dentro de las unidades de producción. Algunos de estos cambio que los productores del grupo perciben, pero que aun no se cuantifican son los siguientes: 1.- Utilización de estiércoles en parcela 2.- Reducción de laboreo en el cultivo 3.- Utilización de forrajes en parcela (no quemar) 4.- Reducción de fertilizantes químicos y pesticidas 5.- Mejoraron el almacenamiento de granos y semillas 6.- Mejorar forma de seleccionar semilla 7.- Mayor rotación y uso de policultivos.

Las sesiones de capacitación se enfocan al entendimiento de componentes tecnológicos por los productores, posteriormente lo experimentan y aplican. Esto ayuda a estabilizar el sistema de

producción. La evaluación, validación y comprobación del efecto producido en sus cultivos depende del deseo y actitud de cambio de cada productor. En nuestro grupo se tienen productores que están aplicando los cinco componentes tecnológicos dentro de sus unidades de producción. Algunos otros se inclinan solo por dos o tres factores, y en su mayoría todos aplican al menos un componente básico para la conservación de sus granos y semillas (almacenamiento hermético). Nuestro avance es lento si se midiera en kilos, o rendimiento. Sin embargo, la finalidad es conformar un modo de producción sustentable que valore y utilice la biodiversidad regional, que aproveche y mejore la utilización de sus recursos naturales, y mejore las condiciones de vida de las familias rurales.

CONCLUSIONES

El enfoque sustentabilidad regional promueve la vinculación institucional con la finalidad de establecer un objetivo comun entre participantes para el mejoramiento de la producción y conservar los recursos naturales.

El enfoque sustentabilidad regional requiere cambio de actitud de dirigentes, tomadores de decisión, así como tambien de instituciones, investigadores, técnicos y productores.

Es importante promover la participación y organización de grupos de productores para que esten acorde con programas y proyectos que apoyen el sector agropecuario y forestal regional.

La sustentabilidad busca eficiencia en la producción de cultivos y conservación de recursos naturales. Se sugiere la aplicación de métodos educativos para cambiar formas de pensar y actuar de instituciones, técnicos y productores.

Se requiere activar la agricultura de temporal en nuestro país, ya que abarca el 80 % de las áreas de cultivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar G. R., M. De L García L., O. Aguilar H., R. Paredes., J. A. Quijano C., J. A. Aguirre G., F Díaz E. y A. Arévalo V. 2005. Efecto de prácticas conservacionistas sobre la humedad disponible en el suelo y producción de maíz de temporal en Guanajuato. P. 245-270 *In* Sánchez-Brito, C. *et al.* (ed.) Avances de investigación en agricultura sostenible III: Bases técnicas para la construcción de indicadores biofísicos de sostenibilidad. INIFAP-CENAPROS, Morelia, Michoacán México.

Aguirre G.J.A. y M. de Lourdes G.L. 2012. Sostenibilidad de los recursos naturales: Cambio de rumbo para la agricultura de temporal. Folleto Técnico # 17. INIFAP – CIRCE – CEBAJ. Celaya, Guanajuato. 46 p.

Baumgärtner, J. 2005. Biodiversity that mitigates pests in agroecosystems. International Center of Insect Physiology and Ecology (ICIPE). Addis

Abeba, Ethiopia. Disponible en: <http://www.unep.org/bpsp/Agrobiodiversity/Agrobiodiversity%20thematic/biodivmitpests.pdf>

Pérez M. P. 2000. Entomología Aplicada. Fundamentos teóricos del manejo integrado de plagas. ARACNET, 6 BOL. S.E.A., No. 27: 127 – 133. Disponible en línea en: <http://entomologia.Rediris.es/aracnet/6/entapl/index.htm>

Sección: Manejo Agronómico

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE SANDÍAS REGULARES (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. y Nakai) EN PRIMAVERA

José Grageda Grageda, Agustín Alberto Fu Castillo

Investigadores del INIFAP. Pascual Encinas Félix No. 72. Col. La Manga. 83220. Hermosillo, Sonora.
grageda.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cucurbitáceas, Fusarium, Rendimiento.

INTRODUCCIÓN

En la Costa de Hermosillo, Sonora, dentro del patrón de cultivos de hortalizas, la sandía (*Citrullus lanatus* L.) en todos sus tipos actuales (regulares, mini) en los últimos 3 años agrícolas ocupan anualmente alrededor de 6,900 hectáreas sembradas en los ciclos de primavera y verano y la superficie aunque no aumenta, se ha mantenido ya que las condiciones del área son aptas para presentar un buen potencial en producción y calidad (Sabari *et al.*, 2004; SIAP, 2021). Es la hortaliza más importante en esta región agrícola, pero una de las limitantes en la rentabilidad de este cultivo en la época de producción del ciclo de primavera, es que la cosecha se realiza en fechas tardías por las condiciones climáticas frías del área, provocando con esto bajos precios en su comercialización debido a la competencia de otras aéreas productoras. Es por esto que existe la necesidad de evaluar técnicas de producción, con las cuales se tenga una mayor precocidad y cantidad en la cosecha, mejorar la calidad y rendimiento, reducir en primavera el riesgo de enfermedades del suelo causadas por hongos del suelo del género *Fusarium*. El uso de acolchado en la producción de hortalizas como melón, sandía, tomate, pepino, pimiento, berenjena, fresa, calabacita, entre otros, ha permitido obtener uno o más ciclos vegetativos de cultivo con una misma película de plástico. Las cucurbitáceas son muy susceptibles a nematodos, fusarium y bacterias que para su control hay necesidad de aplicar al suelo grandes cantidades de insecticidas sean estos granulados o gases biocidas lo que eleva los costos y contaminan el ambiente (Cortez, 2012). Sin embargo, para hacer más eficiente el rendimiento de estos cultivos debe considerarse además del acolchado, el fertirriego y un adecuado programa de control de plagas y enfermedades (Lamont, 1996).

OBJETIVO

Evaluar el rendimiento y contenido de azúcar de diferentes variedades de sandía regular establecidas en primavera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo de primavera 2020 en el campo de un productor cooperante ubicado en la calle 12 sur km 11 en la Costa de Hermosillo, Sonora. Se evaluaron las variedades Tailgate™, Joy Ride™, Frontera™, Deliciosa™, Embassy™ y Summer Breeze™ (Testigo) todas a pie franco. El trasplante se llevó a cabo el día 3 de marzo de 2020, bajo sistema de riego por goteo en camas a 3 m, distancia entre plantas de 1 m, utilizando polinizadores (macho, variedad Micky Lee) a 3 m con una proporción de 3:1. Para el acolchado se usó plástico blanco/negro calibre 100. La parcela experimental fue de 40 m² con parcela útil de 16 m². Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones, la separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Tukey (5%). Para el análisis estadístico se utilizó el software versión 1.6 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 2015). Las variables evaluadas fueron rendimiento de fruto y concentración de sólidos solubles totales (S.S.T.) como contenido de azúcar en la cosecha, medida con un refractómetro portátil Kern®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis estadístico realizado detectó diferencia significativa entre variedades para la variable rendimiento acumulado de cinco cosechas realizadas. En el Cuadro 1 se muestra la información obtenida donde se observa que los mayores rendimientos se obtuvieron con los genotipos Joy Ride, Deliciosa y Tailgate. Algo muy importante es que al observar la distribución de los calibres en estas variedades sobresalen ligeramente Deliciosa y Tailgate con el 93 y 88% de calibres 36 y 45 respectivamente, que son los más deseables para el empaque de frutos de exportación. El peso por fruto de estos calibres oscila en el rango de 6.4 y 10.4 kg.

Cuadro 1. Rendimiento total obtenido y distribución de tamaños del fruto (calibres) al evaluar seis variedades de sandía regular en el ciclo de primavera.

| Tratamiento | Rendimiento (ton/ha) | Calibres (%) | | | | |
|---------------|-------------------------|--------------|----|----|----|----|
| | | 36 | 45 | 50 | 60 | 75 |
| Joy Ride | 107 a | 78 | 6 | 5 | 11 | 0 |
| Deliciosa | 101 ab | 80 | 13 | 3 | 0 | 4 |
| Tailgate | 96 ab | 75 | 13 | 9 | 3 | 0 |
| Embassy | 86 ab | 51 | 44 | 0 | 5 | 0 |
| Frontera | 74 ab | 61 | 29 | 7 | 3 | 0 |
| Summer Breeze | 61 b | 12 | 19 | 42 | 25 | 3 |

Tukey (0.05)= 43

En lo que respecta al contenido de azúcar (Cuadro 2), el análisis estadístico del promedio de todos los cortes no detectó diferencia significativa, sobresaliendo con mejor dulzor los genotipos Frontera y Deliciosa con 11.4 y 11.3 °Brix respectivamente.

Cuadro 2. Contenido de azúcar (sólidos solubles totales) medidos en grados brix entre variedades evaluadas de sandía de primavera.

| Tratamiento | Contenido de azúcar (°Brix) |
|---------------|--------------------------------|
| Frontera | 11.4 |
| Deliciosa | 11.3 |
| Summer Breeze | 10.7 |
| Embassy | 10.1 |
| Tailgate | 9.8 |
| Joy Ride | 9.7 |

CONCLUSIONES

Con las variedades Joy Ride y Deliciosa se registraron los mayores rendimientos. La segunda además presentó excelente contenido de azúcar.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A la Fundación Pro-Investigación Agrícola del Estado de Sonora, A.C., por el apoyo económico para la realización del estudio, así como a la Empresa CASTESA, S.A. por las facilidades de recursos humanos y materiales utilizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortez, A. M.J. 2012. Injertación de sandía, melón y pepino: Técnica para reducir daños de plagas y enfermedades del suelo. Escuela Nacional de Agricultura "Roberto Quiñonez". Ministerio de Agricultura y Ganadería. El Salvador. 49pp.
- Lamont, W. J. 1996. What are the components of a plasticulture vegetable production system?. HortTechnology. 6(3): 150-154.
- Olivares, S.E. 2015. Programas de análisis estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.6 de prueba. Monterrey, N.L.
- SIAP. 2021. Sistema de información agroalimentaria y pesquera. www.gob.mx/siap. Consulta: 01/07/2021
- Sabori P. R., Grageda G. J., Chávez C. M., Fu C. A. A. 2004. Guía para la producción de cucurbitáceas en la Costa de Hermosillo, Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH. Folleto técnico 16 (2da, edición). Hermosillo, Son. p 3-53.

Sección: Manejo Agronómico

EVALUACIÓN DE GENOTIPOS DE MINISANDÍAS (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. y Nakai) CON Y SIN PORTAINJERTO

José Grageda Grageda, Agustín Alberto Fu Castillo
Investigadores del INIFAP. Pascual Encinas Félix No. 72. Col. La Manga. 83220. Hermosillo, Sonora.
grageda.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cucurbitáceas, Variedades, Microtúnel.

INTRODUCCIÓN

En la Costa de Hermosillo, Sonora, dentro del patrón de cultivos de hortalizas, la sandía (*Citrullus lanatus* L.) en todos sus tipos actuales (regulares, mini) en los últimos 3 años agrícolas ocupan anualmente alrededor de 6,900 hectáreas sembradas en los ciclos de primavera y verano y la superficie aunque no aumenta, se ha mantenido ya que las condiciones del área son aptas para presentar un buen potencial en producción y calidad (Sabori *et al.*, 2004; SIAP, 2021). La economía mundial y aspectos sociales han afectado las preferencias de los consumidores en los últimos años, ya que las familias son más pequeñas, lo que resulta en una reducción de los consumidores de sandía por hogar. Como consecuencia, el consumidor demanda frutos de menor tamaño, y los productores se enfocan cada vez más en variedades más pequeñas, tales como las mini. Una de las limitantes en la rentabilidad de este cultivo en primavera, es que la cosecha se realiza en fechas tardías por las condiciones climáticas frías de inicios del ciclo en esta área, provocando con esto bajos precios en su comercialización debido a la competencia de otras áreas productoras. Es por esto que existe la necesidad de evaluar técnicas de producción, con las cuales se tenga una mayor precocidad y cantidad en la cosecha, mejorar la calidad y rendimiento, reducir en primavera el riesgo de enfermedades del suelo causadas por hongos del suelo del género *Fusarium*, lo que justifica el uso de acolchado del suelo, microtúneles, portainjertos y el uso riego por goteo. Al producir bajo condiciones de microtúneles se proporciona calor a la planta y se reduce el riesgo por heladas tardías (Rodríguez e Ibarra, 1991). La técnica del acolchado integrado a los microtúneles favorecen el mejoramiento de la producción (Faz, 2002) y adicionalmente colaboran a la precocidad de la cosecha.

OBJETIVO

Evaluar dos variedades de minisandías con y sin portainjerto, establecidas en su etapa inicial con microtúneles de agribón (cubierta de polipropileno) y acolchado plástico integrado con riego por goteo, sobre la producción y contenido de azúcar en el ciclo de primavera.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo de primavera 2019 en el Campo Experimental de la Fundación Pro-Investigación Agrícola del Estado de Sonora, A.C., ubicado en la calle 12 sur km 10 en la Costa de Hermosillo, Sonora. Se evaluaron las variedades Mielheart™ y Cheetah™ con y sin portainjerto, contra el testigo comercial Ocelot™ con injerto. El trasplante se llevó a cabo el día 6 de febrero de 2019, bajo sistema de riego por goteo, a hilera sencilla con distancia entre planta de 40 cm y cuatro metros entre camas. Para el acolchado se usó plástico negro/blanco calibre 100 de 1.20 m de ancho, con la superficie negra hacia arriba. El microtúnel se colocó después del trasplante con tela agrícola marca Agribon® de 1.8 metros de ancho, colocada sobre estructuras de aros de alambre. Con esto se formó un microtúnel con dimensiones de 70 cm de ancho y 45 cm de altura. El portainjerto usado fue la línea de calabaza RS-841 de la compañía Seminis®. El cultivo se conservó bajo microtúnel durante 60 días y se destapó el 18 de marzo. La parcela experimental fue de 40 m² con parcela útil de 16 m². Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones. Para el análisis estadístico se utilizó el software versión 1.6 de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 2015). Las variables evaluadas fueron rendimiento de fruto (cajas de 18.2 kg) y la concentración de sólidos solubles totales como contenido de azúcar en la cosecha, medida con un refractómetro portátil Kern®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis estadístico realizado, no se detectó diferencia significativa entre variedades para las variables rendimiento y contenido de sólidos solubles totales. En el Cuadro 1 se muestra la información obtenida en cuanto a rendimiento total, así como la distribución por calibres donde se observa una buena tendencia a que las mejores producciones se lograron con el genotipo Ocelot con injerto (testigo), pero algo muy importante es que al observar la distribución de los tamaños en esta variedad la gran mayoría son frutos 9's y 12's, es decir frutos grandes que son los más atractivos para el mercado de exportación.

Cuadro 1. Rendimiento total obtenido y distribución de calibres en mini-sandías con y sin portainjerto.

| Tratamiento | Rendimiento (cajas/ha) | Calibres (%) | | | | |
|---------------|------------------------|--------------|----|----|----|----|
| | | 6 | 9 | 12 | 15 | 18 |
| Ocelot (I) | 7,188 | 6 | 34 | 34 | 19 | 7 |
| Cheetah (F) | 6,919 | 15 | 39 | 31 | 12 | 3 |
| Mielheart (I) | 6,599 | 15 | 46 | 23 | 8 | 8 |
| Cheetah (I) | 5,670 | 16 | 43 | 23 | 12 | 7 |
| Mielheart (F) | 4,745 | 14 | 42 | 20 | 16 | 7 |

I= Con portainjerto F= Pie franco

Aunque no hubo diferencia estadística significativa de la variable contenido de azúcar, se observó también una leve tendencia con mayor dulzor con el testigo Ocelot con portainjerto (Cuadro 2).

Cuadro 2. Contenido de azúcar promedio del período de cosecha por las variedades de mini-sandía evaluadas.

| Tratamiento | Sólidos solubles totales (°Brix) |
|---------------|----------------------------------|
| Ocelot (I) | 10.6 |
| Mielheart (F) | 10.6 |
| Cheetah (F) | 10.4 |
| Cheetah (I) | 10.3 |
| Mielheart (I) | 9.7 |

CONCLUSIONES

El testigo Ocelot con uso de portainjerto registró los mayores rendimientos y mejor contenido de azúcar.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A la Fundación Pro-Investigación Agrícola del Estado de Sonora, A.C., el apoyo económico para la realización del estudio, así como a la Empresa CASTESA, S.A. por las facilidades de recursos humanos y materiales utilizados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Faz C. R. 2002. Manejo de riego en el cultivo de melón. In: El melón: Tecnología de producción y comercialización. SAGARPA. INIFAP. CIRNOC.CELALA. Matamoros, Coahuila, México. pp. 87-90.

Rodríguez P. A., Ibarra J. L. 1991. Semiforzado de cultivos mediante el uso de plásticos. Editorial Limusa. México D.F. pp.15-22.

Olivares, S.E. 2015. Programas de análisis estadístico de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Versión 1.6 de prueba. Monterrey, N.L.

Sabori P. R., Grageda G. J., Chávez C. M., Fu C. A. A. 2004. Guía para la producción de cucurbitáceas en la Costa de Hermosillo, Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH. Folleto técnico 16 (2da, edición) Hermosillo, Son. p 3-53.

SIAP. 2021. Sistema de información agroalimentaria y pesquera. www.gob.mx/siap. Consulta: 01/07/2021

Sección: Manejo Agronómico

EL CONSUMO DE FRIJOL OBTENIDO BAJO RESTRICCIÓN HÍDRICA DISMINUYE EL PESO CORPORAL DE RATAS ALIMENTADAS CON DIETA ALTA EN GRASA

Mayra Denise Herrera^{1*}, Gabriela Citlalli Salas Lumbreras¹, Luis Roberto Reveles Torres¹, Miguel Servín Palestina¹, Claudia Araceli Reyes Estrada², Juan Luis Santos de la Cruz³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, 98500, México.

²Unidad Académica de Ciencias Químicas, Universidad Autónoma de Zacatecas, Campus Siglo XX1, Villanueva-Zacatecas, La Escondida, Zacatecas, Zacatecas, 98160, México.

³Unidad Académica de Agronomía – Universidad Autónoma de Zacatecas, Cieneguillas, Zacatecas, México.

[*herrera.mayra@inifap.gob.mx](mailto:herrera.mayra@inifap.gob.mx)

Palabras clave: Frijol, restricción hídrica, antiobesogénico.

INTRODUCCIÓN

El frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es la leguminosa que mayormente se consume en el mundo, y es la más importante en cuanto a producción para el consumo directo en la dieta humana. Las propiedades funcionales de un alimento están relacionadas con su concentración de compuestos fitoquímicos. En este sentido, en el frijol se ha reportado un alto contenido de almidón resistente, fibra dietaria, oligosacáridos, y metabolitos secundarios incluyendo saponinas y compuestos fenólicos. Lo anterior sugiere que incluir frijoles en una dieta formulada, es efectivo para ayudar al manejo del peso y atenuar la respuesta glicémica (Bahadoran & Mirmiran, 2015). Por otro lado, se ha demostrado que los factores bióticos y abióticos tienen un efecto importante en la concentración final de fitoquímicos en el grano de frijol. Uno de los fenómenos más estudiados es el estrés por sequía. En 2019, Herrera et al., reportaron un incremento en la concentración de ácidos fenólicos, flavonoides, oligosacáridos, saponinas y fitoesteroles en grano de frijol cv Pinto Durango debido al estrés por un déficit hídrico presentado durante el ciclo completo de crecimiento de la planta de frijol, y durante la fase reproductiva. Adicionalmente estos autores estudiaron el efecto antiobesogénico de distintas variedades de frijol de diferentes clases comerciales (Flor de Junio Dalia y León, Flor de Mayo Eugenia, Azufrasin y Negro Comapa). Los resultados de este estudio revelaron que Flor de Junio Dalia fue más eficiente en el control de la obesidad en ratas Wistar alimentadas con una dieta alta en fructosa y grasa tratadas con un 20% de frijol cocido en su dieta (datos no publicados). Al observar el elevado potencial antiobesogénico encontrado en la variedad Flor de Junio Dalia, y el efecto de la sequía sobre la concentración de fitoquímicos nutraceuticos en el cultivo de frijol, surge como objetivo del presente estudio evaluar el potencial antiobesogénico del frijol Flor de Junio cv Dalia, después de obtener el grano de plantas cultivadas bajo diferentes condiciones de humedad, incluyendo el déficit hídrico durante las diferentes fases de desarrollo de la planta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material de frijol y preparación de harina de frijol. El grano de frijol Flor de Junio Dalia utilizado en este estudio se obtuvo de la cosecha 2016 del Campo Experimental Zacatecas del INIFAP. Plantas de frijol de esta variedad se establecieron en invernadero para protegerlas de la precipitación pluvial bajo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Estas plantas fueron sometidas a diferentes condiciones de humedad: 50/50, 50/100, 100/100 y 100/50 de humedad en la fase reproductiva/vegetativa.

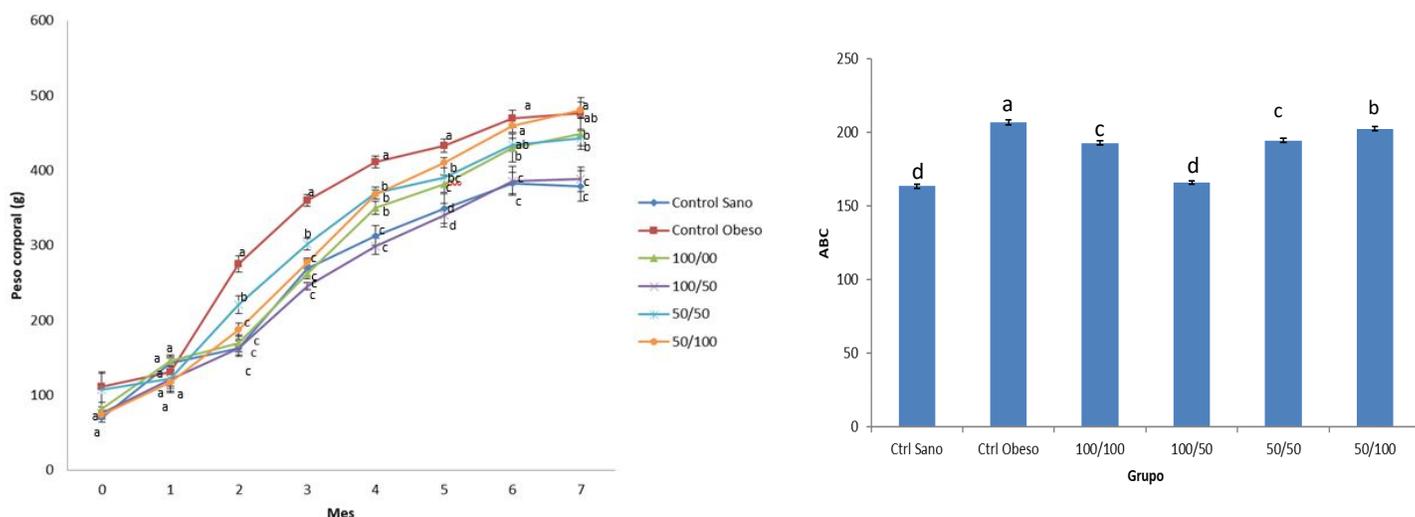
Al llegar a madurez fisiológica, las plantas se cultivaron manualmente eliminando las plantas de los extremos de los surcos experimentales (1 m). Estas muestras se secaron de manera natural dentro del invernadero y se trillaron para la obtención del grano de frijol. Para la preparación de las muestras, el grano de frijol se coció en agua potable en una relación de 1:5 (p/v), posteriormente se distribuyó cada muestra en vasos de plástico con el agua de cocción y se almacenaron a -70°C antes de su deshidratación. A continuación, se realizó la deshidratación de las muestras de frijol cocido en una liofilizadora Labconco™ FreeZone Plus™ para la completa eliminación del agua contenida; posteriormente, las muestras de frijol fueron molidas con un molino para café marca KRUPS y se almacenaron en bolsas de polietileno con cierre hasta su uso.

Inclusión de las harinas de frijol a la dieta. Por 3 meses se suministró dieta estándar al grupo de animales que comprenderían el control negativo, y dieta alta en grasa a los animales que estaban bajo la inducción de obesidad (dieta estándar adicionada con 32% de grasa animal). Posteriormente, los animales se separaron por grupos de acuerdo a su peso corporal, la población de animales experimentales fue de 60 ratas con $n=10$ (Tabla 2); los grupos de animales alimentados con dieta alta en grasa, adicionada con harina de frijol cocido se prepararon mezclando con 20 % de harina de frijol.

Registro de ganancia de peso corporal y análisis estadístico. La ganancia de peso corporal se realizó semanalmente con el uso de una báscula comercial Torrey. Al final de un periodo de 7 meses, se realizó el análisis estadístico. Los resultados obtenidos fueron expresados como la media \pm el error estándar (EE). La evaluación estadística de los datos se determinó mediante el análisis de varianza (ANOVA) a un nivel de confianza de 95%. Se realizó el análisis de comparación de medias aplicando la prueba de Tukey. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa estadístico JMP versión 5.0.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Gráfica 1 se muestra la ganancia de peso corporal de los animales experimentales, no se observó diferencia significativa entre los grupos de tratamiento y los controles sano y obeso al inicio del experimento. A través del tiempo se observó un incremento estadísticamente significativo ($p<0.05$) al comparar al grupo control obeso con el control sano y los grupos de tratamiento. En el mes dos se registró un incremento del 92% en el control obeso en comparación con el control sano, mientras que un incremento del 25% del control obeso para control sano se registró al final. Los animales correspondientes a los grupos de tratamiento fueron alimentados con una dieta alta en grasa al igual que el grupo control, sin embargo, a partir del cuarto mes, la dieta fue adicionada con 20% de frijol cocido, y un incremento del 13, 15 y 20% se registró para los tratamientos 100/100, 50/50 y 50/100 respectivamente en comparación con el control sano, mientras que no se encontró diferencia significativa entre este control y el grupo de tratamiento 100/50. Esta tendencia permaneció hasta el sacrificio, es decir, el grupo 100/50 fue similar al grupo control en cuanto a la ganancia de peso corporal. Al comparar los grupos de tratamiento con el control obeso, se observó que el consumo de frijol permitió una reducción en la ganancia de peso; en el mes cinco las disminuciones más importantes se registraron a partir de los animales que consumieron el frijol de los tratamientos 100/100, con un 10% de reducción, y 100/50 con el 21%.



Gráfica 1. Peso corporal de ratas obesas tratadas con frijol (izquierda). Área bajo la curva de la ganancia de peso corporal. Los datos se expresan como la media \pm el EE. Letras diferentes entre mes indican diferencia significativa ($p < 0.05$) con la prueba de Tukey.

Al final del experimento se observó que, al comparar entre tratamientos, el grupo 100/50 presentó la menor ganancia de peso (similar al control sano), seguido del grupo 50/50 con un incremento del 14% en comparación al 100/50, mientras que los grupos 50/100 y 100/100 tuvieron una ganancia de peso del 23% y 15%, respectivamente en comparación con el mismo grupo de tratamiento. Según la gráfica del área bajo la curva de la ganancia de peso corporal (Gráfica 1), como era de esperarse, el control obeso se registró como el grupo con el mayor valor, seguido del grupo 50/100 con una ligera disminución del 5.8%. Fue interesante observar que los animales alimentados con la dieta alta en grasa adicionada con frijol 50/50 y 100/100 no fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$), cabe mencionar que ambos materiales de frijol fueron obtenidos de condiciones contrastantes en cuanto a la suplementación de agua durante el crecimiento de la planta. Finalmente, el grupo de tratamiento 100/50 fue similar en el ABC observado para el control sano. El consumo de una dieta hipercalórica juega un factor importante en el inicio y desarrollo de la obesidad. La modificación de los hábitos en la dieta hacia la incorporación de alimentos de baja densidad calórica mejora significativamente las enfermedades crónico-degenerativas como la obesidad, y los estragos causados por la misma (Suárez-Martínez et al., 2016), e incluye un incremento en el consumo de componentes bioactivos. Los componentes bioactivos del frijol previamente asociados a un beneficio antiobesogénico han sido los ácidos fenólicos, flavonoides, saponinas, soysaponinas (en especial la I), fitoesteroles como los β -sitoesterol y β -campesterol, ya que, al fermentarse estos compuestos en el colon, los productos fermentados reducen la lipogénesis hepática e incrementan la β -oxidación, lo cual se ha relacionado con la pérdida de peso y disminución del tejido adiposo (Nya, 2014). Esto concuerda con lo reportado en este estudio de investigación, ya que se observó que la incorporación de frijol cocido en la dieta alta en grasa de ratas Wistar mejoró el peso corporal, y esto se puede atribuir a la concentración de fitoquímicos de frijol Flor de Junio Dalia, como polifenoles (ácidos hidroxibenzóicos e hidroxicinámicos y flavonoides), saponinas y oligosacáridos (Herrera, 2021; INIFAP-Zacatecas, datos no publicados). Adicionalmente, Mendoza-Sánchez et al., 2019 realizó un estudio en el que alimentaron ratas Wistar ($n=8$) con una dieta alta en fructosa adicionada con 10% de germinados de frijol Flor de Junio Dalia. Previo al estudio en animales, este material de frijol fue elicitado químicamente con quitosano, ácido salicílico y peróxido de hidrógeno en un período de 12 semanas para incrementar la concentración de fitoquímicos bioactivos. Después del tratamiento con los germinados incorporados a la dieta de ratas Wistar, todos los grupos de tratamiento mostraron una disminución en el peso corporal y el peso relativo del tejido adiposo (15 % aproximadamente) en comparación con el grupo alimentado con la dieta estándar + fructosa, mientras que el peso corporal y de tejido adiposo fue similar al del grupo control.

CONCLUSIONES

El frijol Flor de Junio Dalia obtenido de planta sometidas a déficit hídrico induce cambios en el potencial de sus propiedades antiobesogénicas, especialmente cuando el déficit tuvo lugar durante la etapa reproductiva (100/50)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bahadoran, Z., & Mirmiran, P. (2015). Potential properties of legumes as important functional foods for management of type 2 diabetes: A short review *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 4(2-1), 6-9.

Nyau, V. (2014). Nutraceutical perspectives and utilization of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.): A Review. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 14(7), 9483-9496.

Mendoza-Sánchez, M., Pérez-Ramírez, I. F., Wall-Medrano, A., Martínez-Gonzalez, A. I., Gallegos-Corona, M. A., & Reynoso-Camacho, R. (2019). Chemically induced common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) sprouts ameliorate dyslipidemia by lipid intestinal absorption inhibition. *Journal of functional foods*, 52, 54-62.

Suárez-Martínez, S. E., Ferriz-Martínez, R. A., Campos-Vega, R., Elton-Puente, J. E., de la Torre Carbot, K., & García-Gasca, T. (2016). Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. *CyTA-Journal of Food*, 14(1), 131-137.

Sección: Manejo agronómico.

Determinación del sustrato óptimo para *Heliconia latispatha* en fase de vivero

Simitrio Ortiz Curiel¹, Leobardo Iracheta Donjuan¹ y Carlos Hugo Avendaño Arrazate¹

¹ Campo Experimental Rosario Izapa- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y pecuarias.

ortiz.simitrio@inifap.gob.mx

Palabras clave: porosidad, aireación, sustrato.

INTRODUCCIÓN

El género *Heliconia* incluye especies con alto potencial ornamental, del cual, diversas especies y variedades se cultivan a escala comercial en el Soconusco, Chiapas. Las heliconias generalmente se cultivan bajo sistemas agroforestales y se propagan por rizomas, por ello, se desconocen aspectos agronómicos en su fase de vivero. Por otra parte, en el mejoramiento genético se obtienen plántulas derivadas de semilla por lo que es necesario generar conocimientos en la fase de vivero. Cabe mencionar que la calidad de las plantas depende del adecuado manejo de sustratos y condiciones de nutrición.

Los sustratos son materiales de origen orgánico o inorgánico, natural o sintético, activo o inactivo, que de forma pura o mezclada tienen como función anclar a las plantas a través de sus raíces. Por lo anterior, un sustrato puede o no aportar nutrientes de sus componentes, así, los materiales inactivos o inertes no aportan nutrientes y solo funcionan como reservorios en la porosidad externa y entre partículas (Burés, 1995). En este sentido, materiales inorgánicos como la arena que presentan alta densidad se usan para darle estabilidad a los contenedores, mientras que la agrolita se utiliza para darle volumen y aireación (Nuez, 2001). Por otro lado, los sustratos de origen orgánico, como la turba o peat moss, actúan como reservas de los nutrientes aportados mediante la fertilización, y además de ceder elementos de sus componentes, también liberan lentamente lo que almacenan en sus poros internos y externos (Pastor, 1999).

En los viveros de la zona cafetalera y cacaotera del soconusco, los principales insumos como sustratos son la tierra franco-arenosa mezclada con residuos de café o cacao. Estos materiales generan economías de escala, sin embargo, sus características físicas y químicas no siempre cumplen con las exigencias de la planta (Domínguez y Donayre, 2008). Por ello, es necesario que en cada cultivo se generen sus respectivos sustratos. Con la finalidad de obtener un sustrato idóneo para el crecimiento de plántulas de heliconia provenientes de la aclimatación, es necesario evaluar sustratos comerciales como la turba, agrolita y el tezontle, los cuales son materiales básicos de los viveros. Por lo anterior, el objetivo fue encontrar el sustrato óptimo que brinde el mejor crecimiento y desarrollo en plantas postaclimatadas de *Heliconia latispatha*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en condiciones de invernadero en el Campo Experimental Rosario Izapa del INIFAP. Se utilizaron plantas de *Heliconia latispatha* entre 10 y 12 cm de altura, con tres meses de edad. Se utilizaron las siguientes siete mezclas de sustratos (siete tratamientos): T1) 30 % agrolita-70 % tierra, T2) 50 % agrolita-50 % tierra, T3) 50 % agrolita-50 % peat moss, T4) 50 % tierra-50 % composta de cáscara de cacao, T5) 30 % agrolita - 40 % tierra - 30 % Tezontle, T6) 40 % tierra-30 % composta-30 % tezontle y T7) 100 % tierra franca (Testigo). Las plantas se clasificaron por altura y dividieron en siete grupos a los cuales se les asignó un tratamiento. Se registró la altura y el diámetro inicial que se utilizó como covariable. Las plantas se regaron cada tres o cuatro días a capacidad de campo. Se evaluaron cada cuatro semanas y los valores se analizaron mediante covarianza y prueba de medias mediante Tukey ($\alpha = 5\%$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas crecieron de manera favorable en todos los sustratos en las primeras cuatro semanas de evaluación. A las ocho semanas se apreciaron diferencias estadísticas significativas. En la variable altura, los tratamientos, 2, 4 y 3 fueron estadísticamente iguales pero superiores al resto de tratamientos. En las variables peso de tallo, raíz y volumen de raíz los mismos tres tratamientos fueron estadísticamente iguales, en contraste, el tratamiento 40 % tierra-30 % composta-30 % tezontle fue el único estadísticamente inferior al resto de tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Respuesta de plántulas de *Heliconia latispatha* a sustratos después de ocho semanas de evaluación.

| Trata- miento | Mezcla (%) | Altura (cm) | Peso de Tallo (g) | Peso de raíz (g) | Volumen de raíz (Cc) |
|------------------|--------------------------------|----------------|----------------------|---------------------|-------------------------|
| 2 | 50agrolita-50tierra | 39.6 a | 47.5 a | 11.34 a | 11.7 ab |
| 4 | 50tierra-50composta | 34.71 ab | 42.5 ab | 11.02 a | 12.39 a |
| 3 | 50agrolita-50peat | 36.6 ab | 41.16 ab | 6.96 ab | 7.79 ab |
| 1 | 30agrolita-70tierra | 32.99 c | 35.86 ab | 10.86 a | 11.95 ab |
| 5 | 30agrolita-40tierra-30tezontle | 32.05 c | 36 ab | 6.88 ab | 7.65 b |
| 7 | 100tierra | 31.29 c | 38.8 ab | 8.84 ab | 9.87 ab |
| 6 | 40tierra-30composta-30tezontle | 31.36 c | 29.6 b | 6.37 b | 7.56 b |

Medias con letras iguales no son diferentes estadísticamente con Tukey ($\alpha = 5\%$).

La presencia de agrolita en la mezcla fue determinante en el efecto de la altura de la planta y de los parámetros que determinan su calidad. Fuller *et al.* (1999) mencionaron que la altura de la planta es un indicador del crecimiento por efecto del aumento de tamaño de una célula, un tejido o un órgano y que este factor suele ir acompañado del aumento de la cantidad de protoplasma, incrementando así el peso fresco y peso seco. Las condiciones de aireación y retención de humedad son los factores en los que de manera importante influye la agrolita, ya que provee de humedad moderada y aireación (Díaz, 2004), lo cual modificó favorablemente la mezcla con tierra o con peat moss.

Resalta también el tratamiento de 50 % tierra-50 % composta, que aunque en las primeras semanas de evaluación el efecto en el crecimiento de las plantas fue lenta, a las ocho semanas las plantas estadísticamente respondieron de manera similar a los dos tratamientos con 50 % agrolita. La porosidad que proporcionó la composta al sustrato, debido a que la composta de cacao lo integran fragmentos de residuos de la cáscara, además del aporte de nutrientes conforme a los requerimientos nutrimentales de la planta, fueron las características que favorecieron el buen crecimiento y desarrollo. Ansorena (1994) mencionó que los materiales orgánicos retienen iones, lo que evita el lavado de los nutrientes y con ello los cambios rápidos de la salinidad. Este sustrato liberó por mayor tiempo los nutrientes durante las ocho semanas y posterior a este tiempo lo cual se expresó en el color verde oscuro y vigor de las plantas.

CONCLUSIONES

El sustrato compuesto 50 % agrolita-50 % tierra fue el mejor por el tamaño y vigor de la planta en el periodo de evaluación del experimento. Sin embargo, por la disponibilidad de los insumos en la región, el sustrato con 50 % tierra-50 % composta es el idóneo.

FUENTE FINANCIADORA

Este experimento se realizó con recursos fiscales financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Domínguez T. G. y Donayre G. M de la L. (2008) Aclimatación de *Uncaria tomentosa* (Willd) DC producida in vitro, *Ecología Aplicada*. 5: 67-74.
2. Ruano M. J.R. 2008. *Viveros forestales* 2ª edición, Editorial Mundiprensa, Madrid España. pp 583
3. Nuez F. (2001), *El cultivo del tomate, propiedades físicas de distintos tipos de perlitas comerciales, con diferente granulometría*. Ed Mundiprensa, España. pp. 156-159
4. Pastor S.J.N. (1999). *Utilización de sustratos en vivero*. Terra. Volumen 17: 231-235.
5. Díaz S. F. R. (2004) *Selección de sustratos para la producción de hortalizas en invernadero: in memoriam del IV Simposio nacional de horticultura: Invernaderos, diseño manejo y producción*, Torreón Coahuila, México, Octubre 13- 15 de 2004, pp. 44-53.
6. Ansorena, M.J. (1994). *Sustratos, propiedades y características*. Ed. Mundiprensa España.
7. Burés S. (1995), *Porosidad en sustratos*, *Revista mensual Horticultura global* No., 103 Ed. Ediciones de horticultura S.L. España. pp. 29-31

Sección: Manejo agronómico.

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE TUNA BAJO DIFERENTES CONDICIONES DE RIEGO Y ALMACENAMIENTO POSCOSECHA

Raquel K. Cruz Bravo^{1*}, Jorge Zegbe Domínguez¹, Valentín Melero Meraz¹.

¹INIFAP Zacatecas, Carretera Zacatecas- Fresnillo Km. 20.5. Calera de V.R., Zacatecas. C.P. 98500

*cruz.raquel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Opuntia* spp., riego suplementario, almacenamiento poscosecha.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los centros de origen y dispersión del fruto del género *Opuntia* (familia *Cactaceae*), que por su gran diversidad de especies y cultivares es uno de los recursos vegetales más importantes para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas. En el Altiplano del territorio nacional se encuentran las principales áreas productoras de tuna, particularmente en los estados de Zacatecas, México, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla bajo condiciones silvestres y de cultivo (Flores *et al.*, 1995). Por su composición química, la tuna es considerada un fruto de alta calidad nutricional y por su contenido de fibra y polifenoles, se le considera un alimento funcional. Además de estas propiedades, también se le conoce por su uso medicinal, químico, industrial, ecológico, entre otros (Amaya-Robles, 2009). A nivel nacional, Zacatecas es el principal productor del nopal tunero; sin embargo, el consumo de la tuna está limitado a su estacionalidad, calidad y corta vida de anaquel y poco conocimiento en el manejo poscosecha. Con base en lo anterior, en este estudio se planteó el objetivo de observar la influencia del riego suplementario y condiciones de almacenamiento poscosecha para la tuna variedad Roja Lisa sobre parámetros fisicoquímicos que indican la calidad del fruto.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los frutos de tuna Roja Lisa fueron manejados agrónomicamente durante el año 2020 por el laboratorio de Fisiología Poscosecha del INIFAP Zacatecas de la siguiente manera: se usó dos tratamientos de riego: sin riego o temporal como testigo y riego suplementario. El riego se aplicó según el criterio del productor, sin embargo, la cantidad de agua aplicada se estimó con las tres cuartas partes del área de la planta, aforo de sistema de riego y el tiempo empleado en el riego. Una vez que las tunas llegaron al punto de maduración adecuada, se cosecharon seis frutos por cada una de las cuatro repeticiones para cada condición hídrica utilizada durante el manejo agronómico y de almacenamiento manejada en este estudio, los cuales fueron: temperatura ambiente (24 ± 1 °C y 37 ± 8 % de humedad relativa por 35 días) y cámara fría (refrigeración) (10 °C y 95 % de humedad relativa) durante 112 días. Se realizó la remoción de las espinas, cáscara y, posteriormente, se licuó la pulpa para separar las semillas y obtener el jugo de tuna, el cual fue envasado en viales estériles protegidos de la luz a -80 °C hasta su análisis. Posteriormente, para la caracterización del extracto se realizaron los siguientes análisis: humedad, cenizas y sólidos solubles (°Brix) de acuerdo a los métodos descritos en el AOAC (2005). Para cuantificar la glucosa, el jugo fue homogenizado con agua en una relación 1:5 (g de pulpa: mL agua) por 30 s mientras que el tejido vegetal residual fue removido por centrifugación a $15\ 000$ xg por 10 min. El sobrenadante recuperado se analizó con el kit GOD-PAP (Randox) para determinación del contenido de glucosa. Los resultados se analizaron por comparación de medias e interacciones con el paquete estadístico JMP v.10.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar la influencia de las condiciones hídricas de cultivo (temporal y riego suplementario), se analizaron algunos aspectos fisicoquímicos en los extractos de la pulpa de tuna Roja Lisa (cuadro 1 y 2). En general, las tunas presentan una alta cantidad de sólidos solubles totales, aunque dentro de lo reportado para diversas variedades de tunas mexicanas (Aparicio *et al.*, 2017); asimismo, se puede observar que hay una mayor concentración de sólidos en los frutos recién cosechados, seguidos por los almacenados a temperatura ambiente y en refrigeración (cuadro 1). Estos datos muestran relación con el contenido de glucosa, donde se pudo observar la misma tendencia (cuadro 1). Esto puede implicar un deterioro natural

de los frutos en el tiempo de almacenamiento debido al metabolismo catalítico poscosecha, independientemente de la temperatura aplicada. Este comportamiento fue también observado por Kirigia *et al.*, (2018), después de 8 días de almacenamiento de garbanzos a temperatura ambiente y en refrigeración. Por otra parte, el porcentaje de humedad y cenizas (estas últimas relacionadas con el contenido de minerales) que se observó está significativamente por debajo de lo reportado anteriormente para diferentes variedades de tunas (Aparicio *et al.*, 2017), independientemente del tiempo y condición de almacenamiento. Sin embargo, esto puede ser beneficioso para la mayor conservación de los frutos.

Cuadro 1. Efecto de la condición de almacenamiento en las características fisicoquímicas de tuna Roja Lisa.

| Tratamiento | Sólidos totales (°Brix) | Glucosa (mg/dl) | Humedad (%) | Cenizas (%) |
|----------------------|----------------------------|-----------------|---------------|----------------|
| Recién cosechadas | 14.44 ± 0.09a | 77.61 ± 1.62a | 15.17 ± 0.13a | 0.22 ± 0.004a |
| Temperatura ambiente | 13.82 ± 0.23c | 68.94 ± 0.88b | 13.34 ± 0.21c | 0.21 ± 0.006ab |
| Refrigeración | 13.47 ± 0.09b | 69.2 ± 0.46b | 14.55 ± 0.10b | 0.20 ± 0.005b |

Los resultados se presentan como la media ± el error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre tratamientos, prueba de Tukey, $\alpha = 0.05$.

A continuación, se presenta la influencia de las condiciones hídricas del cultivo (temporal y riego suplementario) sobre algunas características fisicoquímicas de tunas de la variedad Roja Lisa (cuadro 2). Se puede observar que los sólidos solubles totales se presentaron en mayor concentración en las tunas cultivadas en temporal, misma tendencia que se observa en para el contenido de glucosa (cuadro 2), lo que se traduce en frutos más dulces. Por otra parte, el porcentaje de humedad y de cenizas no se vio afectado por las condiciones hídricas de cultivo utilizadas.

Cuadro 2. Efecto del riego en las características fisicoquímicas de las tunas.

| Tratamiento | Sólidos totales (°Brix) | Glucosa (mg/dl) | Humedad (%) | Cenizas (%) |
|-------------|----------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Temporal | 13.74 ± 0.14a | 72.88 ± 1.3a | 14.62 ± 0.14a | 0.21 ± 0.004a |
| Riego | 13.12 ± 0.24b | 70.96 ± 1.1b | 14.08 ± 0.23a | 0.20 ± 0.004a |

Los resultados se presentan como la media ± el error estándar. Letras diferentes por columna indican diferencia significativa entre tratamientos, prueba *t* de Student, $\alpha = 0.05$.

CONCLUSIONES

Con base en los resultados, se puede mencionar que, particularmente en este experimento, el riego suplementario del cultivo permitió obtener tunas más dulces y con menor contenido humedad y cenizas, lo cual puede influir no solamente en una mayor vida de anaquel, sino en aplicaciones tecnológicas para dar valor agregado, como licores, dulces, mermeladas, entre otros. Por otra parte, el almacenamiento en refrigeración permitió controlar mejor la pérdida de humedad, sin afectar el dulzor, lo cual es conveniente para la conservación de los frutos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados se derivaron del proyecto de investigación "IDENTIFICACIÓN DE METABOLITOS CON VALOR AGREGADO EN TUNA BAJO LA INFLUENCIA DE RIEGO, ALMACENAMIENTO Y CAMBIO CLIMÁTICO" financiado con recursos INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Flores, V. C. A. y Gallegos, V. C. 1995. La producción de tuna en México. Tesis de Maestría. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. P. 174-178.

2. Amaya-Robles JE. El cultivo de tuna (*Opuntia ficus-indica*). 2009. Gerencia Regional Agraria La Libertad; p. 35.
3. [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2002. Official methods of analysis. 17th ed. Arlington, Va.: AOAC.
4. Aparicio-Fernández, X., Loza-Cornejo, S., Torres-Bernal, M.G., Torres-Bernal, N.J., Arreola-Nava, H.J. 2017. Características físicoquímicas de frutos de variedades silvestres de *Opuntia* de dos regiones semiáridas de Jalisco, México. *Polibotánica*. 43, 1-26.
5. Kirigia, D., Winkelmann, T., Kasili, R., Mibus, H. Development stage, storage temperature and storage duration influence phytonutrient content in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.). *Heliyon*. 2018, 4 (6).

Sección: manejo agronómico, modalidad cartel.

ACUMULACIÓN DE PROLINA EN CLADODIOS PRODUCTIVOS DE NOPAL TUNERO SOMETIDO A RIEGO SUPLEMENTARIO

Jorge A. Zegbe-Domínguez*, Valentín Melero-Meraz, María Guadalupe Campos-Fajardo

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, 98500, México.

*zegbe.jorge@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Opuntia ficus-indica*, Clorénquima, Parénquima, Aminoácidos, Contenido relativo de agua.

INTRODUCCIÓN

Obligadamente, el nopal (*Opuntia* spp.) utiliza la vía fotosintética denominada metabolismo del ácido crasuláceo (MAC), la cual, le permite una alta eficiencia en el uso del agua debido a que el intercambio gaseoso es mayormente de hábito nocturno, cuando la temperatura del aire es relativamente más baja y la humedad relativa alta (Nobel, 1994). Esta adaptación ha permitido que esta planta sea una alternativa agrícola en regiones áridas y semiáridas del mundo donde se aprovecha como fruta, hortaliza (nopalitas), forraje y, en la última década, es utilizada en la obtención de metano para generar energía eléctrica (Méndez-Gallegos y García-Herrera, 2013). Sin embargo, el recurso hídrico en estas áreas agrícolas es limitado, por lo que esta especie es cultivada principalmente bajo condiciones de temporal. Bajo este sistema de cultivo, las plantas son expuestas a largos periodos de sequía, lo que, a su vez, inicialmente restringe los procesos fisiológicos fundamentales (apertura estomática e intercambio gaseoso), mismos que limitan los productos derivados de la fotosíntesis (Nobel, 1994). Así, el efecto del déficit hídrico, en términos de desarrollo, se refleja en un limitado crecimiento tanto vegetativo como reproductivo. Esto último, en términos de productividad, podría alcanzar una reducción entre 40 y 50% de fruta bajo un sistema de producción de temporal. Entonces, bajo este último esquema de producción, ¿cómo esta planta suculenta sobrevive y produce? La respuesta se encuentra, en parte, en el mecanismo denominado ajuste osmótico u osmoregulación, el cual, en respuesta a un estrés abiótico (temperatura, sales o sequía), se activa con los solutos (e.g., iones inorgánicos, carbohidratos, aminoácidos, etc.) y rápido transporte y depósito de agua en favor de un alto potencial de turgencia que, a su vez, equilibra el potencial hídrico en el tejido adyacente a las células del clorénquima, y así mantener parcial y temporalmente la apertura estomática e intercambio gaseoso (Taiz y Zeiger, 2012). En cuanto a la osmoregulación, Mayer *et al.* (2021) expusieron plantas de *Opuntia ficus-indica* a déficit y no déficit hídrico. En la primera condición, las plantas acumularon compuestos oligosacáridos, oxilipinas, hormonas relacionadas con el estrés (ácido traumático) y 34 metabolitos más que no fueron identificados pero que se asume están involucrados con su resiliencia y tolerancia al déficit hídrico. Sin embargo, el aminoácido prolina, que se sintetiza en grandes cantidades en plantas superiores expuestas a diferentes tipos de estrés abiótico, no fue estudiado. Así, el objetivo de este estudio fue probar la hipótesis de que las plantas de nopal tunero cultivadas bajo temporal o riego suplementario sintetizan prolina como defensa ante un déficit hídrico prolongado.

MATERIALS Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en un huerto comercial de nopal ubicado en 'La Victoria', Pinos, Zacatecas, México (lat. 22 ° 22 'N, largo 101 ° 67' W, elevación 2,161 m) en 2020. Plantas del nopal tunero 'Roja Liso' [*O. ficus-indica* (L.) Mill.] con 15 años de edad fueron usados. Las plantas se plantaron en un sistema orientado paralelamente a las hileras y se espaciaron a 5.6 m x 2.7 m entre hileras y plantas, respectivamente. Las plantas fueron cultivadas con prácticas agrícolas locales (por ejemplo, poda de cladodio, aclareo de frutas, riego por goteo, fertilización mineral y orgánica, control de malezas y plagas según fue necesario).

El experimento de campo contó con dos tratamientos de riego: sin riego (SR, como testigo) y riego suplementario (RS). Una sección del huerto se regó por goteo una vez durante la temporada seca (abril-junio) debido a un mal funcionamiento del sistema hidráulico. El riego se aplicó según el criterio del

productor, sin embargo, la cantidad de agua aplicada se estimó con las tres cuartas partes del área de la planta, aforo de sistema de riego y el tiempo empleado en el riego. Los parámetros físicos para este suelo fueron: en $0.14 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ y $0.27 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ para el punto de marchitez permanente y la capacidad de campo, respectivamente. En ambos tratamientos, el contenido de la humedad del suelo se registró por reflectometría (TDR, Mini-Trase System, Soil Moisture Equipment Corp., Santa Barbara, CA, USA) colocando un par de sondas por repetición a una profundidad de suelo de 20 cm y a una distancia de 10 cm y 70 cm de los emisores y plantas, respectivamente. La información climatológica se registró con la estación meteorológica automatizada colocada a 600 m de distancia del experimento. En parte, esta información se utilizó para estimar la evapotranspiración de referencia y el uso de agua del cultivo mediante el método Penman-Monteith. El experimento se llevó a cabo en un diseño completamente aleatorio con cuatro réplicas por tratamiento. Cada unidad experimental tuvo dos plantas uniformes.

El tejido vegetal se obtuvo como se describe. En cada fecha de muestreo, entre las 12:00 y las 13:00 horas, de cada unidad experimental se obtuvieron al azar cuatro segmentos transversales con un sacabocado (17 mm de diámetro interno). Las muestras de tejido se colocaron y sellaron en tubos Eppendorf (5 ml) y se transportaron al laboratorio en un recipiente frío, hermético y en oscuridad. Un par de muestras sirvió para la determinación del contenido relativo del agua (CRA), mientras que el otro par de muestras se utilizó para las determinaciones de prolina. El CRA se determinó con el siguiente protocolo: las muestras de tejido se pesaron individualmente para determinar la masa fresca (MF), la masa turgente (MT) y la masa seca (MS). Las muestras de tejido se colocaron en los tubos Eppendorf y se hidrataron por tres horas hasta alcanzar la máxima turgencia y se determinó la MT. Posteriormente, para determinar la MS, las muestras se secaron en estufa a $65 \text{ }^\circ\text{C}$ a masa constante. El CRA (%) se calculó con la siguiente fórmula: $\text{CRA} = ((\text{MF} - \text{MS}) / (\text{MT} - \text{MS})) \times 100$. Las muestras de tejido utilizadas para la determinación de prolina fueron previamente tratadas con nitrógeno líquido y almacenadas a $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ hasta su procesamiento. El tejido vegetal se separó en clorénquima y parénquima para separadamente macerarlos en mortero en presencia de nitrógeno líquido. La concentración de prolina en las muestras se determinó como sigue: 1) La ninhidrina ácida se preparó calentando 1.25 g de ninhidrina en 30 ml de ácido acético glacial y 20 ml de ácido fosfórico 6 M. La mezcla se agitó, hasta disolverse y se mantuvo almacenada a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ para utilizarse al día siguiente. 2) Aproximadamente 0.5 g de tejido vegetal molido se homogeneizó en 10 ml de ácido sulfosalicílico acuoso al 3% y el homogeneizado se filtró con papel filtro Whatman No. 2. 3) En tubos de ensaye, 2 ml de cada filtrado se hicieron reaccionar con 2 ml de ninhidrina ácida y 2 ml de ácido acético glacial a $100 \text{ }^\circ\text{C}$ por 1 h, y la reacción terminó en baño maría con hielo. 4) La solución resultante en cada tubo de ensaye, se hizo reaccionar con 4 ml de tolueno y, con un agitador, se mezcló vigorosamente entre 15 y 20 s. 5) La solución resultante se recuperó con una pipeta tipo Pasteur, se dejó por 1 h a temperatura ambiente y usando tolueno como testigo, la absorbancia se leyó a 520 nm (espectrofotómetro UV-VIS Hach DR 5000, Loveland, CO, USA). 6) La concentración de prolina se determinó a partir de una curva estándar previamente estimada (Proline CRS code: P3350000, European Pharmacopoeia Reference Standard). Los datos se analizaron con un modelo completamente aleatorizado utilizando el procedimiento de modelo lineal general del sistema de análisis estadístico SAS (SAS Institute ver. 9.3, 2002-2010, Cary, NC, USA). Las medias de tratamiento fueron agrupadas por la diferencia mínima significativa de Fisher con $p \leq 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de humedad en el suelo (Θ) de las plantas sin riego (SR) fue mantenido por debajo del punto de marchitez permanente durante toda la estación de crecimiento. En contraste, el suelo de plantas con riego suplementario (RS) registraron un incremento en el Θ a los 147 días debido a la aplicación del riego y posteriormente a la presencia del temporal (Figura 1A). En total, el uso del agua por el cultivo fue de 113 y 137 mm para las plantas SR o con RS, respectivamente. El contenido relativo de agua (CRA) de los cladodios fue sensitivo a los cambios en el Θ . Las plantas con RS observaron un CRA sostenidamente mayor que en aquellos cladodios de plantas SR (Figura 1B). En consecuencia, estas últimas plantas tendieron a acumular una mayor cantidad del aminoácido prolina como respuesta al un menor suministro hídrico (Figura 1C). La síntesis de este aminoácido y acumulación vacuolar de los iones inorgánicos (e.g., potasio, calcio y magnesio, principalmente), podría ser uno de los mecanismos que usa esta planta para equilibrar el potencial total en la planta durante el periodo de sequía (Taiz y Zeiger, 2012). No obstante, el posible desarrollo de este mecanismo de tolerancia al déficit hídrico, esto se reflejó en la productividad de las plantas, ya que la producción de fruta comercial fue mayor en las plantas con RS (26.3 t ha^{-1}) que en aquellas SR (19.4 t ha^{-1}). Es evidente que estas últimas plantas experimentaron una disminución de la

actividad fotosintética y, por ende, los procesos de producción, traslocación y distribución de fotoasimilados hacia el principal punto de demanda (fruta) estuvieron también parcialmente limitados (Falchi *et al.*, 2020). La acumulación del aminoácido prolina fue mayor en el clorénquima que en el parénquima (Figura 1D). La actividad enzimática, en términos de síntesis de prolina, fue mayor en el clorénquima (Mayer *et al.*, 2021); sin embargo, la evidencia sugiere que las células del parénquima también contribuyen al hipotético ajuste osmótico que esta planta xerófita desarrolla durante el período seco de la estación de crecimiento. Claramente se observó una disminución en la acumulación del aminoácido después del día 147 a nivel de planta (Figura 1C) y a nivel de tejidos (Figura 1D). Este patrón coincidió con el establecimiento del temporal (plantas SR) y el riego más la presencia de las lluvias (plantas con RS).

Figura 1. Cambios en el contenido de humedad del suelo (A), contenido relativo de agua en cladodios (B) y contenido de prolina en plantas cultivadas sin riego o riego suplementario (C) y en tejidos de cladodios productivos de tuna ‘Roja Lisa’ (D). Las barras verticales y los asteriscos indican la diferencia mínima significativa de Fisher $P \leq 0.05$. Huerta comercial ‘Las Cien hectáreas’, La Victoria, Pinos, Zacatecas, México, 2020.

CONCLUSIONES

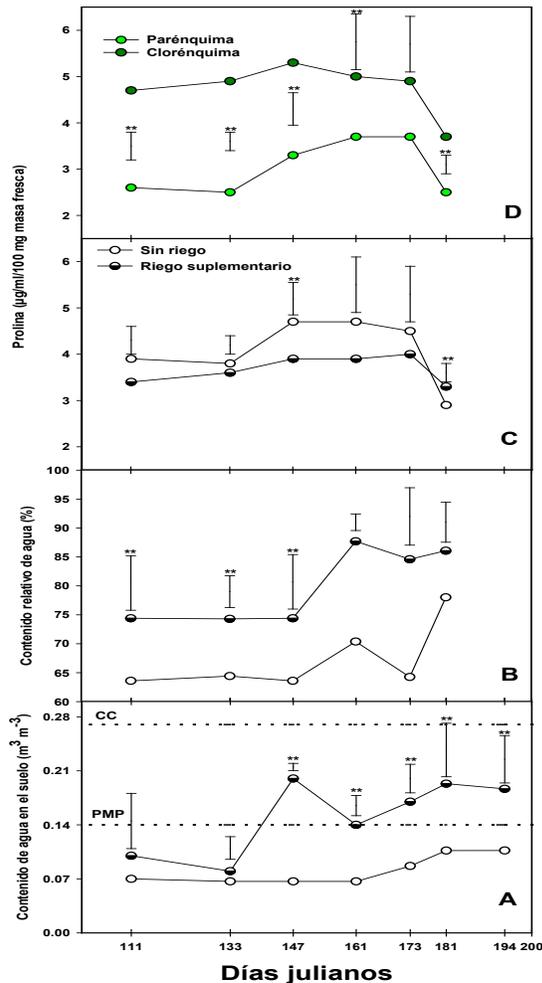
El contenido relativo del agua en cladodios productivos respondió paralelamente a los cambios en el contenido de la humedad del suelo. Esto indujo la acumulación del aminoácido prolina a nivel de planta y tejidos de los cladodios. Los resultados sugieren que la osmorregulación podría ser un mecanismo que la especie *Opuntia* usa para tolerar períodos prolongados con déficit hídrico.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Esta investigación fue apoyada por El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, proyecto de investigación: SIGI: 1.1-1.6-8403134459-A-M.2-1. Agradecemos al Sr. T.A. Jesús Álvarez-Gómez propietario de la huerta "Las 100 hectáreas", La Victoria, Pinos, Zacatecas, México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Falchi R, Bonghi C, Drincovich MA, Famiani F, Lara MV, Walker RP, and Vizzotto G. 2020. Sugar metabolism in stone fruit: source-sink relationships and environmental and agronomical effects. *Front Plant Sci.* 2020; <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.573982>.
2. Mayer JA, Wone BWM, Alexander DC, Guo L, Ryals JA, and Cushman JC. Metabolic profiling of epidermal and mesophyll tissues under water-deficit stress in *Opuntia ficus-indica* reveals stress-adaptive metabolic responses. *Func Plant Biol.* 2021; <https://doi.org/10.1071/FP20332>.
3. Méndez-Gallegos SJ y García-Herrera EJ (2013) Aprovechamiento, usos y aplicaciones del nopal. In: Producción sustentable de tuna en San Luis Potosí; C. Gallegos-Vázquez, S.J. Méndez-Gallegos



y C. Mondragón-Jacobo (eds.). Colegio de Postgraduados-Fundación Produce San Luis Potosí. San Luis Potosí, San Luis Potosí, México: pp: 8-23.

4. Nobel PS.1994. Remarkable agaves and cacti. New York, USA: Oxford University Press.
5. Taiz L and Zeiger E. 2012. Plant physiology. Sinauer Ass. In., Pub. Sunderland, Mass., USA.

Sección: Manejo agronómico

REVALORACIÓN DE PÉRDIDA DE MASA Y CALIDAD POSTCOSECHA DE LA TUNA

Jorge A. Zegbe-Domínguez^{1*}, Danari Guillermo García², Víctor Daniel Gámez Cardoza³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas, Km 24.5 Carretera Zacatecas-Fresnillo, Calera de V.R., Zacatecas, 98500, México.

²Facultad de Ciencias Químicas, Campus Siglo XXI, Universidad Autónoma de Zacatecas, Km 6 Carretera Zacatecas-Guadalajara, Ejido la Escondida, Zacatecas, Zacatecas, CP 98160, México.

³Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior Zacatecas Norte. Secretaría de Educación Pública. Km 3 Carretera a González Ortega, Río Grande, Zacatecas, C.P. 98400, México.

*zegbe.jorge@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Opuntia ficus-indica*, Almacenamiento, Vida de anaquel.

INTRODUCCIÓN

La fruta del nopal tunero, conocida como tuna, tiene un valor social y económico en el mundo. Sin embargo, pocos esfuerzos científicos habían sido dedicados para conocer la fisiología y vida postcosecha de esta fruta en comparación con otras frutas climatéricas y no climatéricas (Watkins y Nock, 2012). La tuna es una fruta no climatérica, lo cual implica que ésta sea cosechada casi en un estadio de madurez de consumo; sin embargo, esto reduce la vida postcosecha de este producto fresco y su comercialización hacia mercados distantes. Como es una fruta altamente perecedera, su comercialización ocurre a pocas horas después de la cosecha, por lo que el almacenamiento es raramente usado, pero importante, porque la vida útil y la calidad de la tuna está asociada a cambios prevalecientes de temperatura y humedad relativa ambiente (Ochoa-Velasco y Guerrero-Beltrán, 2013) y estado de madurez (Ramírez-Ramos *et al.*, 2015) cuando ésta es almacenada. Bajo esta última circunstancia, minimizar la pérdida de masa de la fruta (PMF) es fundamental para extender la vida postcosecha de las frutas y mantener los estándares requeridos por el consumidor. En este sentido, el umbral de PMF es alrededor de 5% de la masa original para la mayoría de las frutas, pero el umbral para tunas blancas fue establecido en 8% (Cantwell, 1995), lo cual pudiera no ser generalizado debido a la gran diversidad genética entre tunas blancas y pigmentadas. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue evaluar la PMF y la calidad de la tuna 'Roja Lisa' almacenada a temperatura y humedad relativa ambiente considerando el estado de madurez de la fruta.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Laboratorio de Fisiología Vegetal y Postcosecha del Campo Experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) (22°54'N; 102°39'O, elevación 2,197 m). El ensayo se condujo de agosto a noviembre de 2020 con fruta del nopal tunero cv. 'Roja Liso' (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) con 17 años de edad.

De la periferia de diez plantas, al azar se cosecharon 160 frutos uniformes en tamaño y sin lesiones físicas de la parte externa. La fruta fue desespinaada y después tratada con una solución de hidróxido cúprico (2.5 ml) y cloro al 1%. El exceso de humedad fue eliminado con la aplicación aire con un ventilador doméstico. La fruta, una vez seca, fue enumerada progresivamente para identificar repeticiones y

tratamientos. La fruta se separó en dos estadios de maduración del fruto (EMF): al envero (E) y madurez de consumo (MC). Por cada EMF se formaron dos lotes de 30 tunas cada uno y se analizaron algunos parámetros de calidad, mismos que más tarde serán descritos. Otro lote de tunas similares al descrito previamente, fueron almacenados a temperatura y humedad relativa ambiente (HR) hasta que un lote de 15 tunas de cada EM perdió 5% y 8% de la masa inicial de cada fruto (PMF). Para el primer criterio de PMF, la temperatura y HR, en promedio, fueron $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y $40 \pm 8\%$, respectivamente. Los volares correspondientes para el segundo criterio de PMF fueron $17 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y $41 \pm 12\%$ HR).

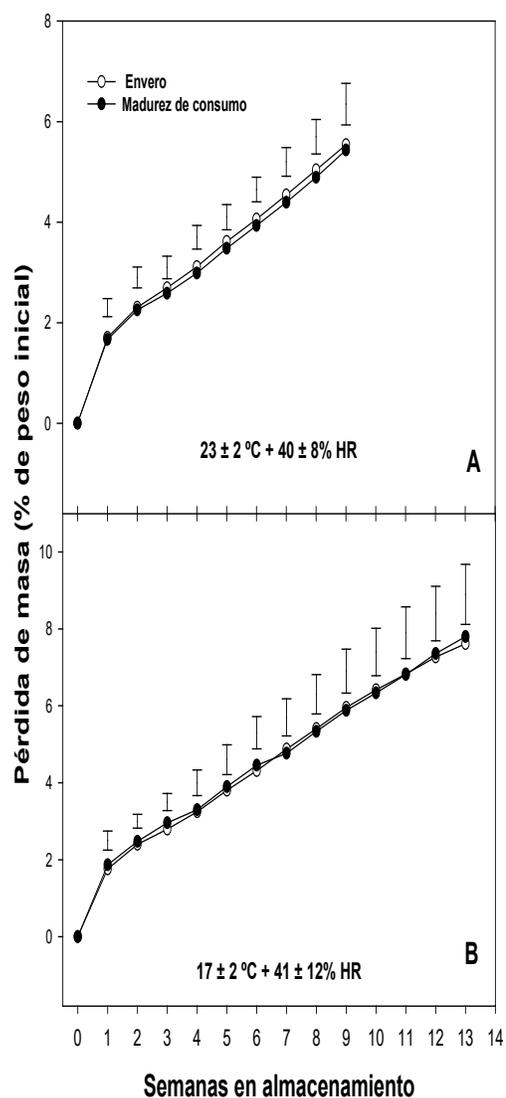
Al final de cada criterio de PMF, se evaluaron algunos parámetros de calidad. Para estudiar la calidad de la tuna, el experimento se condujo en un diseño experimental completamente aleatorio con arreglo factorial en tratamientos. El primer factor consistió el EMF con dos niveles E y MC. El segundo factor tuvo tres niveles la calidad de la tuna (CT), a la cosecha (CC) y al final de cada criterio de PMF (5% ó 8%).

Los atributos de calidad registrados fueron los siguientes: la masa individual de cada fruto se registró en una balanza analítica (VE-303, Velab, USA). La firmeza se determinó en dos sitios opuestos en la parte media de cada fruto con un penetrómetro equipado con un puntal de 11.1 mm de diámetro (modelo FT 327, Wagner Instruments, Greenwich, CT, USA). De las perforaciones hechas con el penetrómetro se tomaron y mezclaron algunas gotas de jugo para determinar la concentración de sólidos solubles totales con un refractómetro digital con compensación automática por temperatura (Modelo PR-32 α , Atago, Co. Ltd., Tokyo, Japan). La concentración de materia seca de la fruta se determinó utilizando 25 g de una muestra compuesta de la pulpa fresca de tres frutas. Las muestras se secaron a masa constante en estufa a $60 \text{ }^\circ\text{C}$ por dos semanas. La masa de la fruta se midió semanalmente durante el almacenamiento hasta que, en promedio, se registró una PMF de 5% ó 8%.

La información de la calidad de la fruta se analizó con un modelo lineal completamente aleatorio con arreglo factorial en los tratamientos con el sistema de análisis estadístico SAS (SAS, ver 9.3, 2002-2010: SAS Institute, Cary, NC, USA). La diferencia mínima significativa de la prueba de Scheffé ($P = 0.05$) se usó en la separación de medias de tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tuna 'Roja Lisa' tardó 9 y 13 semanas en almacenamiento a temperatura y humedad relativa ambiente para alcanzar el 5% (Figura 1A) y 8% (Figura 1B) de pérdida de masa del fruto (PMF), respectivamente. Independientemente del estado de madurez del fruto (EMF), la fruta requirió 4 semanas adicionales para alcanzar una PMF del 8% lo cual pudo deberse al descenso de la temperatura e incremento de la temperatura (Figura 1B) (Ochoa-Velasco y Guerrero-Beltrán, 2013; Lufu *et al.*, 2020). El EMF no influyó en la PMF, lo que sugiere la posibilidad de comercializar fruta en madurez de consumo, cuando la fruta alcanza el máximo color y atributos organolépticos y es sensorialmente más atractiva para el consumidor. Al 5% de la PMF en ambos EMF, visualmente la cáscara no mostró signos de deterioro; mientras que al 8% de la PMF, solamente la fruta en madurez de consumo, en la parte apical presentó arrugas y ablandamiento acompañado con 13% de incidencia de daños por patógenos. Esto último fue más evidente cuando la tuna perdió aproximadamente el 8% de su masa. En consecuencia, el umbral de PMF de 8% establecido por (Cantwell, 1995), no aplica para la fruta de este cultivar.



No hubo interacción entre los niveles de los factores EMF y CT. El EMF no influyó en los atributos de calidad evaluados, excepto por la mayor concentración de azúcares en la tuna en madurez de consumo, lo cual es explicado por ser una fruta no-climatérica (Watkins y Nock, 2012; Ramírez-Ramos *et al.*, 2015). La CT a la cosecha y al finalizar cada criterio de almacenamiento, excepto por la masa fresca de la fruta, el resto de las variables evidenciaron un deterioro significativo más pronunciado cuando la tuna alcanzó el 8% de la PMF; además se observó un aspecto pastoso y de fácil desgrane, el cual fue más evidente en la tuna en madurez de consumo.

Figura 1. Pérdida acumulada de la masa de la tuna ‘Roja Lisa’ almacenada a temperatura y humedad relativa ambiente por 9 (A) y 13 (B) semanas. Las barras verticales representan la diferencia mínima significativa de la prueba de Scheffé con $P > 0.05$.

Cuadro 1. Influencia del estado de madurez y la pérdida de la masa del fruto (PMF) en almacenamiento a temperatura y humedad relativa ambiente en algunos atributos de calidad de la tuna ‘Roja Lisa’. MFF es la masa fresca del fruto, firmeza (F), azúcares en porcentaje (Brix) y materia seca de la pulpa (MSP) con base en peso fresco (PF).

| Fuentes de variación | MFF (g) | F (N) | Brix (%) | MSP (mg g ⁻¹ PF) |
|------------------------------------|---------|--------|----------|-----------------------------|
| Estado de madurez del fruto | | | | |
| Envero (E) | 147.8a* | 22.9a | 12.5b | 164.5a |
| Madurez de consumo (MC) | 153.3a | 24.9a | 13.1a | 172.7a |
| Diferencia mínima significativa | 17.1 | 1.6 | 0.3 | 9.6 |
| Significación ($P > F$) | 0.9267 | 0.145 | 0.0004 | 0.152 |
| Calidad de la tuna | | | | |
| Cosecha (CA) | 149.9a | 25.7a | 13.3a | 173.8a |
| 5% (PMF; 23 ± 2 °C y 40 ± 8% HR) | 161.9a | 23.9a | 12.6b | 171.8a |
| 8% (PMF; 17 ± 2 °C y 41 ± 12% HR) | 136.9a | 20.1b | 11.9c | 155.1b |
| Diferencia mínima significativa | 28.3 | 2.7 | 0.6 | 15.7 |
| Significación ($P > F$) | 0.127 | 0.0002 | <.0001 | 0.024 |

*Dentro de columnas, por efectos principales, promedios con letras iguales son estadísticamente iguales según la prueba de Scheffé con $P \leq 0.05$.

CONCLUSIONES

Los resultados sugieren que el umbral de pérdida de la masa de la fruta tiene que establecerse para cada cultivar y, que, la calidad de la pulpa está ligada a este parámetro. Más información es requerida para establecer el umbral de pérdida de masa para este cultivar. Importante resaltar que, el estado de maduración no influyó en la tasa de pérdida de la masa, pero en términos de comercialización, se puede sugerir un 5% de la pérdida de masa como máximo y una vida postcosecha de nueve semanas (63 días) para transportar esta fruta a cualquier mercado doméstico o internacional.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Esta investigación fue apoyada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, proyecto de investigación: SIGI: 1.1-1.6-8403134459-A-M.2-1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cantwell, M. 1995. Post-harvest management of fruits and vegetable stems. In: Barbera, G., Inglese, P. and Pimienta-Barrios, E. (Eds.) Agro-ecology, cultivation, and uses of cactus pear. Plant Production and Protection paper 132. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italy. pp. 120-136.
2. Lufua R, Ambawb A, and OparaUL. Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Sci Horti*. 2020; 272: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109519>.
3. Ochoa-Velasco CE y Guerrero-Beltrán JA. Efecto de la temperatura de almacenamiento sobre las características de calidad de tuna blanca Villanueva (*Opuntia albicarpa*). *Rev Iberoamer Tecnol Postcosecha*. 2013; 14(2):149-161.
4. Ramírez-Ramos M, García-Mateos MR, Corrales-García J, barra-Moncada C y Castillo-González, AM. Compuestos antioxidantes en variedades pigmentadas de tuna (*Opuntia* sp.). *Rev Fitotec Mex*. 2015; 38(4):349-357.
5. Watkins CB and Nock FJ. (2012). Production guide for storage of organic fruits and vegetables. New York State Department of Agriculture and Markets. NYS IPM Publication No. 10. pp. 61.

Sección: Manejo agronómico

CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE HONGOS FITOPATÓGENOS ASOCIADOS A ORÉGANO CULTIVADO BAJO CUBIERTA

Martínez Mendoza Joceline¹, Juárez Rosete Cecilia Rocío¹, Gómez Meléndrez Adalberto¹

¹Unidad Académica de Agricultura, Programa de Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma de Nayarit.

jocelinemendoza@hotmail.com

Palabras clave: aislamiento, identificación, patógenos

INTRODUCCIÓN

En México, la producción de plantas aromáticas y medicinales es considerada como un tipo de cultivo alternativo y rentable de creciente mercado y alto valor agregado si cuenta con certificación de Buenas Prácticas Agrícolas u orgánica (Juárez *et al.*, 2013,). Sin embargo, durante el proceso de producción pueden sufrir afectaciones por el ataque de enfermedades que limitan su desarrollo óptimo y demeritan la calidad del producto. En ocasiones, las enfermedades de las plantas se clasifican según los síntomas que ocasionan (pudriciones de la raíz, canchales, marchitamientos, manchas foliares, sarnas, tizones, antracnosis, royas, carbonos, mosaicos, amarillamientos, manchas anulares), de acuerdo con el órgano de las plantas que afectan. Para facilitar el estudio de las enfermedades de las plantas, es necesario agruparlas en forma ordenada. Esto es necesario también para lograr la identificación y el control posterior de cualquier enfermedad de las plantas. Puede utilizarse cualquier criterio como base para clasificarlas. Sin embargo, el criterio más útil en la clasificación de una enfermedad es el tipo de agente patógeno que la ocasiona. Esta clasificación tiene la ventaja de que indica la causa de la enfermedad, lo cual permite prever su probable desarrollo y diseminación, así como las posibles medidas de control (Agrios, 1996).

Los hongos se les define como: organismos carentes de clorofila, de soma generalmente filamentosos provisto de paredes celulares y núcleos verdaderos, y reproducción por medios de esporas. Los hongos no pueden elaborar su propio alimento orgánico: azúcares, almidones, proteínas y grasas. En consecuencia, deben vivir en residuos vegetales o animales, o bien, en plantas o animales vivos. Algunos hongos son saprófitos, es un término que se aplica a aquel organismo que vive a expensas de una planta muerta y lo utiliza como alimento. La mayoría de los hongos son saprofitos o parásitos (Romero, 1994).

Cuando un patógeno se encuentra en una planta enferma, puede ser fácilmente identificado utilizando manuales especializados; en caso de que se tenga la certeza de que el patógeno es la causa de la enfermedad, podrá considerarse entonces que ha concluido el diagnóstico. Las técnicas de aislamiento, cultivo e inoculación de los patógenos permitirán la comprobación de las hipótesis que se plantean en la actualidad (Agrios, 1996). Bajo este contexto, en México es escasa la información acerca de las enfermedades y los patógenos que afectan el cultivo de las plantas aromáticas, por tanto, la finalidad de este trabajo es caracterizar los hongos fitopatógenos que producen afectaciones cuando se cultivan bajo cubierta y contribuir con información básica para su identificación y posterior control en el cultivo de orégano.

METODOLOGÍA

La presente investigación se desarrolló en un invernadero de la Unidad Académica de Agricultura perteneciente a la Universidad Autónoma de Nayarit en el municipio de Xalisco, Nayarit situado en el kilómetro 9 de la carretera Tepic-Compostela, se localiza a 104° 48' O y 21° 29' N, a una altura de 960 m.

La metodología de campo aplicada en este estudio consideró procedimientos desde el reconocimiento de síntomas hasta la obtención de muestras para el aislamiento del agente causal. En el invernadero se colectaron muestras de plantas de orégano enfermas con síntomas de hongos fitopatógenos las cuales fueron cultivadas en cultivo hidropónico en solución y plántulas propagadas en sustrato reutilizado.

Se realizaron aislamientos de las secciones de raíces, tallo y hojas de las plantas de orégano que presentaban síntomas. Se hicieron cortes de tejido a partir del borde de la lesión, estos se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (0.2%) durante 1 min.

El medio de cultivo utilizado fue a base de: almidón de papa (4.0 g), dextrosa (20.0 g) y agar (15.0 g). El cual fue preparado de acuerdo con la indicación del producto.

Para realizar la caracterización morfológica se realizaron los aislamientos obtenidos de punta de hifa que crecieron en el medio de cultivo, se mantuvieron a temperatura ambiente hasta que se observaron estructuras. Se determinó la presencia o ausencia de esporas, tipo de spora y de micelio. Posteriormente se identificaron con las claves de Romero (1994) y Watanabe, (2002).

Para la purificación y el incremento del inóculo, los hongos que crecieron se separaron, realizando una preidentificación del género seleccionado los aislamientos más frecuentes. Posteriormente, con una aguja de disección se tomaron trocitos de agar de la parte apical del crecimiento micelial y se transfirieron a otra caja Petri de medio de cultivo PDA. Una vez que se obtuvieron las colonias purificadas se procedió a incrementar el inóculo en más cajas Petri con medio de cultivo PDA para efectuar la prueba de patogenicidad (Romero, 1994).

Para determinar si algunos de los hongos aislados correspondían al agente causal de las enfermedades encontradas en las plantas, se procedió a cumplir los postulados de Koch (Romero, 1994), realizando pruebas de patogenicidad. Se preparo el inóculo utilizando cultivos con abundante micelio maduro de dos cajas de cada especie, de los cuales se extrajo PDA+ micelio que se colocó en la licuadora, junto con 500 ml de agua destilada y se molió hasta observar una homogenización. Se realizó la inoculación agregando inóculo a la base del tallo de las plantas como agua de riego. Se realizó el reaislamiento siguiendo la misma metodología para el aislamiento del microorganismo. Los aislamientos se procesaron en una cámara de flujo laminar (Air-plan) y fueron identificados sobre la base de sus características morfológicas en el medio de cultivo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La caracterización morfológica de los aislamientos en plantas de orégano cultivadas en un medio de crecimiento hidropónico en solución permitió la identificación de una asociación de cinco especies de hongos fitopatógenos los cuales causaron el ahogamiento de la plántula, llamado comúnmente complejo Damping-off o ahogamiento.

Estos resultados coinciden con lo mencionado por Cruz *et al.* (1998) quienes indican que el Damping-off de postemergencia ocurre cerca de la superficie del suelo y causa la muerte de la plántula, acción rápida que hace que cotiledones u hojas permanezcan verdes. Generalmente el tejido de tallo en la línea del suelo se vuelve blando y acuoso y la planta se marchita, ocasionando la muerte de la plántula. Al ser el orégano propagado por pequeños esquejes los tejidos quedan expuestos y son más susceptibles al ataque de patógenos.

Se identificó la presencia de *Pythium* spp. causando daños en el sistema vascular provocando necrosamiento y ahorcamiento del cuello de la planta. Estos daños coinciden con lo señalado por Agrios (1996) quien indica que este patógeno es la causa del ahogamiento de las plántulas, la pudrición de la semilla, raíz y frutos carnosos, además de otros órganos que se encuentran en contacto con el suelo, o bien en un medio de crecimiento hidropónico como sustrato o en solución.

También se encontró presencia de *Phytophthora* spp., *Alternaria* spp, y *Fusarium* spp. patógenos que de acuerdo con Romero (1994), causan tizones, manchas foliares y enfermedades que afectan el cuello y los tejidos conductores causando ahogamiento del tallo y marchitez de la planta.

En plántulas de orégano producidas en sustrato reutilizado se encontró presencia de *Rhizoctonia* spp mostrando síntomas en la raíz la cual presentaba en su corteza un color que va de canela a pardo rojizo. Por lo que se recomienda desinfectar los sustratos antes de utilizarlos para la propagación de plántulas.

CONCLUSIONES

El ensayo permitió generar un diagnóstico inicial sobre el problema que representa el complejo Damping-off causado por *Pythium* spp., *Phytophthora* spp., *Alternaria* spp., *Fusarium* spp. y *Rhizoctonia* spp. en el cultivo de orégano bajo cubierta.

Mediante el aislamiento de los patógenos se logró realizar la identificación y caracterización morfológica, además de verificar la presencia de los agentes causales mediante los postulados de Koch.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados forman parte de la tesis de licenciatura del primer autor, la cual forma parte de los entregables del proyecto: Manejo de la nutrición en hortalizas y hierbas aromáticas cultivadas en ambientes protegidos (SIP17-160) de la Universidad Autónoma de Nayarit.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agrios G. (1996) Fitopatología; 2da edición; Edit. Limusa; México.

Cruz OJ, García ERS y Carrillo FA. (1998). Enfermedades de las hortalizas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa, México. 255 p.

Juárez-Rosete CR, Aguilar-Castillo JA, Juárez-Rosete ME, Bugarín-Montoya R, Juárez-López P y Cruz-Crespo E. (2013). Hierbas aromáticas y medicinales en México: Tradición e innovación. Revista Bio Ciencias 2(3):119-129.

Romero CS. (1994). Hongos Fitopatógenos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Watanabe, (2002) Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. 2da Edición. Editorial CRC Press. United States of America. 486 pp.

Sección: Manejo agronómico

EFFECTIVIDAD DE HONGOS MICORRÍDICOS ARBUSCULARES CON NIVELES DE FÓSFORO EN EL CRECIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE BIOMASA DE *Stevia rebaudiana* Bertoni

Rodrigo Armando Cauich Cauich¹, José María Tun Suárez¹, Mónica Guadalupe Lozano Contreras^{2*}, Jairo Cristóbal Alejo¹, Elizabeth de los Ángeles Herrera Parra².

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación, Instituto Tecnológico de Conkal; ²Campo Experimental Mococho-INIFAP.

lozano.monica@inifap.gob.mx

Palabras clave: micorriza, biomasa, estevia.

INTRODUCCIÓN

La producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni promete ser una actividad rentable para el sector agrícola en el estado de Yucatán, es utilizada en forma directa o procesada como edulcorante natural sin calorías por aquellos que tienen que restringir los carbohidratos o azúcares en su dieta. Esta propiedad se le atribuye a un compuesto no calórico 250 veces más dulce que la sacarosa que está contenido en sus hojas, consideradas el órgano más importante de la planta (Brandle y Telmer, 2007), las cuales se procesan e industrializan, por lo que, es de suma importancia incrementar el número de hojas en la planta bajo un concepto biorracional que disminuya el uso de agroquímicos.

La inoculación de hongos micorrícicos arbusculares (HMA) son consideradas una alternativa para contribuir a una producción sostenible. Los HMA son simbioses obligados que realizan una asociación mutualista endosimbiótica con el 90% de las plantas terrestres. La mejora en la absorción de fósforo (P) en las plantas inoculadas con HMA es ampliamente reconocida (Bücking y Kafle, 2015). El principal beneficio que los HMA brindan a las plantas es que favorecen la traslocación de P, gracias a su extensa red de hifas que actúa como extensiones del sistema radicular, causan de una mejor nutrición, estimulan el crecimiento, la producción de biomasa e inducen resistencia ante factores de estrés (Bücking y Kafle, 2015). Sin embargo, al evaluar el potencial efectivo de los consorcios de HMA, es importante utilizar los extraídos de los sitios donde crecerá la especie huésped, ya que garantizará que la especie tenga una mayor adaptabilidad a las condiciones naturales donde se cultiva la especie vegetal o tenga mayor efectividad o infectividad con las especies de plantas (Van der Heijden *et al.*, 1998). Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar consorcios nativos de HMA con diferentes niveles de P para estimular el crecimiento y la producción de biomasa en plantas de *S. rebaudiana* Bert.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los consorcios se extrajeron de suelo proveniente de 3 localidades de Yucatán, México; Reserva Cuxtal (RC), Tizimín (TZ) y Colonia Yucatán (CY). Los HMA se propagaron en macetas de 10 Kg de capacidad con suelo tamizado y mezclado con arena estéril (1:1 v/v). En las macetas se sembraron semillas de Maíz (*Zea mays* L.) y sorgo cv. Criollo (*Sorghum bicolor* L.) como cultivos trampa, las macetas de propagación se mantuvieron en un vivero a una temperatura media de $36 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa 46.5%, se realizaron riegos a capacidad de campo. Después de 12 semanas se suspendió el riego con el fin de estimular la esporulación de los HMA. Al final de la semana 16, se tomó una muestra de 100 g de cada maceta de propagación y se extrajeron los HMA siguiendo el método de tamizado y decantación en húmedo por centrifugación. El suelo se homogenizó con Tween 20 (0.05%) en agua, la solución se filtró a través de una serie de tamices con apertura de mallas de 600, 425, 90 y 25 μm , y de las fracciones retenidas se extrajeron

las esporas de los HMA mediante la técnica de gradiente de sacarosa. La concentración de los inóculos fue de 110 esporas por mL conservadas en refrigeración hasta el día de su aplicación.

El trasplante se llevó a cabo en una estructura protegida del Instituto Tecnológico de Conkal, Yucatán, México, utilizando bolsas de polietileno con capacidad de 7L. Las plantas fueron expuestas a 20 tratamientos que resultaron de la inoculación de 3 consorcios (RC, TZ, CY y Testigo) en interacción con 5 niveles de P (0, 25, 50, 75 y 100% en base a su requerimiento nutricional) suministrado como P₂O₅. El material vegetativo correspondió a *Stevia rebaudiana* Bertoni cv. Morita II. El sustrato utilizado fue una mezcla de suelo franco arcillo-arenoso (arena 57.32%; limo 14%; arcilla 28.68%; C.O. 9.58%; pH 6.3; C.E. 0.007 dS m⁻¹; C.I.C. 121.23 meq/100g; nitrógeno total 0.83%; fósforo disponible 74.335 mg kg⁻¹; potasio intercambiable 0.19 meq/100g) y bagazo viejo de henequén (2:1 v/v), el cual se esterilizó con caldera de vapor durante 7 horas. Las bolsas se distribuyeron a una distancia de 0.30 y 1.0 m entre plantas e hileras, respectivamente. Las plantas se regaron con el 80% de la evapotranspiración de referencia en mm día⁻¹ medido un tanque tipo A, gracias a un sistema de riego por goteo. Se realizaron podas al cultivo a los 15 y 25 días después del trasplante (ddt) con la finalidad de eliminar la dominancia apical, inducir brotes y eliminar ramas secundarias. 30 ddt, se suministró fertilización nitrogenada a cada planta y se realizaron aplicaciones de productos biorracionales para el control preventivo de plagas y enfermedades.

Se utilizó un diseño de parcelas divididas completamente aleatorizadas con cuatro repeticiones y tres plantas como unidad experimental. A los 60 ddt se evaluó el crecimiento de las plantas mediante las variables; altura, medida desde la base del tallo hasta el último ápice foliar, diámetro del tallo, a 3 cm de la superficie del suelo, número de ramificaciones y producción de biomasa. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y la prueba de comparación de medias (Tukey, p≤0.05) con el paquete estadístico InfoStat versión 2014 (Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró que la altura de la planta y el diámetro de tallo estuvieron influenciados por diferentes factores. Los consorcios RC, TZ y CY aumentaron significativamente la altura de las plantas de estevia en un 26% con respecto al testigo, sin embargo, estadísticamente no se reflejaron diferencias entre el efecto de cada uno (Figura 1A). Respecto a la fertilización fosforada, el 100% de P ocasionó el mayor diámetro de tallo, pero no fue significativamente superior al 50% de P que muestra el mismo efecto sobre esta variable (Figura 1B). El diámetro del tallo es uno de los parámetros clave en la elección de posturas y esquejes para producir plantas en óptimo estado en el cultivo de estevia. En particular, la aplicación de fertilizantes fosforados, ha demostrado favorecer esta variable en diferentes cultivos (Bücking y Kafle, 2015).

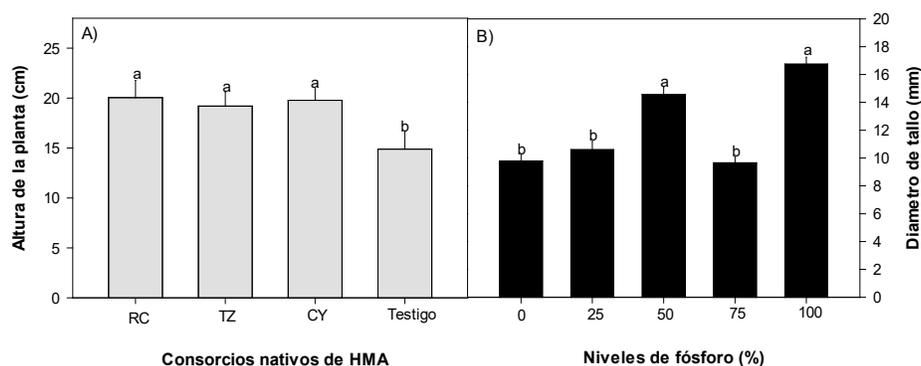


Figura 1. A) Altura de la planta con consorcios nativos de HMA (Medias ± D.E.) (n= 20) y B) Diámetro de tallo con niveles de fósforo (Medias ± D.E.) (n= 16) de *S. rebaudiana* Bert. (60 ddt). Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, p≤0.05).

El número de ramas también aumentó por efecto de la simbiosis micorrícica de los consorcios RC, TZ y CY, al tener una tasa media mayor que las plantas testigo con 9.4, 9.8 y 9.2, respectivamente, a pesar de estos resultados, el efecto principal del 25% de P también parece influir en el número de ramas por encima del 75% con 7.1 y 8.4, respectivamente (Figura 2A). En este sentido, Vafadar *et al.* (2014) observaron resultados similares en un estudio sobre biofertilización con *S. rebaudiana* Bert., encontraron que todas las plantas inoculadas eran significativamente más altas y con más ramificaciones en comparación con las plantas control. Así mismo, Mandal *et al.* (2013) sugirieron que los HMA pueden inducir un cambio en el flujo de metabolitos hacia la síntesis de su compuesto formado de glucósidos, lo que explica el aumento de la ramificación de brotes detectada en las plantas inoculadas.

La Figura 2B indica una interacción entre los niveles de P y los consorcios de micorrizas. La mayor producción de biomasa es estimulada por los consorcios RC y TZ en combinación con el 25 y 100% de P. En consecuencia, cuando los niveles de P son mayores a 25% en interacción con RC, la producción de biomasa disminuye notablemente causando diferencias significativas. Por otra parte, cuando los niveles de P son menores a 100% en interacción con TZ, se observa la misma tendencia a la baja. Estos resultados son similares a los de Mandal *et al.* (2013) quienes observaron un aumento significativo en la biomasa con 50 mg de P Kg⁻¹ de suelo en plantas micorrizadas, atribuyéndolo como un efecto concertado de una mejor nutrición de P en estos tratamientos.

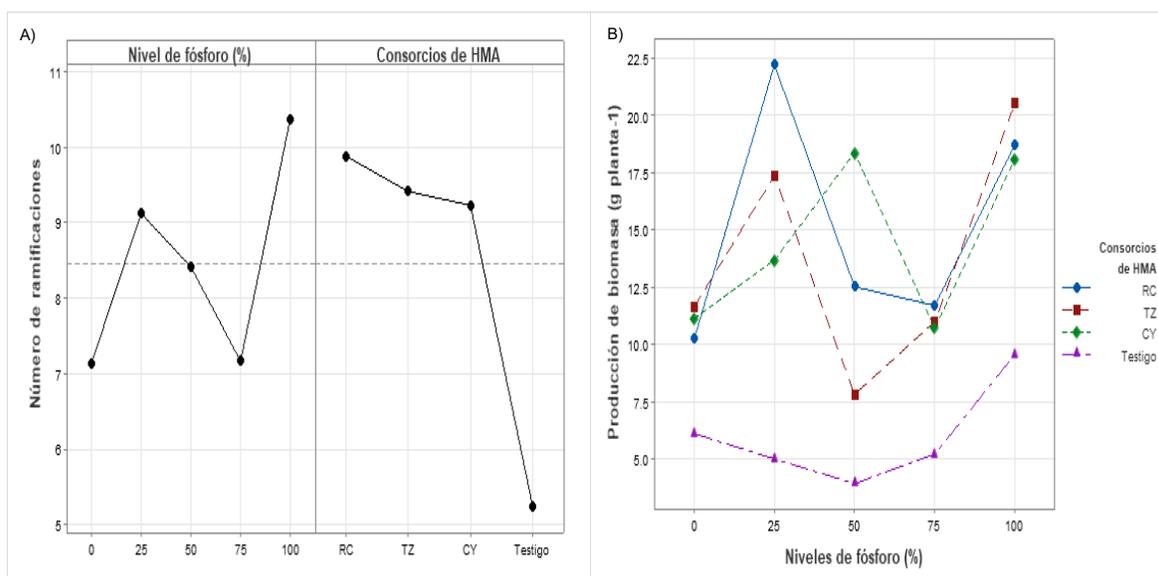


Figura 2. A) Efectos principales para número de ramificaciones; niveles de fósforo (n=16) y consorcios nativos de HMA (n=20) y B) Interacción para producción de biomasa (n=4) de *S. rebaudiana* Bert. (60 ddt).

CONCLUSIONES

La simbiosis de los consorcios nativos de HMA fue capaz de modificar la conformación de las plantas, con un aumento en la ramificación, demostrando su potencial para favorecer el crecimiento. Así mismo, la combinación del consorcio RC con 25% de P mejoró la producción de biomasa, por lo que, puede considerarse un biofertilizante sostenible válido para *Stevia rebaudiana*.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al Consejo Nacional de Ciencias y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de doctorado en el Instituto Tecnológico de Conkal, de donde forman parte los resultados de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bücking H. and Kafle A. (2015). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in the nitrogen uptake of plants: current knowledge and research gaps. *Agronomy*, 5(4), 587-612.
2. Brandle JE and Telmer PG. (2007). Steviol glycoside biosynthesis. *Phytochemistry*, 68(14), 1855-1863.
3. Mandal S, Evelin H, Giri B, Singh VP and Kapoor R. (2013). Arbuscular mycorrhiza enhances the production of stevioside and rebaudioside-A in *Stevia rebaudiana* via nutritional and non-nutritional mechanisms. *Applied soil ecology*, 72, 187-194.
4. Van Der Heijden MG, Klironomos JN, Ursic M, Moutoglis P, Streitwolf ER., Boller T. and Sanders I R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature*, 396(6706), 69-72.
5. Vafadar F, Amooaghaie R. and Otrshy M. (2014). Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus on plant growth, stevioside, NPK, and chlorophyll content of *Stevia rebaudiana*. *Journal of Plant Interactions*, 9(1), 128-136.

Sección: Manejo agronómico

CAPACIDAD DE REBROTE DE *GLIRICIDIA SEPIUM* EN EL ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA SILVOPASTORIL

Daniel Antonio Haas-Sandoval¹, José Andrés Altamirano-Tinoco¹, Carolina Flota-Bañuelos², Verónica Rosales-Martínez², Gladis Morales-Terán³, Elizabeth Pérez-Ruiz⁴, Silvia Fraire-Cordero^{2*}

¹Instituto Tecnológico Superior de Hopelchén, Campeche; ²CONACyT-COLPOS, Campeche;

³Universidad del Papaloapan, Oaxaca; ⁴INIFAP-La Campana, Chihuahua.

frairec@colpos.mx

Palabras clave: Coccoite, leguminosas, manejo agronómico.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la ganadería en las zonas tropicales de México enfrenta serios problemas relacionados con el cambio climático y una producción extensiva caracterizada por la transformación de ecosistemas naturales (selvas, bosques), hacia grandes extensiones de gramíneas en monocultivo. Estos sistemas extensivos presentan bajos niveles de eficiencia y rentabilidad, debido a la baja disponibilidad y calidad de las pasturas durante la estación seca, lo que limita la productividad animal. Una alternativa para ayudar a solucionar los problemas ecológicos y de producción causados por la ganadería extensiva son los sistemas silvopastoriles (SSP) que combinan árboles, pasturas y animales.

Existe una diversidad de arbóreas con potencial en la alimentación de rumiantes, tal es el caso de *Gliricidia sepium*, un árbol de tamaño medio perteneciente a las leguminosas. Es considerado como el segundo árbol leguminoso de usos múltiples más importante, sólo superado por *Leucaena leucocephala* y es una de las arbóreas tropicales más promisorias para mejorar la calidad nutritiva de los forrajes para la alimentación de rumiantes en el trópico (Ramos *et al.*, 2016).

En los Sistemas silvopastoriles (SSP) las podas desempeñan un papel importante ya que dicha práctica influye en la capacidad de rebrote y comportamiento agronómico de la planta. La capacidad de rebrote es uno de los principales factores considerados en la elección de la especie forrajera a establecer, ya que esta debe regenerarse y formar nuevos brotes en periodos cortos, con el fin de tener forraje disponible en todo el año para los animales.

Por lo anterior, el objetivo fue evaluar por 75 días la capacidad de rebrote de *Gliricidia sepium* a dos alturas de poda (50 y 70 cm) y frecuencia de corte total cada 15 días en el establecimiento de un SSP.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de septiembre a noviembre de 2019, en terrenos del Colegio de Postgraduados campus Campeche, localizado en el km 17.5 carretera Haltunchén-Edzná, Champotón, Campeche, México. Ubicado a 19° 29' 51.79" LN y 90° 32' 45.01" LO con una altitud de 24 m. El clima predominante es cálido subhúmedo con lluvias en verano, con una temperatura media anual de 28 °C, máximas de 40 y mínimas de 10 °C, una precipitación pluvial de 1200 mm (García, 2004). El suelo es Vertisol (VRnl), con altas proporciones de arcillas expandibles, al secarse forman grietas anchas y profundas desde la superficie hacia abajo.

Las plantas de *Gliricidia sepium* fueron seleccionadas de una parcela de 800 m² para el establecimiento de un sistema silvopastoril en el año 2018, sin ningún manejo agronómico desde su establecimiento y sin

riego. La distancia entre surcos y plantas era de 3 x 3 m. El diseño fue completamente al azar con dos tratamientos. T1: Poda a 50 cm de *Gliricidia sepium* (n=10) y T2: Poda a 70 cm de *Gliricidia sepium* (n=10).

De manera inicial todas las plantas se podaron transversalmente con una tijera para poda (Truper® Tx-21), según tratamiento. Cada 15 días se registró el número de rebrotes totales, biomasa verde por planta (follaje y tallo) y tipos de rebrotes según la clasificación de Dynesius (2015). El análisis de los datos se realizó por mediciones repetidas con el modelo Mixto y prueba de medias de Tukey en el programa SAS (2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de rebrotes totales. No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos e interacción tiempo por tratamiento, pero sí para efecto de tiempo ($p \leq 0.05$), se observó que los 30 y 45 días hubo un mayor número de rebrotes en comparación con los otros periodos evaluados. El tratamiento con menor número de rebrotes fue el T1 al día 75 de poda (Cuadro 1).

Cuadro 1. Promedio de rebrotes totales de *Gliricidia sepium* a dos alturas (50 y 70 cm) de poda y frecuencias de corte total cada 15 días.

| T | R | Días (Media \pm SE) | | | | |
|----|----|--|--|--|---|---|
| | | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |
| T1 | 10 | 19.4 \pm 3.5 ^a _x | 24.5 \pm 3.6 ^b _x | 23.9 \pm 2.8 ^b _x | 15.6 \pm 2.5 ^{ac} _x | 10.3 \pm 2.3 ^d _x |
| T2 | 10 | 21.3 \pm 3.5 ^a _x | 27.9 \pm 3.6 ^b _x | 26.9 \pm 2.8 ^b _x | 16.3 \pm 2.5 ^c _x | 11.9 \pm 2.3 ^{cd} _x |

a, b, c, d. Medias con distinta literal dentro de cada fila indica diferencia ($p \leq 0.05$). x, y. Medias con distinta literal dentro de cada columna indica diferencia ($p \leq 0.05$). T=Tratamiento. R=Repeticiones. SE=Error estándar. T1. Poda a 50 cm de *Gliricidia sepium* T2. Poda a 70 cm de *Gliricidia sepium*.

Las variaciones en número de rebrotes entre periodos o tiempo se sugiere fueron debidas a la disponibilidad de tejidos meristemáticos activos (yemas) y de la movilización de los carbohidratos disponibles y otras reservas del material de la planta que quedan después del corte. Reda *et al.* (2000) menciona que un árbol podado al no tener copa en presencia de déficit hídrico, debe desarrollar una nueva cobertura foliar que permita la generación de azúcares y el intercambio gaseoso para la sobrevivencia del individuo. Por lo anterior, la disminución en la formación de rebrotes nuevos a los 60 días en adelante se puede atribuir a la poca respuesta de la planta ante el estrés sometido en cada poda o al posible agotamiento de reservas antes acumuladas de nutrientes, almidón, azúcares y otras reservas de energía necesarias para la formación de tallos.

Tipo de rebrote. El tipo de rebrote adventicio fue el predominante ($p \leq 0.05$) para T1 y T2 con 63 y 52 %, respectivamente seguido del epicórmico (26 y 34 %) y finalmente el lignofiber (11 y 14 %). Esto difiere con lo encontrado por Flores-Pinot *et al.* (2018) al evaluar la capacidad de rebrote de *Leucaena macrophylla* Benth con fines dendroenergéticos en Cortes, Honduras, donde el rebrote más común resulto el tipo epicórmico seguido del adventicio y finalmente el lignofiber coincidiendo este último con el presente trabajo. Reda (2000) menciona que el dominio de rebrote epicórmico se debe a que es un rebrote de rápido desarrollo, con presencia de meristemas secundarios y en los que el consumo energético es menor en comparación al adventicio o lignofiber que son rebrotes de lento desarrollo y de un consumo energético mayor. Esto resulta contradictorio con lo obtenido en el presente trabajo, ya que como antes se menciona el rebrote con mayor presencia fue el adventicio. Se sugiere que la capacidad de rebrote de *G. sepium* haya sido influenciada y disminuida debido a la principal formación de este rebrote de lento desarrollo y con mayor consumo de nutrientes.

Biomasa.

No se encontraron diferencias ($p > 0.05$) entre tratamientos e interacción tiempo por tratamiento, pero si para efecto de tiempo ($p \leq 0.05$) como puede observarse en el Cuadro 2. Los mayores pesos de biomasa se encontraron en el día 30, mientras que los menores se registraron a los 15 días para ambos tratamientos. La menor cantidad de biomasa encontrada se atribuye al estrés que ejerció la poda total sobre la planta, provocando la generación de menor número de rebrotes y por lo tanto menor peso. Los resultados anteriores se relacionan con el número de los rebrotes obtenidos.

Después de los 45 días los pesos disminuyeron (Cuadro 2), se sugiere que el agotamiento de las reservas nutricionales de la planta disminuye más rápidamente con frecuencias de poda intensa y consecutiva, lo que no permite un buen desarrollo del rebrote y en consecuencia pesos de biomasa menores a diferencia de las podas iniciales.

Cuadro 2. Biomasa (g) de rebrotes de *Gliricidia sepium* a dos alturas de poda (50 y 70 cm) y frecuencias de corte total cada 15 días.

| T | R | Días (Media \pm SE) | | | | |
|----|----|--|---|---|--|--|
| | | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 |
| T1 | 10 | 5.8 \pm 2.23 ^a _x | 60.7 \pm 14.7 ^b _x | 45.9 \pm 7.78 ^c _x | 32.4 \pm 6.64 ^{cd} _x | 6.7 \pm 2.04 ^a _x |
| T2 | 10 | 4.4 \pm 2.23 ^a _x | 73.2 \pm 14.7 ^b _x | 34.9 \pm 7.78 ^c _x | 24.3 \pm 6.64 ^{cd} _x | 6.0 \pm 2.04 ^a _x |

a, b, c, d. Medias con distinta literal dentro de cada fila indica diferencia ($p \leq 0.05$). x, y. Medias con distinta literal dentro de cada columna indica diferencia ($p \leq 0.05$). T=tratamiento. N=Numero de plantas. SE=Error estándar. T1. Poda a 50 cm de *Gliricidia sepium* T2. Poda a 70 cm de *Gliricidia sepium*.

Respecto a los factores que influyen en la formación de forraje y consecuentemente en la producción de biomasa, Toral e Iglesias (2007) mencionan que la mayor altura de poda garantiza en las plantas la presencia de un área adecuada de tejido parenquimático reservante y tejido meristemático activo, factores necesarios en el desarrollo del rebrote. Sin embargo en esta investigación la altura de poda no tuvo influencia, se considera que la poda frecuente cada 15 días tiene un efecto negativo sobre el rendimiento del material vegetativo de *Gliricidia sepium*.

CONCLUSIONES

La capacidad de rebrote de *Gliricidia sepium* es similar en alturas de poda a 70 o 50 cm, predominan los rebrotes tipo adventicio y las mejores respuestas se presentan a los 30 días. La frecuencia de poda intensa cada 15 días fue negativa en el comportamiento agronómico de *Gliricidia sepium* en el establecimiento de un sistema silvopastoril.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al proyecto Cátedras CONACyT 2181 “Estrategias agroecológicas para la seguridad alimentaria en zonas rurales de Campeche” y al Colegio de Postgraduados Campus Campeche.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dynesius M. Slow recovery of bryophyte assemblages in middle-aged boreal forest regrown after clear-cutting. *Biological Conservation*. 2015; 109:101-109.
2. Flores-Pinot DA, Sorto-Janeth T, Gutiérrez-Bardales J, Arias-Aguilar D, Valverde CJ, Mora-Molina J. Capacidad de rebrote de *Leucaena macrophylla* Benth con fines dendroenergéticos en Cortes, Honduras. *Revista forestal Mesoamericana Kurú*. 2018; 16(38):47-54
3. García E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Quinta edición. Instituto de Geografía/UNAM. México. 90 p.
4. Ramos TO, Canul SJR, y Ku VJC. Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre la producción forrajera de *Gliricidia sepium* en Yucatán, México. *BioCiencias*. 2016; 4(2):116-123.
5. Reda F, Maximous S, El-Kobisy OSM. Estudios morfológicos y anatómicos en plantas de leucaena (*Leucaena leucocephala*) cultivadas bajo estrés de diferentes niveles de salinidad en el agua de riego. *Fac. Agric.* 2000; 51(3): 309-330.
6. SAS Institute. (2012). *Statistical Analysis Software SAS/STAT®*, versión 9.0.2, Cary, North Carolina, USA.
7. Toral CO, Iglesias JM. Efecto de la poda en el rendimiento de biomasa de 20 accesiones de especies arbóreas. *Pastos y Forrajes*. 2007; 30(3): 341-355.

Sección: Manejo agronómico

POTENCIAL PRODUCTIVO DE DIFERENTES VARIEDADES DE MAÍZ EN LA ZONA PRODUCTORA DE CUAUHTÉMOC, CHIHUAHUA

Omar Cástor Ponce García¹, Jesús Manuel Ochoa Rivero¹, Alan Álvarez Holguín¹, Juan Manuel Soto Parra², Linda Citlalli Noperi Mosqueda².

¹Instituto del Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental La Campana. Aldama, Chihuahua, México. ²Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas.

Palabras Clave: Estomas; Maíz de riego; intercambio gaseoso

Introducción

El Maíz amarillo es uno de los cultivos más importantes en México para la producción de almidones y jarabes. Para el año 2020, se produjeron 236,891 miles de toneladas de este cultivo, de las cuales, la mayor parte fue aportada por los estados de Sinaloa, Jalisco, Michoacán, México, Guanajuato y Chihuahua (SIAP, 2020).

Cuauhtémoc es uno de los principales municipios productores de maíz amarillo del estado de Chihuahua, sin embargo, el cambio climático ha provocado la pérdida de cosechas y la reducción del rendimiento. En este contexto, Ramírez *et al.* (2011), mencionaron que la tendencia del clima en este municipio es que conforme el tiempo avance, las temperaturas aumentaran y la precipitación será menor. Por lo anterior, es necesario buscar híbridos de maíz amarillo que se adapten a las nuevas condiciones climatológicas de la zona.

El objetivo del presente proyecto fue evaluar el potencial productivo de diferentes híbridos de maíz amarillo bajo régimen de riego en la región productora de Cuauhtémoc, Chihuahua.

Materiales y Métodos

El experimento se realizó en una parcela comercial ubicada la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua, en una latitud Norte 28°37'8.54" y longitud Oeste 106°54'47.78". Se implementó un diseño de Bloques Completamente al Azar (BCA) con 3 tratamientos. Los tratamientos consistieron en los híbridos de maíz P1898, P1445 y P1382. Los bloques se colocaron en contra del sentido del riego rodado, para aislar el efecto de humedad. El tamaño de n fue de 24 repeticiones por tratamiento y se tomó como unidad experimental el bloque (cuatro plantas), para evitar la pseudo replicación.

La siembra de los materiales vegetales se realizó el día 28 de marzo del 2020, mediante una sembradora de precisión a una densidad de 85,000 semillas por hectárea. Se realizó un total de 7 riegos distribuidos a lo largo del ciclo del cultivo con una lámina de 27 mm por evento. La fertilización se realizó al momento de la siembra. En forma posterior, se aplicó una tonelada de Nitromag (27% N, 6% CaO y 4% de MgO) dividida en tres aplicaciones durante el ciclo del cultivo de maíz.

Las variables evaluadas fueron: Producción, Altura de planta*, índice de área foliar*, Densidad estomática, Área estomática, Conductancia estomática, asimilación neta de CO₂ y tasa de transpiración.

Resultados y discusión

Se observó que el híbrido P1898 fue superior estadísticamente en la producción de grano con 1.54 y 1.88 t ha⁻¹ más que los híbridos P1445 y P1382 respectivamente (Figura 1.A). Sin embargo, los rendimientos fueron menores en comparación con años anteriores. Esto se debe a que el municipio de Cuauhtémoc se calificó con problemas moderados a severos de sequía durante el año 2020, lo cual afectó el rendimiento de los híbridos.

Para el tamaño de planta no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos (Figura 1.B), sin embargo, se encontró que el tratamiento con mayor índice de área foliar fue el P1898 (Figura 1.C), lo cual coincide con la producción observada. Estos datos coinciden con lo reportado por Tinoco *et al.* (2008), quienes mencionaron que conforme incrementa el IAF la producción de maíz es mayor.

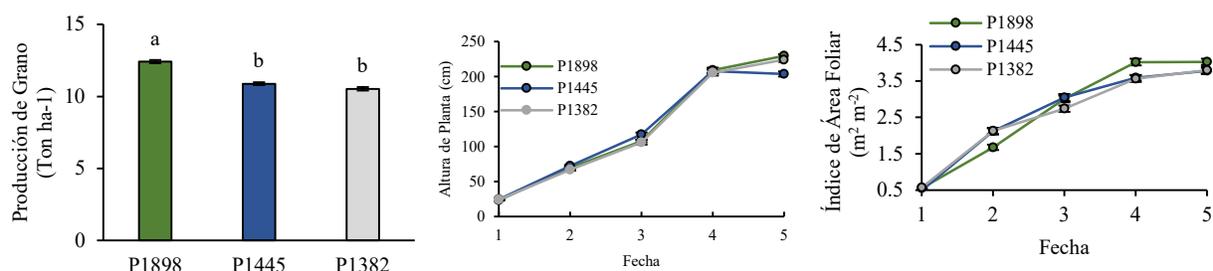
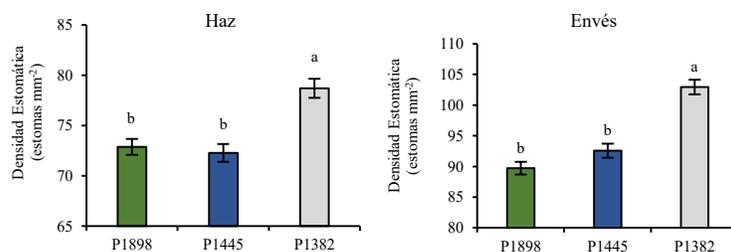


Figura 1. Variables agronómicas evaluados en 3 híbridos de maíz cultivados en la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua. A) Producción; B) Altura de Planta y C) Índice de área foliar.

El híbrido P1382 presentó la mayor densidad y menor tamaño de estomas, mientras que los híbridos P1898 y P1445 se comportaron de forma inversa. Zhao *et al.* (2015), mencionan que el estrés por falta de agua en maíz puede incrementar el número de estomas y reducir el tamaño de estos. Esto sugiere que el híbrido P1382 se encontraba con mayor estrés debido a la falta de agua, en comparación con los híbridos P1898 y el 1445.

Orcen *et al.* (2013), mencionan que conforme incrementa el índice de área foliar se reduce la densidad estomática, lo cual coincide con lo encontrado en el presente proyecto (Figura 2). Esto se debe a que la densidad estomática alcanza un alto porcentaje de su desarrollo total en etapas tempranas de la hoja y posteriormente se estabiliza, en cambio, el número de estomas incrementa conforme la hoja crece (Zhao *et al.*, 2015). Por lo anterior se puede inferir que el desarrollo foliar se detuvo debido a la falta de agua, a su vez el número de estomas se incrementó por lo tanto la densidad estomática aumenta.



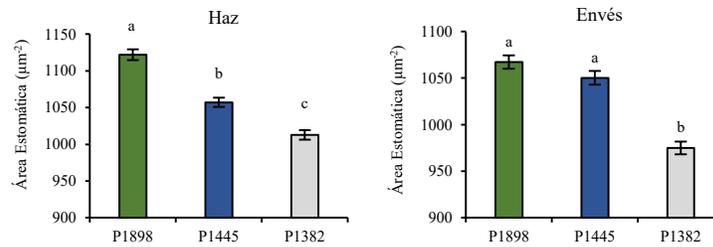


Figura 2. Densidad y área estomática de diferentes híbridos de maíz cultivados en la ciudad de Cuauhtémoc, Chihuahua bajo régimen de riego.

El híbrido P1898 presentó mayor conductancia estomática (g_s), lo cual mide el intercambio de CO_2 y agua entre la planta y el medio ambiente. Así mismo, este híbrido presentó mayor tasa de asimilación neta de CO_2 (A) y tasa de transpiración (E) (Figura 3). Este resultado concuerda con el de la producción de grano, ya que el híbrido P1898 presentó mayor asimilación de CO_2 . El CO_2 se utiliza para producción energía durante la fotosíntesis. La energía producida durante la fotosíntesis se utiliza para producir carbohidratos, los cuales posteriormente son usados para producir tejidos o frutos. No obstante, el híbrido P1898 fue el que presentó mayor transpiración. Salvagiotti. (2009), menciona que para obtener altos rendimientos en maíz la planta debe presentar una alta asimilación de CO_2 , buena regulación de la transpiración y un dosel adecuado para la captación de radiación solar, lo cual, parece coincidir con lo encontrado en el proyecto.

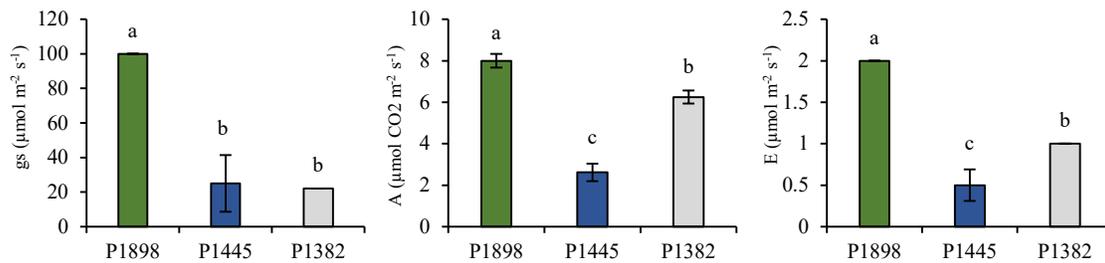


Figura 3. Conductancia estomática (g_s), tasa de asimilación neta de CO_2 (A) y tasa de transpiración (E) de tres híbridos de maíz, producidos en Cuauhtémoc, Chihuahua

Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo se llegó a la conclusión que el híbrido P1898 fue el que se adaptó mejor a las condiciones de producción de la región productora de Cuauhtémoc, Chihuahua en el año 2020. Sin embargo, los datos muestran un interesante potencial del híbrido P1382, el cual, en las condiciones favorables de humedad podría llegar a superar la producción del resto de los híbridos.

Agradecimientos

Se agradece al organismo pronatura Noreste por facilitar los fondos para realizar la investigación, así como a los diferentes actores que apoyaron en el desarrollo de los experimentos de campo.

Referencias bibliográficas

Ramírez Legarreta, M. R., Ruiz Corral, J. A., Medina García, G., Jacobo Cuéllar, J. L., Parra Quezada, R. Á., Ávila Marioni, M. R., & Amado Álvarez, J. P. (2011). Perspectivas del sistema de producción de manzano en Chihuahua, ante el cambio climático. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 2(SPE2), 265-279.

Tinoco Alfaro, C. A., Ramírez Fonseca, A., Villarreal Farías, E., & Ruiz Corral, A. (2008). Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento. *Agricultura técnica en México*, 34(3), 271-278.

Orcen, N., Nazarian, G., Barlas, T., & Irget, E. (2013). Variation in stomatal traits based on plant growth parameters in corn (*Zea mays* L.). *Annals of Biological Research*, 4(11), 25-29.

Salvagiotti, F. (2009). Rendimientos potenciales en maíz. Brechas de producción y prácticas de manejo para reducir las. *Para mejorar la producción*, 41, 61-66.

Zhao, W., Sun, Y., Kjelgren, R., & Liu, X. (2015). Response of stomatal density and bound gas exchange in leaves of maize to soil water deficit. *Acta Physiologiae Plantarum*, 37(1), 1704.

CRECIMIENTO Y DESARROLLO FOLIAR DE LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) TIPO BATAVIA EN INVERNADERO

Juan Manuel Barrios Díaz^{1*}, Susana Emicete Salas¹, Benjamín Barrios Díaz²,
Guillermo Jesuita Pérez Marroquín¹

¹Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, BUAP; ²Complejo Regional Norte, BUAP.

juan.barrios@correo.buap.mx

Palabras clave: Modelos de crecimiento, Grados-día de desarrollo, Lechuga.

INTRODUCCIÓN

El crecimiento y desarrollo de un cultivo en términos biológicos es afectado por múltiples factores de genotipo, ambiente y condiciones de manejo que provocan la expansión y diferenciación de órganos, captación y procesamiento de recursos, y su distribución entre los distintos órganos de la planta, dando como resultado la acumulación de biomasa (Di Benedetto y Tognetti, 2016). El crecimiento es resultado de muchas interacciones ambientales (luz, CO₂, estado hídrico de las hojas, humedad del aire y suelo, etc.), cuando la temperatura está dentro de los límites óptimos, mientras que el desarrollo es mucho más variable con los cambios de temperatura, casi inversamente proporcional a ésta, cuando el cultivo ha sido adaptado a un ambiente específico, la humedad y fertilidad del suelo no sean limitantes (Gordon y Bootsma, 1993). Por otra parte, desde hace bastantes años se ha planteado el término grados-día de desarrollo (GDD) para referirse a la relación entre la temperatura y el desarrollo de los cultivos, además se han empleado distintos enfoques y modelos para el análisis del crecimiento; ambas herramientas proporcionan una guía confiable del desarrollo de muchos cultivos durante la estación de crecimiento y son útiles al tomar decisiones del manejo agrícola como la predicción de etapas del ciclo de vida del cultivo o plagas, aplicación de herbicidas, sincronización de la floración o polinización cruzada de cultivos para la producción de semillas híbridas y en la programación precisa del riego, entre otras.

El cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) es considerado de los más importantes dentro del grupo de hortalizas de hoja suelta, debido a que se consume principalmente en ensaladas y es cultivada en casi todos los países del mundo. México es el noveno productor de lechuga a nivel mundial y produce en 22 entidades, pero las principales son: Guanajuato, Zacatecas y Puebla. En el año 2020 la producción nacional fue de 541,804 t en 22,284 ha sembradas (SIAP, 2020).

Con base a lo anterior, el objetivo de la investigación fue modelar el incremento del índice de área foliar (IAF), peso fresco (PF), peso seco (PS) y número de hojas (NH) de plantas de lechuga tipo Batavia en función de los grados-día de desarrollo calculados en condiciones de invernadero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue establecido en un invernadero de 1250 m² de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias de la BUAP, en San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México (19° 52' 31" N y 97° 22' 02" W), a una altitud de 1676 msnm, el clima es templado con lluvias en verano y temperatura media anual de 15 °C (INEGI, 2005). El material vegetal fue lechuga tipo Batavia cv. Bateira (Nunhems®) y las semillas fueron germinadas el 9 de octubre de 2019 en charolas de poliestireno de 200 cavidades con sustrato de peat moss Kekilla® y Agrolita®. El trasplante fue el 26 de noviembre de 2019 en camas de 23 m de longitud y 0.80 m de ancho. Cada cama fue preparada con 60 kg estiércol fresco de borrego y acolchadas con plástico bicolor negro/plata calibre 90 de 1.20 m de ancho. El trasplante fue realizado en "tres bolillo" con tres hileras de plantas separadas a 0.30 m para obtener una densidad de población de 5.5 plantas m⁻². La fertilización fue a través del sistema de riego con la dosis de 2.0, 1.0, 2.0, 1.0 y 0.5 kg ha⁻¹ día⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO, respectivamente. La cantidad y fertilizantes utilizados por m³ de agua fueron: 323 g de nitrato de amonio, 292 g de nitrato de calcio, 146 g de fosfato de potasio, 205 g de sulfato de potasio y 235 g de sulfato de magnesio. El control de plagas y enfermedades fue con productos biológicos de *Trichoderma viride* y *Bacillus subtilis* a dosis de cada 2.0 L ha⁻¹. El riego de cada cama de cultivo fue con dos líneas regantes de cintilla marca TORO® de 16 mm de diámetro, separación entre emisores de 20 cm y caudal nominal de 1.0 Lh⁻¹ a 80 kPa de presión, suministrada con una bomba marca Pedrollo® de 1.0 HP activada con un programador de riego.

Cada 10 días a partir de la fecha del trasplante y hasta la etapa de floración fue realizado el muestreo de las hojas de 10 plantas. Las variables medidas fueron de IAF, PF, PS y NH. Para calcular el área foliar fueron escaneadas cada una de las hojas y se utilizó el programa de cómputo imageJ®. Por otra parte, con datos de temperatura registrados automáticamente cada hora por una estación meteorológica Vantage Pro 2.0® ubicada dentro del invernadero fueron calculados los grados-día de desarrollo (GDD) con el método de integración numérica (Rodríguez *et al.*, 2012), debido a su mayor precisión cuando se dispone de datos a intervalos de tiempo relativamente cortos. La temperatura máxima umbral fue considerada 30 °C y la umbral mínima 6 °C.

El análisis de crecimiento fue realizado con el follaje del cultivo presente durante prácticamente todas las etapas fenológicas de la planta, excepto formación de semilla. La metodología utilizada tuvo fundamento en el análisis funcional, similar al empleado por Carranza *et al.* (2009). Las mediciones periódicas de biomasa foliar fueron ajustadas a un modelo matemático logístico de la forma:

$\frac{dy}{dt} = \frac{k}{\alpha}y(\alpha - y)$, del cual resulta la función de crecimiento: $y = \frac{\alpha}{1 + e^{-k(t-t_m)}}$. Donde: α es la asíntota superior; $y=0$ es la asíntota inferior; t_m es el tiempo en que se alcanza la máxima tasa de crecimiento o sea cuando dy/dt es máxima, esto es $k\alpha/4$. Las mediciones directas de las variables (y) de PF, PS e IAF de las 10 plantas consideradas en cada muestreo se asumieron en función de los grados-día de desarrollo (GDD) acumulados a partir del trasplante, esto es: $y = y(\text{GDD})$.

Los análisis de regresión y obtención de los parámetros del modelo se realizaron con el procedimiento NLIN del programa de computo SAS y el método de Gauss-Newton como método de aproximación. El grado de ajuste del modelo fue con el cálculo del error de predicción promedio: $EPP = 100 \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \left(\frac{do_i - de_i}{do_i} \right)}{n}$; do_i y de_i indican datos observados y estimados de las variables medidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

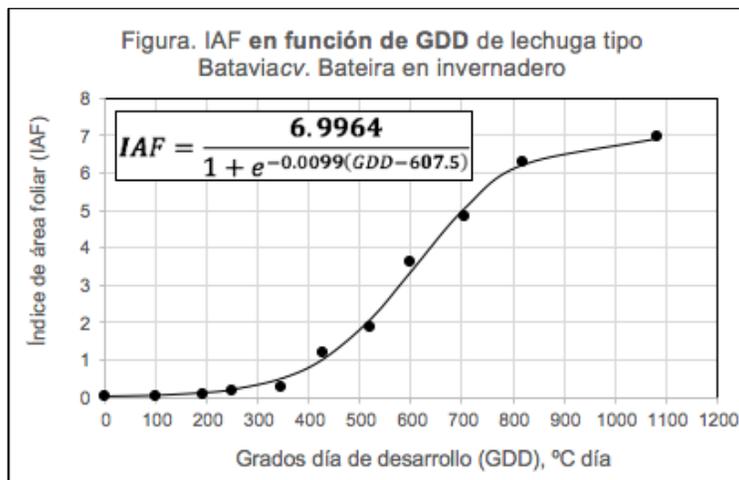
En el Cuadro 1 se muestran las etapas fenológicas y los GDD acumulados después del trasplante

Cuadro 1. GDD para diferentes etapas fenológicas de lechuga tipo Batavia en invernadero.

| Fecha de muestreo | Etapas de desarrollo | Días después de la siembra | Días después del trasplante | GDD por etapa | GDD acumulados |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|----------------|
| 9/10/19 | Siembra | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 26/11/19 | Trasplante | 48 | 0 | 514 | 0 |
| 6/12/19 | 6 hojas | 58 | 10 | 102 | 102 |
| 16/12/19 | 10 hojas | 68 | 20 | 92 | 194 |
| 26/12/19 | 13 hojas | 78 | 30 | 56 | 250 |
| 7/01/20 | 14 hojas | 90 | 42 | 96 | 346 |
| 17/01/20 | 23 hojas | 100 | 52 | 82 | 428 |
| 28/01/20 | 27 hojas | 111 | 63 | 93 | 521 |
| 6/02/20 | 35 hojas | 120 | 72 | 77 | 597 |
| 17/02/20 | Cosecha | 131 | 83 | 109 | 706 |
| 2/03/20 | Inducción de tallo floral | 145 | 97 | 114 | 821 |
| 26/03/20 | Floración | 169 | 121 | 262 | 1083 |

La temperatura promedio al interior del invernadero fue de 15.8°C, la cual se ubica en el rango óptimo para el crecimiento de la lechuga (diurna de 14 a 18 °C y nocturna de 5 a 8 °C); sin embargo, durante períodos de tiempo cortos se presentaron temperaturas máximas alrededor de 36 °C que favorecen el desarrollo de tallos florales y mínimas de hasta 4.2°C, donde el crecimiento es nulo y muy cercanas al punto de congelación de -6 °C (Benacchio, 1982).

Los modelos matemáticos que relacionaron el IAF (Figura), PF, PS y NH de lechuga en términos de GDD fueron los siguientes:



$$PF = \frac{590}{1 + e^{-0.0082(GDD - 629.5)}}; \quad PS = \frac{23.8531}{1 + e^{-0.0077(GDD - 630.0)}}; \quad NH = 0.00004GDD^2 + 0.0328GDD$$

En general, los modelos resultantes para IAF, PF y PS sobreestimaron los valores observados desde la etapa de trasplante (0 GDD) hasta la etapa de 23 hojas (428 GDD), pues los EPP fueron de -27.3, -242.5 y -81.8 %, respectivamente; sin embargo, posterior a los 428 GDD y hasta la etapa de floración (1083 GDD), los tres modelos tuvieron mayor grado de ajuste con EPP de 1.2% en IAF, 2.7 % en PF y 3.1 % en PS. El IAF en la etapa de floración (1083 GDD) alcanzó prácticamente el valor de 7.0, ligeramente superior al dato reportado por Carranza *et al.* (2009) para lechuga Batavia. A 607.5 GDD el incremento en este índice fue máximo (0.017 GDD⁻¹) y la planta presentaba 36 hojas aproximadamente; posteriormente en la etapa de cosecha (706 GDD), el IAF fue de 5.1 con 43 hojas por planta, de acuerdo al modelo cuadrático para NH (R²=0.99). Con respecto a las variables de PF y PS, los valores máximos alcanzado por las hojas de lechuga a 1083 GDD (floración) fueron 590 y 23.8 g, respectivamente, pero a 630 GDD fueron obtenidas las tasas máximas de incremento de peso: 1.209 gGDD⁻¹ en PF y 0,046 gGDD⁻¹ en PS, valores asociados a 37 hojas en promedio por planta y esta etapa puede establecerse como el punto de inicio de cosecha.

CONCLUSIONES

Con los modelos de crecimiento del IAF, PF y PS de las hojas de lechuga tipo Batavia cv. Bateira en términos de los GDD, es posible definir y analizar el incremento en biomasa del follaje y asociarlo a las etapas fenológicas para planear prácticas de manejo agrícola en condiciones protegidas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Benacchio SS. 1982. Algunas Exigencias Agroecológicas en 58 Especies de Cultivo con Potencial de Producción en el Trópico Americano. *En*: FONAIAP-Centro Nacional de Investigación Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Cría, Maracay, 35-39.
2. Carranza C, Lancho O, Miranda D y Chaves B. 2009. Análisis del Crecimiento de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) 'Batavia' Cultivada en un Suelo Salino de la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*; 27(1):41-48.
3. Di Benedetto A. y Tognetti J. 2016. Técnicas de Análisis de Crecimiento de Plantas: Su Aplicación a Cultivos Intensivos. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*. 42(3):258-282.
4. Gordon R and Bootsma A. 1993. Analyses of Growing Degree-days for Agriculture in Atlantic Canada. *Climate Research*; 3:169-176.
5. Rodríguez CD, Cotes JM and Cure JR. 2012. Comparison of Eight Degree-days Estimation Methods in Four Agroecological Regions in Colombia. *Bragantia*; 71(2), 299-307.
6. SIAP. 2020. Servicio de Información Agroalimentaria Pesquera. Gobierno de México.

Sección: Manejo agronómico

Productividad del material de arroz Lombardía FLAR 13, adaptado a la zona arroceras del Valle de Apatzingán Michoacán

Juan Carlos Álvarez Hernández^{1, 3}, Luis Mario Tapia Vargas², Julio Cesar Chávez Cortez³,
Laura Gabriela Flores Aviña³, Maricela Apaez Barrios³

¹Programa de Investigación de Arroz, CE Valle de Apatzingán-CIRPAC-INIFAP;
²Programa de Investigación de Arroz, CE Uruapan-CIRPAC-INIFAP; ³Programa de
Ingeniero Agrónomo Horticultor, Facultad de Ciencias Agropecuarias-UMSNH

alvarez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fondo Latinoamericano de Arroz de Riego, genotipo, *Oriza sativa*,

INTRODUCCIÓN

En México, durante los últimos 10 años, la liberación de variedades con gran potencial de rendimiento, combinado con las condiciones climáticas favorables y la disponibilidad de agua, han permitido mantener altos estándares de producción (Salcedo y Barrios, 2012; Alvarez *et al.*, 2016; Barrios *et al.*, 2016; Hernandez *et al.*, 2019). Asimismo, se han modificado algunas prácticas agrícolas en el paquete tecnológico como el trasplante de plántula de arroz a empleo de siembra directa, de riego por inundación a riegos de auxilio en periodos cortos, que permite optimizar el agua de riego en 40%. Lo anterior ha traído como resultado rendimientos superiores a 9 ton/ha. Particularmente en el Estado de Michoacán, el cultivo del arroz representa una actividad importante para los productores arroceros del Valle de Apatzingán, puesto que las nuevas tecnologías de producción han reducido los costos del cultivo.

Por consecuencia, las evaluaciones de líneas avanzadas de arroz en el Valle de Apatzingán, se han orientado a la determinación de parámetros de estabilidad de rendimientos. Recientemente, el genotipo denominado Lombardía FLAR 13 ha sido un material de arroz adaptado a las condiciones edáficas y climáticas de la región. Esta tecnología es conocida por los productores agrícolas integrados al Sistema Producto Arroz de Michoacán, donde se reconoce como una alternativa. Con base a lo anterior, el objetivo fue evaluar la línea avanzada de arroz denominada Lombardía FLAR 13, genotipo de grano largo y delgado, comparado con el material convencional en diferentes ciclos productivos, en el Valle de Apatzingán.

MATERIALES Y METODOS

El genotipo Lombardía FLAR 13 se expuso a un proceso de validación, que de manera formal inició a partir del año 2017 al año 2020, dando seguimiento a través de experimentos de campo, comparado con la variedad convencional Milagro Filipino. Esto

se hizo en predios de productores cooperantes del ejido Lombardía, municipio de Gabriel Zamora, Michoacán, siendo la mayor zona referente del cultivo de arroz en la entidad Mexicana, anualmente se establecieron las parcelas experimentales de validación, cuyas fechas de siembras fueron a partir del 5 de junio de cada año, por un periodo cercano a los cuatro meses a cosecha. La preparación del suelo consistió en labores mecanizadas. Los tratamientos utilizados fueron los genotipos de arroz Lombardía FLAR 13 y Milagro Filipino colocados bajo un diseño experimental de parcelas independientes, conformados cada material (tratamiento) por cuatro “melgas”, dando un área 336 m² por tratamiento. El manejo del cultivo consistió en labores propias de la especie. Las variables registradas fueron las productivas. Los datos obtenidos después de la verificación las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, fueron analizados con comparaciones a los conjuntos de datos mediante la prueba estadística de *t-student* para muestras independientes. El software empleado fue Past 4.06 (Hammer, 2021).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la productividad, la variable rendimiento/m² al momento de la cosecha, el análisis estadístico detectó diferencias significativas en los cuatro años de evaluación (Figura 1). Como se aprecia, el tratamiento Lombardía FLAR 13 superó en más 333 g/m² en promedio de los años de evaluación al tratamiento Milagro Filipino. Así el tratamiento Lombardía FLAR 13 registró valores superiores a los 1250 g/m² en los años promedio de evaluación (Figura 1).

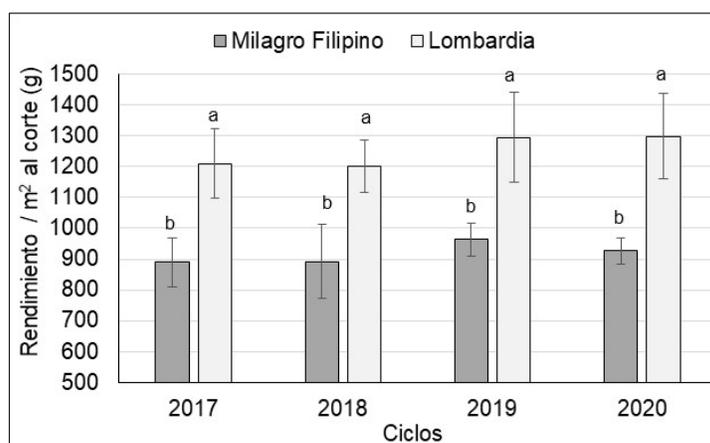


Figura 1. Comportamiento de la variable rendimiento/área al corte en genotipos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo diferentes ciclos agrícolas

Posteriormente, el análisis estadístico aplicado a la variable rendimiento/m² después de la cosecha, de forma similar encontró diferencias significativas (Figura 2). Como se observa, el tratamiento Lombardía FLAR 13 continuó siendo superior al tratamiento Milagro Filipino. Ya que el tiempo invertido en el secado de la humedad en grano, mantuvo una tendencia parecida a la variable anterior, sobresaliendo el tratamiento Lombardía FLAR 13 con valores circundantes de entre 1,085 a 1,118 g/m² (Figura 2), y de entre 260 g/m² por encima del tratamiento Milagro Filipino.

El genotipo Lombardía FLAR 13, es un material de alto potencial rendimiento, y que por los resultados obtenidos, fue estable en la condición climática del Valle de Apatzingán, Michoacán, México. Es importante resaltar que además del material Lombardía FLAR 13, también el material de arroz denominado Marfil FLAR 13 supera las expectativas, ya que su comportamiento en campo lo colocan como otra alternativa de estos nuevos materiales de grano largo y delgado.

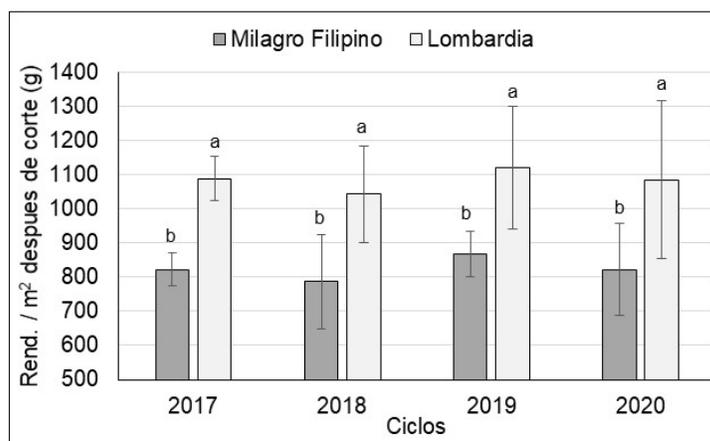


Figura 2. Comportamiento de la variable rendimiento/área después de corte en genotipos Milagro Filipino y Lombardía FLAR 13 bajo diferentes ciclos agrícolas.

CONCLUSIONES

El genotipo Lombardía FLAR 13 presentó estabilidad productiva en las condiciones ambientales del Valle de Apatzingán, además es competitivo con la variedad convencional Milagro Filipino que se establece en la zona, ya que fue superior en los resultados de las variables productivas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al grupo de investigadores de arroz en México y al INIFAP por las facilidades otorgadas para el seguimiento de las parcelas de validación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Salcedo, A. J., Barrios, G. E. J. 2012. Morelos A2010, nueva variedad de arroz para siembra directa para el centro de México. *Rev. Mex. de Cs. Agríc.* 3(7): 1453-1458.
2. Álvarez, H. J. C., Tapia, V. L. M., Tavitas, F. L. 2016. Iniflar R, nueva variedad de arroz de grano largo delgado para regiones productoras de riego en México. *Rev. Mex. de Cs. Agríc.* 17(esp.): 3649-3654.
3. Barrios, G. E. J.; Hernández, A. L.; Tavitas, F. L.; Ortega, A. R.; Jiménez, C. J. A.; Tapia, L. M.; Morelos, V. H.; Hernández, P. A.; Esqueda, E. A. V. y Uresti, D. D. 2016a. INIFLAR RT, variedad de arroz de grano delgado para México. *Rev. Mex. de Cs. Agríc.* 7(4): 969-976.

4. Hernández, A. L., Tavitas, F. L., Alvarez, H. J. C., Tapia, V. L., Ortega, A. R., Esqueda, E. V., Jiménez, C. J. A. 2019. Pacífico FL 15 y Golfo FL 16, variedades multiambientales de arroz con grano extra largo para México. *Rev. Mex. de Cs. Agríc.* 10(1): 23-34.

Sección: Manejo agronómico

PRODUCTIVIDAD DE GRANO DE HIGUERILLA EN EL ESTADO DE AGUASCALIENTES

Sergio Arellano Arciniega¹, Mercedes Borja Bravo¹, Rigoberto Rosales Serna² y Ernesto Martínez Reyes¹

1CE Pabellón CIRNOC-INIFAP; 2CE Valle del Guadiana CIRNOC-INIFAP.

arellano.sergio@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Ricinus communis*, Rendimiento, Adaptabilidad.

INTRODUCCIÓN

La higuera *Ricinus communis* perteneciente a la familia Euphorbiaceae es un cultivo importante del cual se obtiene aceite rico en ácido ricinoleico, que tiene muchas aplicaciones industriales y una creciente demanda internacional para su uso como biocombustible (Papazoglou *et al.*, 2020). En México, en su mayoría crece de forma silvestre y se cultiva por sus semillas oleaginosas multipropósito, además es una fuente de energía renovable no contaminante que puede ser utilizada en la agricultura bioenergética para producir biocombustibles, es un cultivo que requiere un bajo consumo de agua para su producción y no pone en riesgo la soberanía alimentaria del país (Bonilla *et al.*, 2016).

En México, de acuerdo a Rico *et al.* (2011) la higuera se puede cultivar con un alto potencial productivo en 30 estados del país entre los que destacan Oaxaca, Veracruz, Chiapas Tamaulipas, Sinaloa, Michoacán y Durango. Sin embargo, López y Peña (2018) mencionan que la higuera es una alternativa con viabilidad económica para las zonas áridas y semiáridas de México.

La higuera tiene ventajas productivas y amplia adaptabilidad a diversos ambientes lo cual hacen que esta especie se convierta en una alternativa productiva en diferentes estados. Así mismo, para México la higuera es una especie que reúne a corto plazo las mayores ventajas agronómicas y tecnológicas para la producción de biodiesel (Jiménez *et al.*, 2015). Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad de grano del cultivo de higuera en Aguascalientes.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación de los materiales de higuera se realizó en el Campo Experimental Pabellón de INIFAP en Aguascalientes, localizado a los 22°09'34" latitud norte y 102°17'39" longitud oeste, a 1912 msnmm, donde el suelo presenta una textura franco arenosa. La fecha de siembra fue el 13 de abril de 2020, se utilizaron cuatro variedades (Ferreria, Guanajuato Oil, Mex Oil y Ferreria) y un híbrido comercial (K 855). Se establecieron parcelas de 15x10 m con tres repeticiones por variedad, la distribución de plantas fue con un diseño de marco real con separación de 0.80 m, el control de malezas y cosecha se realizó de manera manual, el riego fue por goteo con cintilla y se realizó una fertilización a los 30 días después de la siembra con una dosis 60-00-00.

Se tomaron seis muestras (dos por repetición) para determinar el rendimiento, cada muestra consistió en dos surcos de 5 m de longitud. En cada muestra se cosecharon todas las espigas de las plantas, para luego ser trilladas en forma manual. Posteriormente, se limpió el grano para determinar el rendimiento (kg/ha). Se realizó una comparación de medias entre variedades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al inicio ciclo del cultivo se presentaron temperaturas bajas, lo que influyo directamente en el desarrollo y rendimiento de la higuera, en la Figura 1 se muestran diferencias altamente significativas entre los materiales de higuera con respecto al rendimiento. La variedad Rosita mostró el valor más alto (2,392 kg/ha), aunque resultó estadísticamente similar al registrado en el híbrido de higuera K- 855 (2,295 kg/ha) y estos dos materiales superaron al resto de germoplasma evaluado y de forma significativa la diferencia mayor fue con respecto a Ferreria (1,647 kg/ha), que fue la variedad que obtuvo un menor rendimiento.

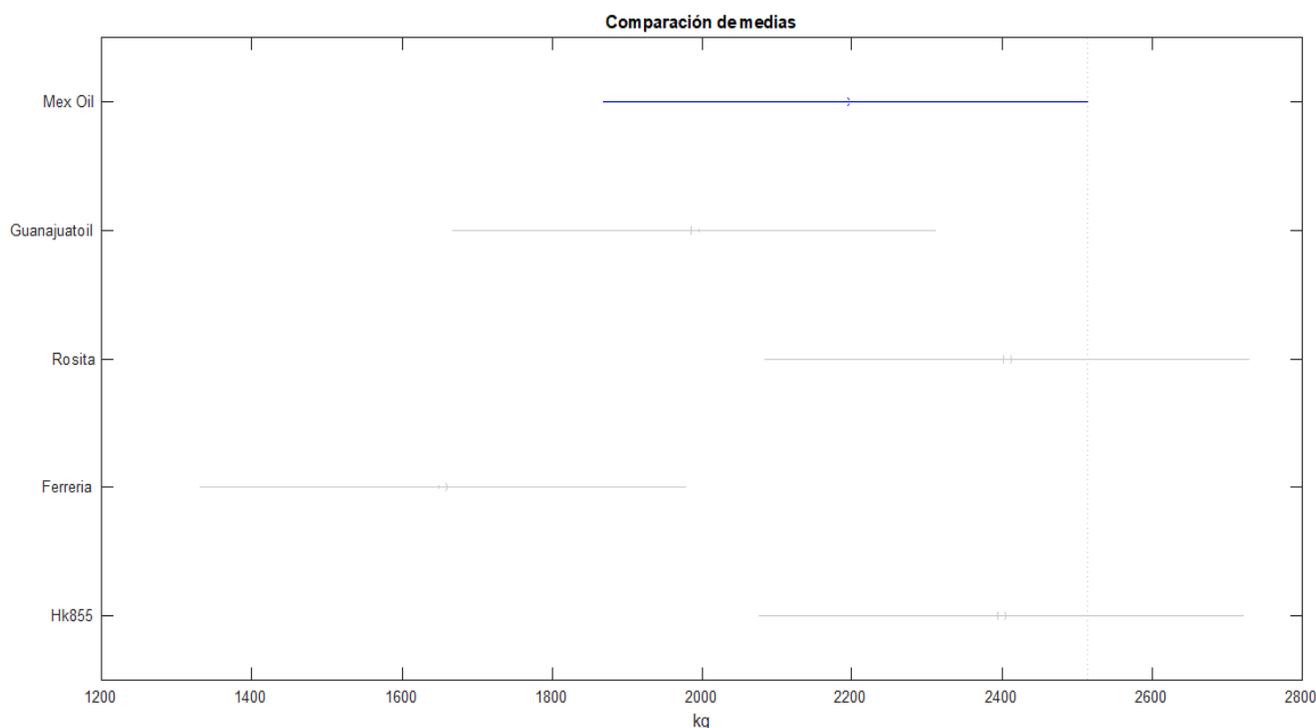


Figura 1. Comparación de medias de rendimiento de los materiales de higuera.

En la Figura 2 se muestra la grafica de caja de la distribución de los rendimientos obtenidos en las cuatro variedades y un híbrido de higuera para Aguascalientes. Las variedades Mex Oil y Ferreria mostraron una menor distribución o dispersion; sin embargo, la variedad Rosita observo la mayor mediana y fue el híbrido HK-855 el que tuvo la mayor dispersion en rendimiento.

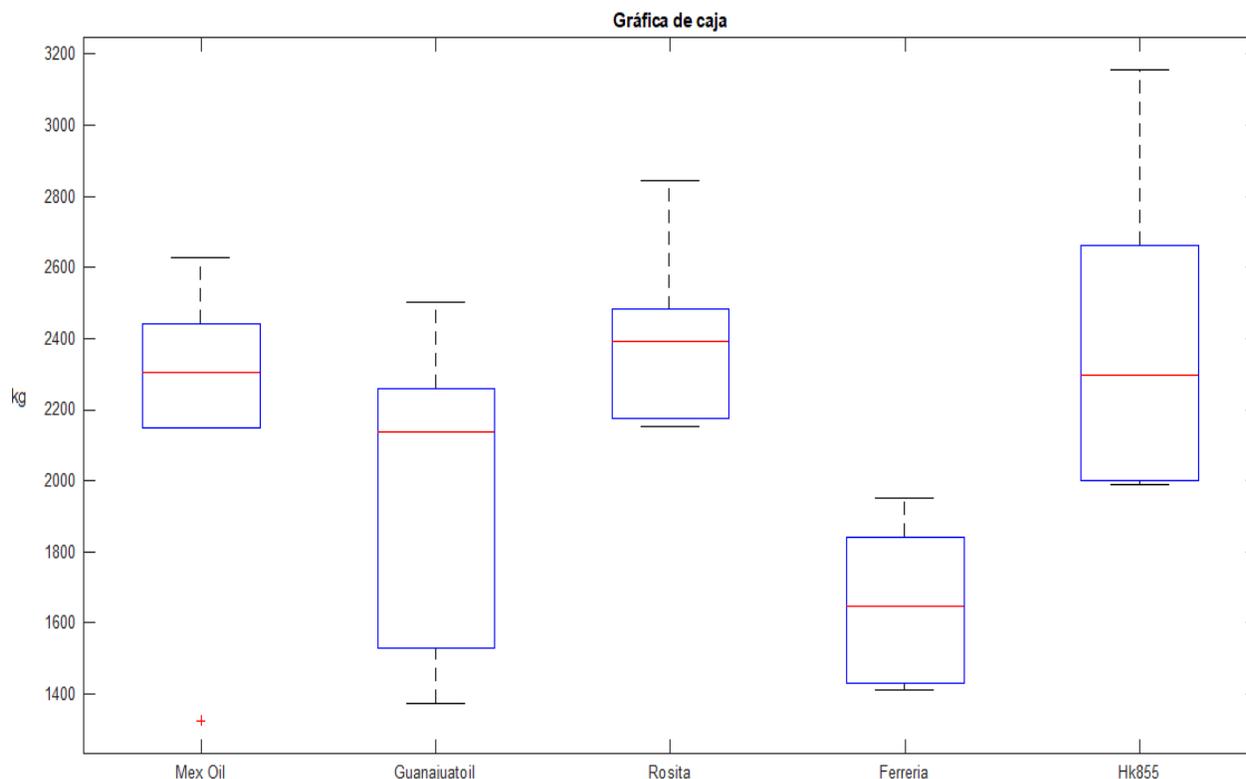


Figura 2. Distribución del rendimiento de los materiales de higuerrilla.

El rendimiento de las variedades Mex Oil y Guanajuato Oil fueron ligeramente inferiores a la variedad Rosita. Jiménez *et al.* (2015) mencionan que la variedad Rosita muestra una adaptación y un rendimiento estadísticamente igual al observado en los híbridos comerciales. Esta variedad, puede ser una opción para que sea utilizada en el estado de Aguascalientes, por lo que es necesario continuar con ajustes en el manejo agronómico para que optimice el rendimiento del grano. Los resultados obtenidos indican que el cultivo de la higuerrilla en el estado pueden ser una alternativa productiva; sin embargo, es importante continuar con la evaluación de las variedades.

CONCLUSIONES

En Aguascalientes la higuerrilla es un cultivo con capacidad de adaptación y productividad aceptable. La variedad Rosita y el híbrido comercial HK-855 fueron similares en el rendimiento de grano. Con respecto al manejo agronomico, es importante determinar la fecha de siembra óptima que permita al cultivo alcanzar su máximo rendimiento. Es recomendable continuar con la evaluación agronómica y económica del cultivo de la higuerrilla en el estado para desarrollar un paquete tecnologico adecuado que permita al productor obtener una relación beneficio-costos positiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bonilla, S. J. L.; Orozco, M. A.; Escalante, E. J. A. S.; Zamarripa, C. A.; 2016. Crecimiento de variedades y componentes del rendimiento de higuerrilla (*Ricinus communis* L.) en Montecillo, Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(2):311-323.
- Jiménez O., R., Rosales S., C. F. Galindo V., R. Jiménez R., y P. A. Domínguez M. 2015. Rendimiento de variedades e híbridos de higuerrilla cultivados en diferentes ambientes de Durango, México. *AGROFAZ* 15(1): 135-146.

- Papazoglou, E. G., Alexopoulou, E.; Papadopoulos, G. K.; Economou-Antonaka, G. 2020. "Tolerance to Drought and Water Stress Resistance Mechanism of Castor Bean" *Agronomy* 10, no. 10: 1580. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101580>
- Rico P., H. R.; L. M. Tapia V.; R. Teniente O.; A. González A.; M. Hernández M.; J. L. Solís B.; A. Zamarripa C. 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. CIRPAC-INIFAP-Campo Experimental Valle de Apatzingán. Michoacán, México. 42 p.
- López-Santos Armando y Peña-Uribe Gabriel de Jesús. 2018. Índice de productividad y áreas potenciales para cultivar higuierilla en el norte de México. XIV Congreso Nacional sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas.

Sección: Manejo agronómico

CAPTURA DE CARBONO CON PRÁCTICAS DE MANEJO AGRONÓMICO EN MAÍZ PARA GRANO DE TEMPORAL

Hugo Ernesto Flores-López^{1*}, Gloria Vidrio-Llamas², Irma Julieta González-Acuña³, Celia De La Mora-Orozco¹, Humberto Ramírez-Vega²

¹Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. INIFAP
²Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de los Altos
³Campo Experimental Santiago Ixcuintla. INIFAP

flores.hugo@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El calentamiento global terrestre y el cambio climático están entre los principales problemas que enfrenta actualmente la humanidad. Estos problemas se consideran se han originado por la emisión de los denominados gases de efecto de invernadero, principalmente la liberación de dióxido de carbono (CO₂) a la atmósfera terrestre procedente de la quema de combustibles fósiles. En los últimos años México ha contribuido con más de 471.2 Mt de CO₂e en 2018, pero se ha reportado que el sector agropecuario aportaba el 12.3% de las emisiones de CO₂e, principalmente de como N₂O y CH₄, por emisiones de actividades agrícolas debidas a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, cultivos de arroz, y quema de residuos agrícolas y actividades pecuarias por fermentación entérica y manejo del estiércol. Una manera de mitigación del cambio climático es con la captura de carbono en el suelo dentro de los sistemas cultivo.

Jarecki y Lal (2005) mencionaron que los suelos del mundo contienen la mayor reserva de carbono orgánico terrestre (Corg) y son potencialmente un importante sumidero de C para compensar las emisiones de CO₂, donde dos factores importantes que afectan el secuestro de C en los suelos agrícolas: 1) la entrada de C al suelo, que depende del rendimiento de los cultivos, la rotación, la fertilización y la aplicación de sustancias orgánicas como abonos y otros biosólidos, y 2) el manejo del suelo, como la labranza del suelo y el mantenimiento de los residuos de cultivos, donde la agricultura sin labranza (NT) es un sistema de manejo que reduce la pérdida de materia orgánica del suelo (MOS). Sin embargo, la efectividad del manejo de NT en el secuestro de carbono orgánico del suelo (COS) depende del clima y las propiedades del suelo.

El COS influye en la mayoría de las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo vinculadas con su: 1) calidad, 2) sustentabilidad y 3) capacidad productiva por lo que, con un manejo sustentable del suelo, el COS debe mantenerse o aumentarse (Martínez et al., 2008). Este autor mencionó que el COS se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N cuyo aporte mineral es normalmente deficitario. Además, al modificar la acidez y la alcalinidad hacia valores cercanos a la neutralidad, el COS aumenta la solubilidad de varios nutrientes. El COS asociado a la materia orgánica del suelo (MOS) proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico. Su efecto en las propiedades físicas se manifiesta mediante la modificación de la estructura y la distribución del espacio poroso del suelo.

El COS es el principal elemento que forma parte de la MOS, por esto es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro. Al respecto cabe señalar que los métodos analíticos determinan COS. Como existe una considerable variación entre diferentes suelos y horizontes en el factor de conversión COS – MOS, es preferible informar el valor de COS sin transformar (Martínez et al., 2008). El objetivo del presente estudio fue evaluar prácticas de manejo agronómico sobre el contenido de Carbón Orgánico del Suelo en maíz de temporal en Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Centro Altos de Jalisco (CECEAJAL), del Centro de Investigaciones Regionales Pacífico Centro del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. El clima de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García es (A)C(w₁)(w)(e)g, con lluvia promedio anual es de 869 mm, temperaturas máxima, mínima y media promedio anuales de 25.7, 7.7 y 16.7 °C, respectivamente. El suelo del CECEAJAL es una mezcla fina isotérmica, Udic Rhodustalf. La pendiente del terreno es 2.1 %.

Se evaluó la concentración de Carbón Orgánico del Suelo (COS) en la repetición número uno de la plataforma tecnológica del CECEAJAL sembrada con maíz en condiciones de temporal, establecida desde 2012. Los tratamiento que contiene esta plataforma son 18, con la combinación de los factores: 1) tres tratamientos con labranza, 2) tres coberturas del suelo con residuos de la cosecha anterior de maíz, 3) surcos anchos y angostos y 4) fertilización con dos productos mineral y orgánico (Gallinaza). Al inicio del temporal de lluvias del 2018 y 2020 se muestreo el suelo a una profundidad de 20 cm de cada uno de los 18 tratamiento de la repetición uno. El análisis del suelo para medir el porcentaje de COS se realizó en el Laboratorio de Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal del INIFAP en el Campo Experimental Santiago Ixcuintla, Nayarit. Se utilizó el método de Dumas, con un equipo analizador Elemental Flash 2000. La densidad aparente del suelo se determinó con el método de probeta.

El contenido de Carbono Orgánico en el suelo (Corg) se calculó con la formula siguiente: $C_{org} = \%COS \times DaxProf$, donde C_{org} es el contenido de COS en suelo (ton/ha), %COS es el porcentaje de carbono orgánico medido del suelo (%), Da es la densidad aparente (g/cm³) y Prof es la profundidad del suelo (cm) (González-Molina et al., 2008). En el análisis de información se aplicó estadística descriptiva, con el programa EXCEL.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestra el Contenido de Corg de acuerdo con la fertilización, tipo de surco, porcentaje de residuos de maíz de la cosecha anterior y el tipo de labranza, medidos en 2018 y 2020, en temporal de Tepatitlán de Morelos, Jalisco. Esta figura se observa que el suelo en 2018 tenía mayor contenido de carbono orgánico en el suelo, con reducción de Corg para 2020 en casi todos los tratamientos. Solo el tratamiento de labranza de conservación, con 50% de residuos, surco ancho y fertilización orgánica, y el tratamiento de labranza de conservación, con 100% de residuos, surco ancho y fertilización mineral mostraron incremento en el contenido de Corg. El resto de tratamiento mostró pérdida de Corg.

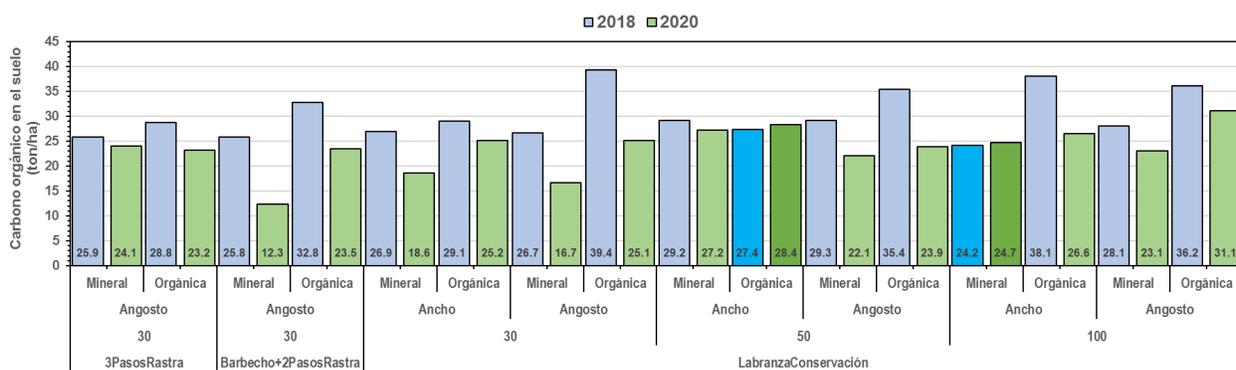


Figura 1. Contenido de Carbono Orgánico del Suelo por efecto de la fertilización, tipo de surco, porcentaje de residuos de maíz de la cosecha anterior y el tipo de labranza medidos en 2018 y 2020, en temporal de Tepatitlán de Morelos, Jalisco.

El Cuadro 1 presenta el contenido de carbono orgánico en el suelo (Corg) de acuerdo con los tratamientos por factor de estudio, en la repetición número 1 de la plataforma experimental. En este cuadro se observa

que todos los tratamientos tuvieron pérdida de Corg por factor evaluado. Sin embargo, el tratamiento de labranza convencional con barbecho y dos pasos de rastra presentó la mayor pérdida de Corg. Con el porcentaje de residuos de 30% se tuvo la mayor pérdida de Corg y también con fertilización orgánica y surco angosto. Es probable que el método para determinar la densidad aparente del suelo haya influido en el resultado de contenido de Corg en los tratamientos evaluados (González-Molina et al., 2008).

Dado que el experimento se desarrolló en condiciones temporal, los resultados obtenidos reflejan la complejidad de los procesos involucrados en la captura de carbono con las prácticas de manejo utilizadas además de otros aspectos en la evaluación de la captura de Corg, como lo resume González-Molina et al (2008). Jarecki y Lal (2005) mencionaron que la efectividad de las prácticas de manejo para capturar CO₂ atmosférico es altamente dependiente de las condiciones climáticas y las propiedades del suelo. Se esperaría que el efecto residual del fertilizante orgánico (Gallinaza) fuera más marcado, sin embargo, es conveniente considerar el cambio a estiércol de bovino (Salazar-Sosa et al., 2010). De acuerdo con otros estudio, es necesario rediseñar el manejo del cultivo, considerando el rendimiento meta y la extracción de nutrientes durante el temporal (Wang et al., 2007).

Cuadro 1. Contenido de carbono orgánico en el suelo de acuerdo con tratamientos por factor de estudio, en la repetición número 1 de la plataforma experimental del Campo Experimental Centro Altos de Jalisco en 2018 y 2020.

| Tratamiento | Corg (ton/ha) | | |
|------------------------------|---------------|------|----------------|
| | 2018 | 2020 | Tasa de cambio |
| Labranza | | | |
| Barbecho + 2 Pasos de Rastra | 29.3 | 17.9 | -11.4 |
| Labranza Conservación | 31.0 | 24.2 | -6.9 |
| 3PasosRastra | 27.4 | 23.7 | -3.7 |
| Residuos (%) | | | |
| 30 | 29.4 | 21.1 | -8.3 |
| 50 | 31.0 | 24.6 | -6.4 |
| 100 | 31.7 | 26.4 | -5.3 |
| Fertilización | | | |
| Orgánica | 33.6 | 25.6 | -8.0 |
| Mineral | 27.3 | 21.2 | -6.1 |
| Surco | | | |
| Ancho | 29.2 | 25.1 | -4.0 |
| Angosto | 31.1 | 22.6 | -8.5 |

CONCLUSIONES

Se identificaron pérdida de carbono orgánico en el suelo (Corg), con casi todas las prácticas de manejo del suelo. Solo el tratamiento de labranza de conservación, con 50% de residuos, surco ancho y fertilización orgánica, y el tratamiento de labranza de conservación, con 100% de residuos, surco ancho y fertilización mineral mostraron incremento en el contenido de Corg. A nivel de factor involucrado en las prácticas de manejo, en todas se observó pérdida de Corg. Es probable que estos resultados hayan sido influenciados por el método de determinación de la Da del suelo. Es necesario rediseñar el manejo del cultivo, considerando el rendimiento meta y la extracción de nutrientes durante el temporal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. González-Molina. L., J. D. Etchevers-Barra y C. Hidalgo-Moreno. 2008. Carbono en suelos de ladera: factores que deben considerarse para determinar su cambio en el tiempo. *Agrociencia*, 42:741-751.
2. Jarecki, M.K., and R. Lal. 2005. Soil organic carbon sequestration rates in two long-term no-till experiments in Ohio. *Soil Science*, 170(4):280-291.

3. Martínez H., E., J.P. Fuentes E. y E. Acevedo H. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. R.C. Suelo Nutr. Veg., 8:68-96.
4. Salazar-Sosa, E., H. I. Trejo-Escareño, J. D. López-Martínez, C. Vázquez-Vázquez, J. S. Serrato-Corona, I. Orona-Castillo y J.P. Flores-Márgez. 2010. Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. Terra Latinoamericana, 28:381-390.
5. Wang, X., D. Cai, W.B. Hoogmoed, U.D. Perdok, and O. Oenema. 2007. Crop residue, manure and fertilizer in dryland maize under reduced tillage in northern China: I grain yields and nutrient use efficiencies. Nutr Cycl Agroecosyst, 79:1–16.

INOCULACIÓN CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES EN *SOLANUM TUBEROSUM* L. BAJO DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN QUÍMICA

Margarita de Jesús Aguilar Tirado¹, Yajaira Baeza Guzmán^{1*}, Dora Trejo Aguilar¹, Manuel Castañeda Armenta¹, Wendy Sangabriel Conde¹

¹Universidad Veracruzana-Facultad de Ciencias Agrícolas. Circuito Gonzalo Aguirre Beltrán s/n, Zona Universitaria Xalapa, Veracruz. CP 91000. México

ybaeza@uv.mx

Palabras clave: Biofertilizantes, cultivo de papa, micorrizas.

INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos es un problema cada vez más preocupante a nivel mundial, con una población actual mundial de 7,200 millones de personas y una proyección para el 2050 de 9,300 millones. Los sistemas agroproductivos cada vez se enfrentan a altos niveles de vulnerabilidad por efecto de las altas temperaturas y cambios estructurales en los ecosistemas. Ante estos desafíos se busca generar sistemas productivos más resilientes que satisfagan simultáneamente las necesidades alimentarias mundiales y, al mismo tiempo, reducir la huella ambiental de la agricultura. En este sentido, los inoculantes a base de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) tienen el potencial de mejorar el rendimiento y sanidad de los cultivos, pero su eficiencia aún no se ha demostrado en los sistemas de producción de cultivos a gran escala y el impacto de fertilizantes y pesticidas en las comunidades microbianas nativas. Este estudio reporta un ensayo de campo donde se aplicó inoculante Rizofermic, conformado por un consorcio de 12 especies de HMA, el cual se aplicó a un cultivo de papa en el Valle de Perote, Veracruz bajo condiciones de campo y con el esquema convencional del productor.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de los hongos micorrízicos arbusculares bajo diferentes dosis de fertilización química en el número de propágulos en el suelo, % de colonización micorrizica en raíces, contenido de azúcares totales en el tubérculo y el rendimiento por hectárea.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en campo durante el mes de febrero de 2019 en el Valle de Perote, Veracruz. Se utilizó un diseño por bloques al azar con dos factores, i) biofertilizante y ii) fertilizante químico, el primero con dos niveles (con y sin micorriza) y el segundo con cuatro niveles (100%, 75%, 50% y 25%), cada tratamiento con 4 repeticiones. Cada papa se sembró a 20 cm de distancia dentro de cada bloque, con un total de 20 papas, de estas, 10 fueron plantas útiles. Se aplicó como biofertilizante el consorcio de 12 especies de HMA (Rizofermic) proporcionado por el Laboratorio de Organismos Benéficos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, el cual está compuesto por *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Acaulospora* sp. y *Gigaspora* sp., entre otras. Se aplicó mateado durante la siembra a una proporción de 20 Kg/Ha, cada 100 gr de inóculo contiene una cantidad de 1000 esporas de HMA. El fertilizante químico comercial se aplicó en las siguientes dosis: 100% o método del productor (27 gr), 75%

(20.25 gr), 50% (13.5 gr) y 25% (6.7 gr). El experimento se mantuvo bajo las condiciones del productor durante 4 meses en campo. Se evaluó el número de propágulos mediante la técnica de filtrado de esporas y el % de colonización con la técnica de Philips y Hayman (1970), el contenido total de carbohidratos por el método Fenol- ácido sulfúrico y el rendimiento total por hectárea con la fórmula de Hay y Walker (1989). Los datos se analizaron mediante con el software Statistica 9 y se realizó un ANOVA factorial a nivel de significancia de $p = 0.05$, verificando los supuestos de normalidad y homocedasticidad correspondientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El tratamiento con micorriza tuvo % similares al tratamiento del productor, sin embargo, al disminuir las dosis de fertilización química vemos un aumento en el porcentaje de colonización de hasta 3.8 veces más con respecto al manejo del productor, con porcentajes arriba del 50% y con respecto al número de propágulos, se observa la misma tendencia, con hasta 150 esporas/100 gr de suelo en el tratamiento M+F25%. Adavi et al. (2019), reportaron resultados similares en tres variedades de papa (Agrida, Santé y Arinda) en condiciones de campo, observando un aumento en el porcentaje de colonización de hasta 4.3 veces más en los tratamientos con micorriza con respecto a los tratamientos no inoculados. Esto no es inusual, ya que los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) ocurren naturalmente en suelos de campo. Sin embargo, las prácticas agrícolas actuales pueden reducir la abundancia y diversidad de las poblaciones de HMA del suelo y, por lo tanto, aumentar el tiempo necesario para el establecimiento de micorrizas funcionales. La adición de hongos micorrízicos exógenos al suelo podrían establecerse mucho antes de lo que lo harían las poblaciones nativas de HMA, mejorando así los efectos beneficiosos de la micorriza en la nutrición de la planta desde sus primeras etapas de crecimiento, tal como lo menciona también Hijri (2015). El número de esporas del suelo en cultivares de papa está en función de las especies de HMA, el clima, características del suelo, estacionalidad y manejo del cultivo. Algunos autores reportan que el número de esporas del suelo en sitios con cultivares nativos de papa ha variado entre 50 a 800 esporas por gramo de suelo y de 1 a 40 esporas en algunos sitios de Perú (Davies et al. 2005). La reserva de carbohidratos totales tanto en plantas inoculadas como no inoculadas mostraron alteraciones significativas alcanzando el máximo en el tratamiento con micorriza + fertilizante al 50% con 1.3 mg g^{-1} , sin embargo, en los tratamientos con únicamente micorriza se observó una disminución en la concentración, incluso menor que en los tratamientos con fertilizante, el tratamiento basado en el manejo del productor obtuvo la menor concentración en carbohidratos totales (0.28 mg g^{-1}). Lone et al. (2020) reportan concentraciones de carbohidratos totales en las fases iniciales en tratamientos sin micorriza de 5.98 mg g^{-1} y 7.60 mg g^{-1} en tratamientos con HMA, aumentado de acuerdo con el desarrollo de la planta, hasta llegar a concentraciones de 26.80 mg g^{-1} sin HMA y 35.19 mg g^{-1} con HMA. En cuanto al rendimiento, el tratamiento con micorriza más una dosis reducida al 50% de la fertilización química aumentó en un 28% la producción en kg/Ha, incluso, al reducir la fertilización al 25% + micorriza observamos resultados similares en comparación con la fertilización convencional realizada por el productor. Hijri (2015) reportó datos provenientes de 231 experimentos en campo con papa e inoculación con HMA en Europa y América, que el rendimiento total en papa entre los campos de control inoculados aumentó en un promedio de 3.92 toneladas por hectárea con respecto a los campos no inoculados, lo que concuerda con este estudio, ya que se estima que al disminuir el fertilizante al 25% podemos tener un aumento de 3 toneladas más por hectárea o incluso mayor si lo disminuimos al 50%, con una estimación de hasta 48 toneladas por Ha, con respecto a las 40 toneladas que obtiene el productor mediante su manejo convencional, lo que implica una reducción considerable en costos referentes a la aplicación de fertilizantes y manteniendo rendimientos elevados. La inversión total por ha es de \$50,000 - \$60,000 pesos de los cuales \$17,800 pesos representan los costos por fertilización y uso de fungicidas, herbicidas y hormonas, al utilizar el biofertilizante el productor gasta aproximadamente \$2,500 pesos por ha, esto reduciendo al 50% los costos por fertilización química (\$8,900 pesos), lo que haría un total de \$11,400 pesos, esto significa que el productor puede ahorrar hasta un 36 - 40% del costo por adición de insumo químicos.

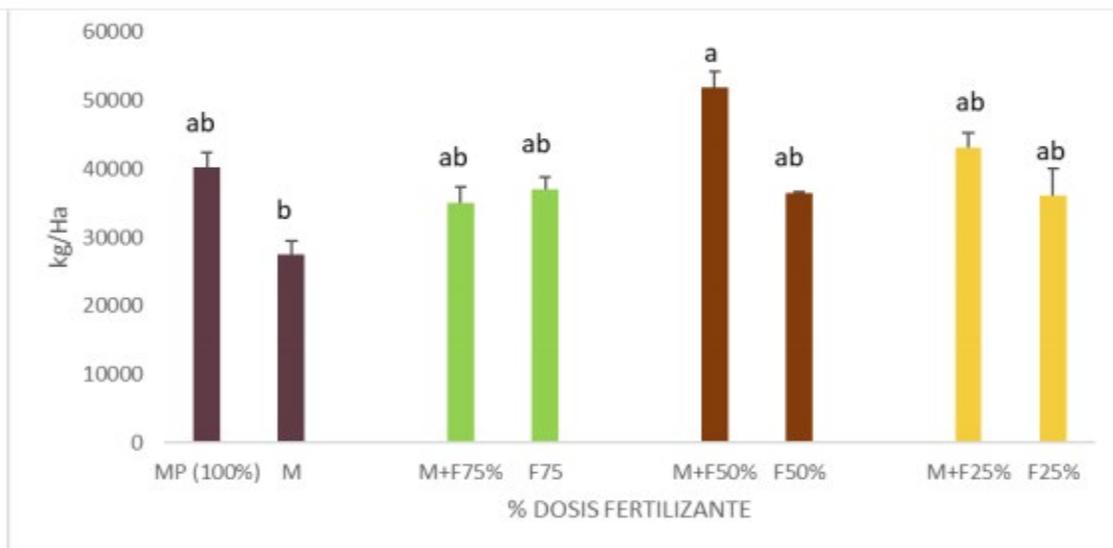


Figura 1. Rendimiento en cultivo de papa bajo diferentes dosis de fertilización química y el uso de micorrizas

CONCLUSIONES

Las especies de HMA presentes en las raíces no fueron identificadas, sin embargo, su futura identificación es sin duda un elemento importante a incorporar en esta investigación, debido a que son especies altamente resistentes y tolerantes a la aplicación continua de insumos químicos, ya que la papa es fertilizada en 6 ocasiones durante todo el ciclo de producción. El tratamiento con menor porcentaje de fertilizante (25%) + micorriza favoreció la colonización micorrízica en raíces en comparación al tratamiento convencional con 70% y 20% de colonización respectivamente. El cultivo de papa representa uno de los cultivos más importantes a nivel nacional, no obstante es un cultivo altamente dependiente de la aplicación de insumos como pesticidas, fungicidas, hormonas y fertilizantes nitrogenados y fosfatados, lo que transitar a un manejo agroecológico tiende a ser difícil por la extensión y características del cultivo, por lo que con este estudio demostramos que las micorrizas pueden vislumbrarse como alternativa para disminuir la dependencia de fertilizantes y mejorar la sanidad y productividad de los agroecosistemas extensivos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

La estudiante Margarita Aguilar agradece a la Facultad de Ciencias Agrícolas por el apoyo en su formación académica y las facilidades otorgadas por su comité de tutorial. Agradecemos a la Dra. Dora Trejo Aguilar por su apoyo en la revisión y financiamiento del proyecto, así como al Laboratorio de Organismos Benéficos por el uso de los equipos e insumos, así como en la enseñanza de diferentes metodologías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Adavi, S.B., Sathee, L. (2019) Elevated CO₂ -induced production of nitric oxide differentially modulates nitrate assimilation and root growth of wheat seedlings in a nitrate dose-dependent manner. *Protoplasma* 256, 147–159.
2. Davies, F. T., Calderón, C. M., y Huaman, Z. (2005). Influence of Arbuscular Mycorrhizae Indigenous to Peru and a Flavonoid on Growth, Yield, and Leaf Elemental Concentration of Yungay'Potatoes. *HortScience*, 40(2), 381-385.
3. Hijri, M. (2015) Analysis of a large dataset of mycorrhiza inoculation field trials on potato shows highly significant increases in yield. *Mycorrhiza* 26:3, pages 209-214
4. Lone, R., Alaklabi, A., Malik, J. A., y Koul, K. K. (2020). Mycorrhizal influence on storage metabolites and mineral nutrition in seed propagated potato (*Solanum tuberosum* L.) plant. *Journal of Plant Nutrition*, 43(14), 2164-2175.
5. Phillips, J.M. y D.S. Hayman (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55: 158-160.

SECCIÓN

Manejo agronómico

Caracteres ecofisiológicos y numéricos del rendimiento en haba afectados por el cultivar, densidad de población y sistema de siembra

Ecophysiological and numerical characteristics of faba bean yield affected by cultivar, population density and planting system

Araujo DR^{1*}, Garcia HG¹, Estrada CG² y Martínez RCG².

¹Programa de Maestría en CARN-UAEMex, ²Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma del Estado de México. wardndc@hotmail.com

Palabras clave: *Vicia faba* L. índice de cosecha, rendimiento, biomasa

Introducción

El haba (*Vicia faba* L.) es una leguminosa muy importante debido a su alto contenido de proteína en el grano y su gran diversidad de usos (Tamrat *et al.*, 2019). En México se siembran alrededor de 20 mil ha con una producción de 30 mil toneladas con un rendimiento promedio de 1.48 t ha⁻¹ (FAOSTAT, 2019). El rendimiento de grano es el resultado de la producción de biomasa por el índice de cosecha y está fuertemente influenciado por el genotipo, las condiciones ambientales y aquellas relacionadas con el manejo del cultivo, tales como, nutrición mineral, disponibilidad de agua, densidad de población y la interacción genotipo ambiente (Krut *et al.*, 2015). La densidad de población como resultado del espaciamiento entre hileras y entre plantas dentro de hileras es uno de los principales factores de manejo que determinan la producción de biomasa y el rendimiento en los cultivos de grano (Al-Suhaibani *et al.*, 2013; Zhang *et al.*, 2014). En diferentes trabajos en donde se evaluaron distintos arreglos espaciales variando la distancia entre plantas y entre hileras muestran resultados variables, lo cual puede ser atribuido al tipo de variedad botánica utilizada, condiciones de crecimiento y prácticas de manejo utilizadas (Marcellos y Consable, 1986). Considerando que existe poca información sobre el efecto de la densidad de población (distanciamiento entre hileras y entre plantas) sobre el rendimiento y sus componentes fisiológicos y numéricos en haba var. Major se estableció el presente trabajo con el objetivo de estudiar el efecto del genotipo, la separación entre hileras y la densidad de plantas por m², sobre los componentes fisiológicos y numéricos del rendimiento de semilla en haba.

Materiales y métodos

Se establecieron dos experimentos, uno con distancia entre hileras de 80 cm y el otro con distancia entre hileras de 40 cm. En ambos experimentos se evaluaron 3 genotipos de haba proporcionados por el ICAMEX (Amarilla, Diamante y Monarca) y tres densidades (5, 10 y 15 plantas por m²). Para cada experimento los tratamientos derivados del arreglo factorial de tres cultivares y 3 densidades se establecieron bajo un diseño de bloques completos al azar con 4 repeticiones. Ambos experimentos se establecieron bajo riego utilizando un sistema de riego por goteo a fin de garantizar que el suelo se mantuviera en capacidad de campo durante todo el ciclo del cultivo. El suelo se fertilizó con el tratamiento 150-60-30. El control de malezas se realizó manualmente durante todo el ciclo de cultivo. Los muestreos de biomasa se realizaron a los 45, 63, 116, 130, 147 días después de la emergencia. Las plantas cosechadas se separaron en ramas y/o tallo principal. Se separaron las hojas, se contaron las vainas de cada estrato y se cosecharon por separado para obtener el peso seco de granos (rendimiento) de las ramas principales esto último en madurez fisiológica. Se tomaron 2 muestras de 100 granos de cada parcela para calcular el peso de 1000 granos y con ese dato se calculó el número de granos por unidad de superficie.

Resultados y discusión

Al analizar los componentes fisiológicos del rendimiento (producción de biomasa e índice de cosecha) se apreció que el rendimiento de grano se relacionó positivamente biomasa acumulada en madurez (Figura

1a), en ambos sistemas de siembra al incrementar el número de plantas m^{-2} se incrementó la biomasa por unidad de superficie. La evidencia en la literatura revela que en los cultivos de grano el rendimiento es explicado principalmente por cambios en la producción de biomasa (Woldeselassie y Admasu, 2018;).

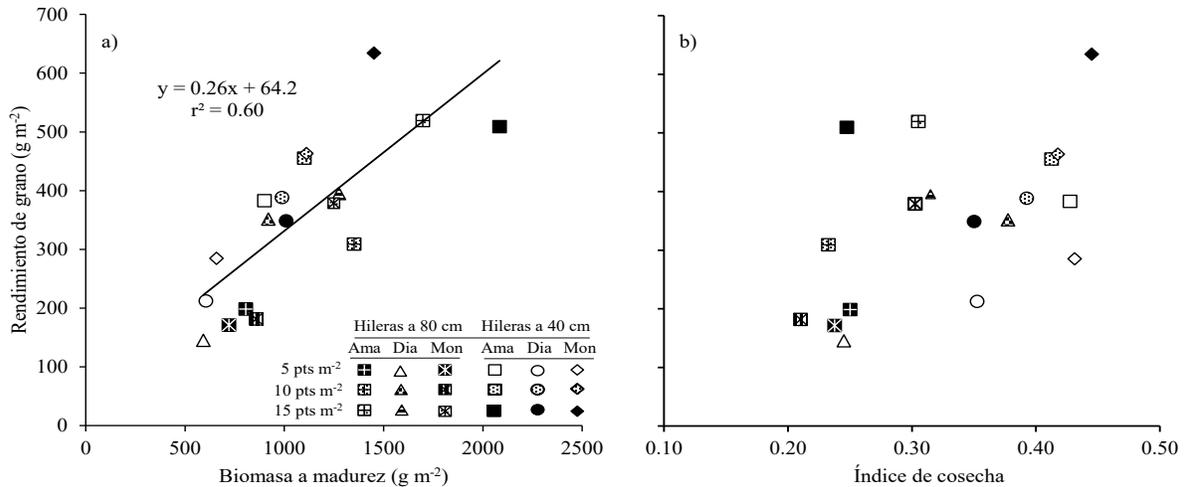


Figura 1. Relaciones entre el rendimiento de grano con la biomasa a madurez (a) y con el índice de cosecha (b) para tres genotipos de haba, cultivados en dos distanciamientos entre hileras y tres densidades de siembra, en Toluca, Estado de México.

En el caso de los componentes numéricos, el rendimiento de grano fue explicado principalmente por cambios en el número de semillas por unidad de superficie ($r^2=0.90$, $P<0.001$) dado que no existió ninguna relación entre el rendimiento y el peso individual de semilla. Aumentos en la densidad de plantas se manifestaron en mayor rendimiento de semilla y en mayor medida en el distanciamiento entre hileras de 40 cm. El cultivar Monarca logró el mayor número de semillas por unidad de superficie y el más alto rendimiento cuando la densidad de población fue de 15 plantas por m^2 (Figura 2)

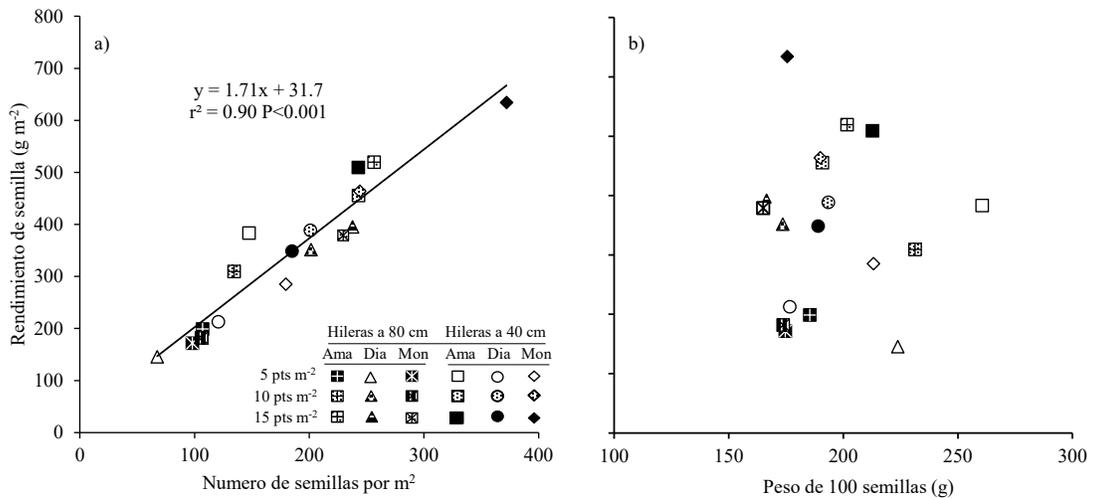


Figura 2. Relaciones entre el número de semillas por m^2 con el número de vainas por m^2 (a) y con el número de semillas por vaina (b) para tres genotipos de haba, cultivados en dos distanciamientos entre hileras y tres densidades de siembra, en Toluca, Estado de México.

La altura de planta en el sistema de siembra a 40 cm entre hileras fue significativamente mayor respecto al sistema de siembra tradicional (80 cm entre hileras), lo cual se vio reflejado en un mayor número de nudos productivos por planta (Figura 3b). El mayor número de vainas por unidad de superficie observado en el sistema de siembra de 40 cm entre hileras puede ser explicado a la mayor altura de planta y al mayor número de nudos productivos por planta en este sistema. Cuando se reduce el espaciamiento entre surcos la altura de planta tiende a ser mayor (Tamrat *et al.*, 2019). Lo cual puede estar asociado a una menor calidad de luz lo que origina mayor elongación de los entrenudos (Khalil *et al.*, 2011).

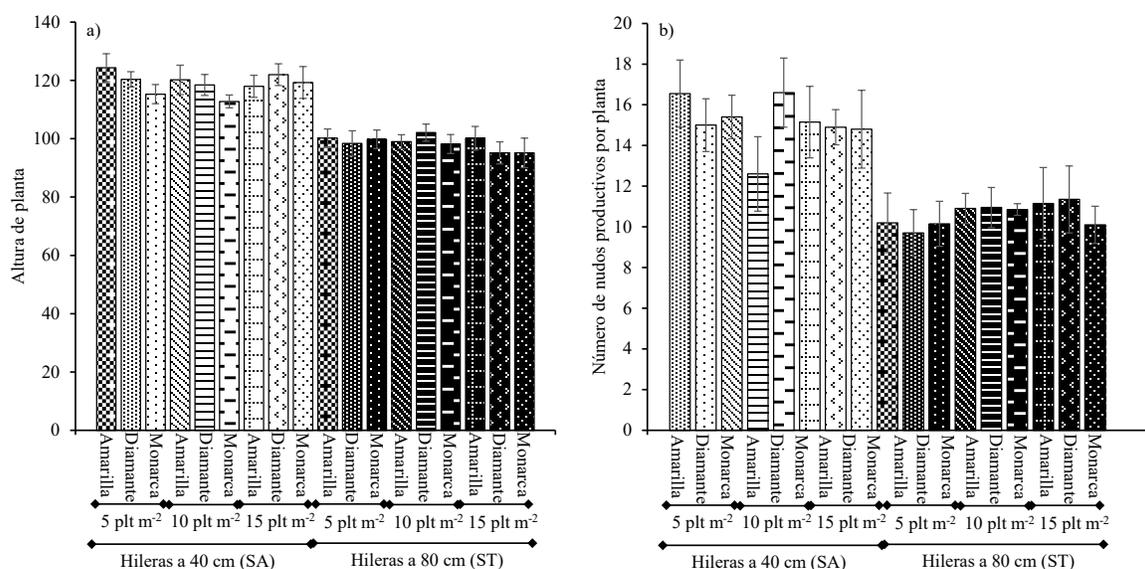


Figura 3. Altura de planta (a) y número de nudos productivos por planta (b) para tres cultivares de haba cultivados en tres densidades de población y dos espaciamientos entre hileras en Toluca Estado de México. Líneas verticales en cada barra indican el error estándar de la media.

Conclusiones

Con el distanciamiento entre hileras de 40 cm se obtuvo mayor producción de biomasa y rendimiento de semilla comparado con el sistema tradicional (80 cm entre hileras). Incrementos en la densidad de población mostraron efectos positivos en el rendimiento de semilla y sus principales componentes en ambos espaciamientos entre hileras. Los genotipos mostraron un comportamiento diferencial, siendo Monarca el que presentó rendimiento de grano más alto a través de densidades y sistemas de siembra. La mejor combinación densidad-cultivar se obtuvo con Monarca y 15 plantas por metro cuadrado bajo el sistema tradicional seguido del cultivar Amarilla en la misma densidad y para el mismo sistema.

Referencias bibliográficas

Al-Suhaibani N.; El-Hendawy S. and Schmidhalter U. 2013. Influence of varied plant density on growth, yield and economic return of drip irrigated vean (*Vicia faba* L.). *Turkish Journal of Field Crops*, 18(2): 185-197.

FAO, 2019. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy

Khalil S. K.; Wahab A.; Khan A. Z. 2011. Variation in leaf traits, yield and yield components of faba bean in response to planting dates and densities. *Egypt. Acad. J. biolog. Sci.*, 2 (1): 35-43.

- Kruk, B.; Satorre E.H.L.; and Otegui, M. 2015. Densidad y arreglo espacial del cultivo. Producción de granos. Base para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía UBA Buenos Aires. 279 p.
- Marcelos, H. and Constable, G.A. 1986. Effects of plant density and sowing date on grain yield of faba beans (*Vicia faba* L.) in Northern New South Wales. *Aust. J. Exp. Agric.* 26: 493– 496.
- Tamrat W.; Loha G. and Habte A. 2019. Effect of Plant Density on Yield Components and Yield of Faba Bean (*Vicia Faba* L.) Varieties at Wolaita Sodo, Southern Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 9 (5): 47-55. DOI: 10.7176/JNSR
- Tamrat W.; Loha G. and Habte A. 2019. Effect of Plant Density on Yield Components and Yield of Faba Bean (*Vicia Faba* L.) Varieties at Wolaita Sodo, Southern Ethiopia. *Journal of Natural Sciences Research*, 9 (5): 47-55. DOI: 10.7176/JNSR
- Woldeselassie, M. T., & Admasu, D. (2018). Effect of Different Sowing Dates and Varieties on Growth and Yield of Lentil (*Lens Culinaris Medikus*) in the Highland Vertisols of North Shewa, Ethiopia. *Malaysian Journal of Medical and Biological Research*, 5(2): 117-122. <https://doi.org/10.18034/mjmbr.v5i2.460>
- Zhang S.; SadrasV.; Chen X. and Zhang F. 2014. Water use efficiency of dryland maize in the Loess Plateau of China in response to crop management. *Field Crops Research*, 163: 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.04.003>

MODIFICACION DE COSECHA E INCREMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DEL MANGO 'ATAULFO' MEDIANTE LA PODA

María Verónica Santos Cárdenas¹, María Hilda Pérez Barraza^{2*}, Gelacio Alejo Santiago³, Circe Aidin Aburto González³, Beatriz Guillermina Arrieta Ramos³.

1 Estudiante de maestría, CEBAP-UAN; 2 CE-Santiago Ixcuintla-CIRPAC-INIFAP; 3 Programa de posgrado CEBAP-UAN.

perez.mariahilda@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Mangifera indica* L., época de cosecha, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

En México la mayoría de las zonas productoras de mango se encuentran ubicadas en zonas tropicales, condiciones favorables para el desarrollo de alto porte de los árboles y excesivo crecimiento vegetativo. Bajo estas condiciones la práctica de la poda es fundamental realizarla para controlar el tamaño de los árboles, mantener la productividad del huerto y mejorar la calidad de fruto (Pérez *et al.*, 2015). En mango existen diferentes tipos de poda, entre ellas la de producción, la cual dependiendo de la época y la severidad con la que se realice puede afectar la producción tanto en cantidad y época que se presente (Davenport, 2006). La poda podría ser también una herramienta para modificar la época de floración y cosecha. Esta práctica combinada con aspersiones al follaje de nitrato de potasio en dosis desde 1 hasta 4% adelantó de floración, incrementó el número de inflorescencias y la producción de fruta en cultivares de mango como Alphonso (Reddy y Kurian, 2012), Irwin y Tommy Atkins (Quijada *et al.*, 2009). Mientras que en el cultivar Raspuri, el uso de poda y PBZ adelantaron la floración e incrementaron la floración y productividad de este cultivar (Srilatha and Reddy, 2015). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la poda sobre la época de cosecha, rendimiento y tamaño de frutos de mango "Ataulfo".

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en un huerto comercial de mango 'Ataulfo' durante un ciclo productivo en el municipio de Santiago Ixcuintla, Nayarit. Los tratamientos consistieron en dos intensidades de poda, 50 y 75 cm de despunte del ápice del brote hacia el centro del árbol, y tres épocas: 1) poda temprana, inmediatamente después de la cosecha, 2) Poda intermedia, realizada dos meses después de la temprana y 3) Poda tardía, realizada cuatro meses después de la temprana, más un testigo. La poda se realizó manual, utilizando una motosierra de extensión marca Stihl, de 2 tiempos y altura hasta 5m. Para evaluar el efecto de esta práctica sobre la producción y cosecha, se evaluaron las siguientes variables: Época de cosecha, rendimiento considerando el número de frutos y kg árbol⁻¹, y el tamaño del fruto con base al peso fresco, la longitud y el diámetro. Los kg árbol⁻¹ se evaluaron utilizando una báscula marca OHAUS con capacidad de 150 kg, para el peso fresco se utilizó una marca marca OHAUS capacidad de 1.2 kg y la longitud y diámetro mediante un vernier digital. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial (3 X 2) evaluando seis tratamientos más el testigo y un árbol como parcela experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respecto a la época de poda, el número de frutos por árbol fue de 713, 553 y 477.5 en la poda temprana, intermedia y tardía, respectivamente y el mayor número de frutos por árbol se logró en la poda temprana con relación a la tardía (Figura 1A). Respecto a los kg de fruta por árbol se obtuvieron desde 168, 132 y 106 kg árbol⁻¹ por efecto de época temprana, intermedia y tardía, respectivamente (Figura 1B), sobresale la producción de árboles con poda temprana.

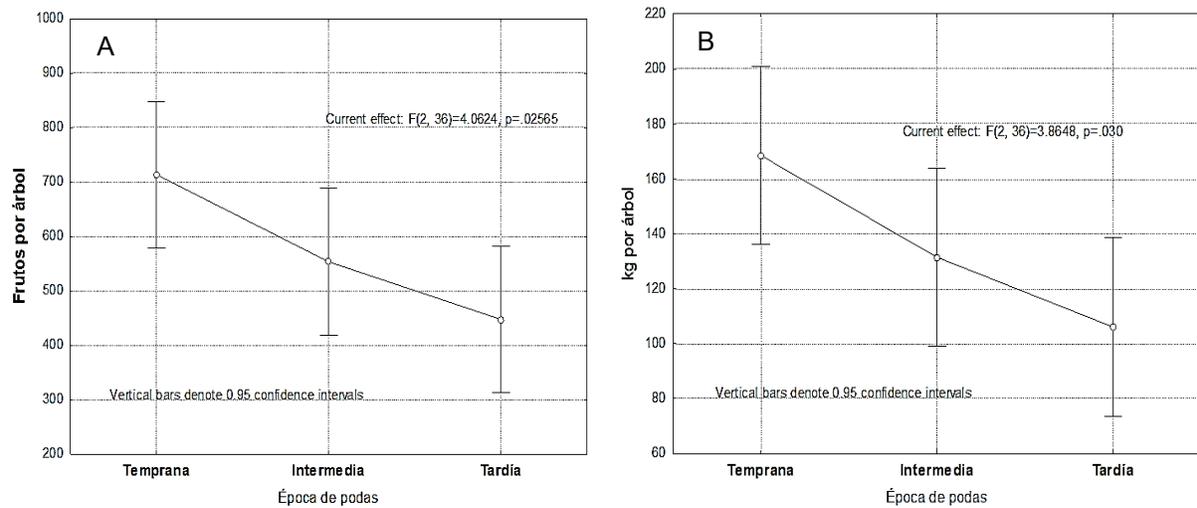


Figura 1. Rendimiento obtenido en árboles de 'Ataulfo' por efecto de época de poda. Número de frutos por árbol (A) y kg de fruta por árbol (B). Las barras en cada punto representan el promedio de 6 árboles por tratamiento \pm error estándar. Nayarit.

La época de cosecha de los diferentes tratamientos se llevó a cabo en cuatro fechas diferentes. La más temprana fue el 30/5/21 para los tratamientos poda temprana y ligera y testigo; el 15 de junio se cosecharon los árboles del tratamiento con poda temprana y severa y el 30 de junio se realizó la cosecha de los tratamientos con poda intermedia en las dos intensidades (50 y 75 cm de despunte). Los árboles con poda tardía independientemente de la intensidad, se cosecharon el 30 de julio. Estas fechas de recolección dieron lugar a un retraso en la producción de los diferentes tratamientos, donde por efecto de la interacción época*intensidad se observaron diferencias altamente significativas ($P \leq 0.001$) (Figura 2). El retraso obtenido en la cosecha fue entre 16 y 56 días respecto a la cosecha del testigo, logrando mayor retraso con la poda tardía independientemente de la intensidad. Con la poda intermedia el retraso fue de 32 días.

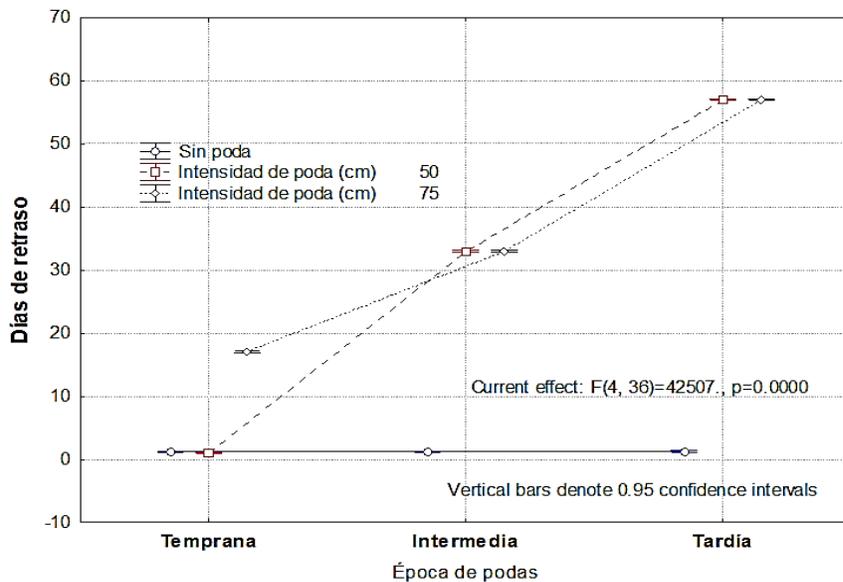


Figura 2. Días de retraso en la cosecha obtenidos en árboles de 'Ataulfo' por efecto de la interacción época*intensidad.

Se realizó un análisis del rendimiento (kg árbol^{-1}) logrado y el precio alcanzado en cada época. El precio por kg de fruta en la época normal de cosecha de 'Ataulfo' fue de \$ 3.20, época donde coincidieron los tratamientos con poda temprana (50 y 75 cm de despunte) y testigo, lo que generó una ganancia entre \$485.00 y \$632.00 por la producción de cada árbol cosechado. Con la poda intermedia, la ganancia fue de \$ 653.00 en promedio con un precio por kg de fruta de \$5.40; mientras que con la poda tardía la ganancia fue de \$747.00 en promedio, debido a que en esa época el precio fue de casi \$9.00 por kg de fruta. Como puede observarse con las podas intermedias y tardías aún con menor producción por árbol, la ganancia fue mayor por el precio que adquirió la fruta en época tardía. Cabe señalar, que la calidad del fruto fue mejor en época tardía al estar libre de manchas de antracnosis, porque la floración de estos tratamientos no coincidió con las lluvias presentadas a inicio del año (enero) y que daño la floración y frutos pequeños en la mayoría de los huertos, incluyendo a los tratamientos de poda tempranas y sin poda de este trabajo. El tamaño del fruto se evaluó considerando el peso fresco (g), la longitud y diámetro expresados en cm. Con relación al peso del fruto, no se observaron diferencias significativas entre épocas de podas ($p \leq 0.661$), intensidad ($p \leq 0.278$), ni en la interacción de ambos factores ($p \leq 0.700$). Por tanto, el peso de fruto registró una media de 270.13 ± 8.71 g, el cual corresponde a los calibres 18 y 16, tamaños mediano y grande, de acuerdo a la NOM--188-SCFI-2012 para mango 'Ataulfo'.

Respecto a la longitud, con un valor de $P \leq 0.001$ resultó altamente significativa, el fruto de mayor longitud (11.95 ± 0.48 cm) se obtuvo en la época tardía, respecto a 10.96 ± 0.26 cm obtenidos en promedio en las épocas temprana e intermedia, que resultaron similares. El mayor diámetro de fruto (6.83 ± 0.20 cm) se obtuvo en la época tardía a 50 cm de despunte

CONCLUSIONES

En mango 'Ataulfo' bajo condiciones Nayarit, se logró un mayor rendimiento tanto en número como en kg de fruta por árbol en la poda temprana.

La poda intermedia y tardía retrasaron la cosecha en 32 y 56 días respecto a los árboles no podados y a la poda temprana. Este retraso significó una mejor calidad de fruto (sin antracnosis y mayor tamaño) y mayor precio por kg de fruta por lo tanto mayor productividad.

A pesar de tener menor rendimiento, los tratamientos con poda intermedia y tardía, superaron al testigo en las ganancias obtenidas con un incremento desde un 18 hasta un 54 %.

El peso del fruto no fue afectado por la poda y con poda intermedia y tardía se obtuvieron frutos más grandes.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados de este trabajo son parte del proyecto titulado "Estrategias para evitar floración irregular y modificar la época de cosecha del mango para exportación, mediante un manejo integrado" y forman parte de la tesis de maestría del primer autor. Se agradece a The National Mango Board por el apoyo financiero otorgado a este proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Davenport, T. L. 2006. Pruning strategies to maximize tropical mango production from the time of planting to restoration of old orchards. Hort. Sci., 4(3): 131-135
2. Pérez B., M.H. 2015. Regulación del proceso de floración y desarrollo de frutos de mango 'Ataulfo' mediante biorreguladores de crecimiento. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo. Edo. de México. 148 p.
3. Quijada O, B. Herrero, R. González, A. Casanova y R. Camacho. 2009. Influencia de la poda y la aplicación de nitrato potásico y tiosulfato potásico sobre las características florales del mango (*Mangifera indica* L.) cultivares Irwin y Tommy Atkins en la planicie de Maracaibo, Venezuela. Revista UDO Agrícola 9: 103-112.

4. Reddy Y.T.N. and R.M. Kurian. 2012. Effect of pruning and chemicals on flowering and fruit yield in mango cv. Alphonso. *J. Hortl. Sci.* 7: 85-87.
5. Srilatha, V., Y.T.N. Reddy. 2015. Pruning and Paclobutrazol Induced Flowering and Changes in Phenols and Flavonoids of Mango (*Mangifera indica* L.) cv. Raspuri. *Journal of Engineering Computers & Applied Sciences* 4: 43-47.

Sección: Manejo agronómico

HÍBRIDOS VARIETALES NO CONVENCIONALES DE MAÍZ AMARILLO PARA VALLES ALTOS DE TLAXCALA

Israel Rojas Martínez^{1*}, Rogelio Fernández Sosa¹, Alejandro Espinosa Calderón², Juan Virgen Vargas(†)²

¹SE Tlaxcala, ²CE Valle de México, CIRCE-INIFAP

rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ambientes, comportamiento, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan anualmente 7.8 millones de hectáreas de maíz para grano con una producción de 20.4 MT con promedio de (4.7) t ha⁻¹; donde 83.3 % se siembran en PV con una producción de 13.7 MT y un rendimiento promedio de 3.04 t ha⁻¹. FIRA (2016) resalta que el maíz amarillo se ha incrementado de 6.9 % en 2005 a 13.6 en 2015. El mercado es deficitario y su tendencia es aumentar en promedio en el mediano y largo plazo, actualmente se importan 11.5 MT. Los principales estados productores son: Jalisco, Chiapas y Chihuahua que aportan 43.8 % del total de la producción. En 2015-16 la importación de maíz amarillo ascendió a 12.6 MT, lo anterior representa una oportunidad para que los productores incrementen la superficie sembrada que puede ser con híbridos varietales en áreas con buen potencial productivo. En Tlaxcala de las 119 mil hectáreas que se sembraron con maíz (SIAP, 2016), se estima que se siembran alrededor de 8 mil hectáreas que tienen una producción promedio de 2.31 t ha⁻¹ con criollos nativos amarillos; prácticamente no se siembran variedades mejoradas. Por lo anterior, se requieren variedades mejoradas de grano amarillo, de alto rendimiento para contribuir al abasto nacional y reducir la importación. El INIFAP ya generó híbridos varietales de grano amarillo que presentan amplia adaptabilidad y buen potencial de rendimiento para los Valles Altos México, con alta calidad de grano. En este trabajo se presenta la evaluación agronómica del potencial de rendimiento de híbridos varietales amarillos en ambientes de buena producción en el estado de Tlaxcala.

MATERIALES Y MÉTODOS

La evaluación agronómica se realizó durante los ciclos PV 2013 a 2016 en terrenos de productores colaboradores de 10 localidades. La siembra fue con los híbridos varietales HV-56 A, HV-57 A, HV-58 A, HV-59 A, HV-60 A₁, HV-60 A₂ y el testigo CRIOLLO local. El diseño experimental fue bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos con separación de 0.8 m y 0.19 m entre plantas con 5 m de longitud. La fecha de siembra se realizó en los meses de abril y mayo una vez establecido el temporal en cada localidad. La densidad fue de 62.5 mil pl/ha. Se aplicó la fórmula 160-60-30 para Axocomanitla y para el resto de localidades fue 140-40-30 (NPK). El control de la maleza fue con aplicación de Marvel® a razón de 2 L ha⁻¹ aplicado después de la segunda labor. Se realizó el Anova y comparación de medias (Tukey 0.05). Las variables agronómicas fueron: rendimiento de grano en t ha⁻¹ (REND), días a floración masculina (FM), días a floración femenina (FF), longitud de mazorca en cm (LM), porcentaje de grano (PG), peso de cien semillas (PCS) y peso volumétrico (PVOL).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ANOVA se detectó diferencias significativas ($p \leq 0.01$) en todas las variables para localidad (LOC) y genotipos (GEN), lo mismo que en la interacción LOC*GEN, excepto en porcentaje de grano como se muestra en el Cuadro 1. La media de rendimiento de los 13 ambientes fue de 5.3 t ha⁻¹, similar al reportado

por Espinosa *et al* (2013) con 4.8 t ha⁻¹ en el Estado de México. En la comparación de medias para localidades el rendimiento de grano varió de 3.5 hasta 7.2 t ha⁻¹, donde los mayores rendimientos se obtuvieron en localidades con altitudes menores los 2 400 m como fue el caso de Panotla, La Presa y Axocomanitla.

Cuadro 1. Resumen del ANOVA combinado del ensayo de maíz amarillo en el estado de Tlaxcala.

| FV | LOC | GEN | LOC*GEN | MEDIA | CV |
|------|-----------|-----------|----------|-------|------|
| REND | 1127.4 ** | 289.45 ** | 48.74 ** | 5.378 | 3.9 |
| AP | 39.47 ** | 64.86 ** | 2.66 ** | 201.7 | 9.1 |
| FM | 75.37 ** | 6.97 ** | 2.81 ** | 91.4 | 3.4 |
| FF | 120.73 ** | 7.34 ** | 4.78 ** | 95.7 | 2.9 |
| LM | 62.45 ** | 3.63 ** | 1.79 ** | 13.3 | 7.8 |
| PG | 16.83 ** | 14.33 ** | 1.28 NS | 83.5 | 4.1 |
| PCS | 27.51 ** | 71.09 ** | 3.37 ** | 29.9 | 10.8 |
| PV | 8.47 ** | 35.94 ** | 1.73 ** | 770.2 | 3.5 |

REND= Rendimiento en T ha⁻¹, AP= Altura de planta en cm, AM= Altura de mazorca en cm, FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, LM= Longitud de mazorca en cm, PG= Porcentaje de grano, PCS= Peso de cien semillas, PV= Peso volumétrico; Loc= Localidad, GEN= Genotipo, LOC*GEN= Interacción Localidad*genotipo, CV= Coeficiente de variación en %.

La floración masculina se presentó entre los 85 y 101 días, mientras que la femenina ocurrió entre 85 y 104 días siendo en La presa 2013 y Axocomanitla 2014 con la mayor precocidad de los híbridos. La longitud de mazorca fue de 10.6 a 15.2 cm, el porcentaje de grano osciló entre 77.4 a 85.9 siendo el mayor reportado en Axocomanitla 2015, mientras que se tuvo un peso volumétrico entre 748.6 y 793.7 g L donde en Espíritu Santo se tuvo el mayor valor (Cuadro 2). Lo anterior indica, que los híbridos están influenciados por el ambiente de producción ya que las variables presentan diferencias en cada uno de los ambientes evaluados.

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey 0.01) por localidad de las variables registradas en el ensayo de maíces amarillos en Tlaxcala

| LOCALIDAD | REND | AP | FM | FF | LM | PG | PCS | PVOL |
|----------------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------|
| Panotla 2013 | 7.046 ab | 226.9 ab | 93.4 cd | 97.1 de | 13.9 b | 85.8 a | 29.9 de | 764.4 bcd |
| La Presa 2013 | 7.170 a | 241.3 a | 84.4 f | 87.8 g | 15.1 a | 84.6 ab | 35.5 a | 788.4 ab |
| Fco. Villa 2013 | 6.142 c | 201.1 d | 95.8 bc | 100.1 cb | 14.8 ab | 83.5 ab | 30.9 cde | 773.9 abc |
| Santa Fe 2013 | 6.279 c | 199.9 d | 91.7 d | 95.1 ef | 14.8 ab | 84.5 ab | 30.1 de | 768.1 bcd |
| Axocomanitla 2014 | 6.986 b | 207.5 cd | 84.5 f | 85.3 h | 15.2 a | 84.8 ab | 33.3 abc | 793.4 a |
| Xalostoc 2014 | 3.478 h | 162.1 f | 91.6 d | 100.8 b | 11.6 d | 82.9 ab | 28.5 ef | 755.6 cd |
| Fco. Villa-Huam 2014 | 3.929 g | 179.5 e | 100.9 a | 104.4 a | 12.9 c | 77.4 c | 26.5 fg | 748.6 d |
| Axocomanitla 2015 | 6.188 c | 208.5 cd | 87.8 e | 94.1 f | 12.9 c | 85.9 a | 28.3 efg | 771.6 abcd |
| E. Santo 2015 | 4.698 e | 215.5 bcd | 84.3 f | 87.8 g | 12.8 c | 85.6 ab | 34.6 ab | 793.7 a |
| Soltepec 2015 | 3.744 g | 200.0 d | 93.1 d | 98.2 cd | 11.5 de | 82.7 b | 28.1 efg | 752.5 cd |
| Fco. Villa-Huam 2015 | 4.379 f | 179.1 e | 96.4 b | 100.7 cb | 12.3 cd | 84.0 ab | 26.2 fg | 773.3 abc |
| Nexnopala 2015 | 4.913 d | 181.9 e | 91.1 d | 94.7 ef | 10.6 e | 84.8 ab | 25.4 g | 755.8 cd |
| Soltepec 2016 | 4.973 d | 218.9 bc | 93.1 d | 98.2 cd | 15.0 a | 78.5 c | 32.5 bcd | 773.5 abc |
| DSH | 0.186 | 16.4 | 2.7 | 2.5 | 0.94 | 3.1 | 2.9 | 24.3 |

REND= Rendimiento en T ha⁻¹, AP= Altura de planta en cm, AM= Altura de mazorca en cm, FM= Floración masculina, FF= Floración femenina, LM= Longitud de mazorca en cm, PG= Porcentaje de grano, PCS= Peso de cien semillas, PVOL= Peso volumétrico. Variables con la misma letra no presentan diferencia significativa.

Para el factor genotipo (Cuadro 3) se tuvo un rango en el rendimiento promedio de los 13 ambientes de 5.0 a 5.9 t ha⁻¹ en los híbridos, sobresaliendo HV-58A y HV-59A. El híbrido HV-57A fue el de menor rendimiento con 5 t ha⁻¹, mientras que el criollo fue superado por todos los híbridos evaluados.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.01) por genotipo de las variables registradas en el ensayo de maíces amarillos en Tlaxcala

| GEN | REND | AP | FM | FF | LM | PG | PCS | PV |
|------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|
| HV-56A | 5.677 b | 196.0 b | 89.5 c | 94.3 c | 13.4 ab | 83.2 b | 28.5 d | 781.2 ab |
| HV-57A | 5.035 d | 187.6 b | 90.8 bc | 94.3 bc | 13.3 ab | 82.9 b | 27.2 de | 778.1 ab |
| HV-58A | 5.913 a | 196.0 b | 92.5 ab | 95.9 ab | 13.8 a | 83.1 b | 30.9 b | 778.7 ab |
| HV-59A | 5.815 a | 196.9 b | 93.0 a | 96.3 a | 13.5 a | 83.1 b | 30.4 cb | 778.6 ab |
| HV-60A1 | 5.099 d | 193.1 b | 91.4 ab | 95.8 abc | 13.2 ab | 82.5 b | 28.8 cd | 786.7 a |
| HV-60A2 | 5.542 c | 194.6 b | 91.1 bc | 96.1 a | 12.9 b | 82.1 b | 26.3 e | 767.6 b |
| CRIOLLO | 4.570 e | 247.8 a | 91.4 ab | 97.1 a | 13.2 ab | 87.5 a | 37.8 a | 720.5 c |
| DSH | 0.121 | 10.7 | 1.8 | 1.6 | 0.6 | 2.0 | 1.9 | 15.9 |

Nota: Medias con la misma letra no presentan diferencia significativa.

CONCLUSIONES

Los mayores rendimientos de grano se obtuvieron en localidades con altitudes menores a los 2 400 m como fue el caso de Panotla, La Presa y Axocomanitla. Los híbridos varietales evaluados superaron las 5.0 t ha⁻¹, lo que indica que presentan buena adaptabilidad, rendimiento y calidad de grano. Los más productivos fueron HV-58 A y HV-59 A.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte de los proyectos de fiscales, fideicomiso y propios: “Validación de variedades y tecnología integral para la producción de maíces criollos de temporal y de híbridos de alto rendimiento en riego, en el estado de Tlaxcala” y “Diseño e implementación de módulos integrales de transferencia de tecnología para maíz, cebada, frijol y trigo en el centro de México”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Espinosa C., A. *et al.*, 2013. Rendimiento de variedades precoces de maíz grano amarillo para valles altos de México. *Agronomía Mesoamericana* 24(1):93-99. 2013 ISSN: 1021-7444.

FIRA. 2016. Panorama Agroalimentario. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial, Maíz 2016.

SAGARPA. 2018. Cierre de cosechas. Programa Agrícola. Delegación Estatal.

SAS Institute. 1996. Statistical Analysis System User's guide. SAS Institute. Cary. USA. 956 p.

SIAP, 2018, Sistema de información Agropecuaria. Fecha de consulta 09/07/2019 <http://www.siap.gob.mx>

Sección: Manejo agronómico

PLANTAS DE ALGODONERO (*Gossypium hirsutum* L.) BAJO CONDICIONES DE ESTRÉS HÍDRICO Y TRATADAS CON OSMOPROTECTORES

Ma. Magdalena Villa-Castorena^{1*}, Ernesto Alonso Catalán-Valencia¹, Marco Antonio Inzunza-Ibarra¹, Hilario Macías Rodríguez¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, CENID RASPA Km 6.5 Margen Derecha Canal Sacramento, Gómez Palacio, Dgo, México. 35140.

* villa.magdalena@inifap.gob.mx

Palabras clave: ácido salicílico, glicina betaina, nitrato de potasio, nitrato de calcio.

INTRODUCCIÓN

En México, la falta de precipitación ha ocasionado que el 50% de los municipios actualmente estén afectados por la sequía y se calcula que 1.4 millones de ha han sufrido por esta condición (Romero 2012). Ante esa situación, es necesario desarrollar e implementar estrategias que ayuden a incrementar el aprovechamiento y eficiencia en el uso del agua; reducir los efectos de la sequía en las plantas y desarrollar técnicas para obtener la producción de alimentos y/o productos que necesita el país. Una alternativa rápida y de bajo costo es la activación de los mecanismos de tolerancia al déficit hídrico en plantas mediante la aplicación exógena de sustancias químicas relacionadas con la respuesta de las plantas a los estreses abióticos como la sequía (Gimeno *et al.*, 2014). El algodón es un cultivo atractivo desde el punto de vista económico y social; este cuenta con apoyos económicos directos del gobierno federal. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la aplicación foliar de cuatro sustancias químicas en el crecimiento y rendimiento de plantas de algodón en condiciones de estrés hídrico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el CENID RASPA INIFAP en Gómez Palacio, Durango, en un invernadero cubierto en el techo con polietileno transparente y con una malla sombra negra (50:50). En los lados estuvo protegido con malla antiáfidos blanca, no se contó con control artificial del clima. Se evaluó la aplicación foliar del ácido salicílico (AS), glicina betaina (GB), nitrato de potasio (KNO₃) y nitrato de calcio (Ca(NO₃)₂); además se incluyó un testigo (Cuadro 1). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con siete repeticiones, la parcela experimental consistió en tres macetas por tratamiento. El inicio de las aplicaciones de las sustancias fue a los 20 días después de la emergencia y se realizaron tres aplicaciones foliares con intervalos de 30 días.

Cuadro 1. Tratamientos evaluados

| TRT. | Sustancia | Concentración |
|------|-----------------------------------|---------------|
| T1 | Ácido salicílico | 0.025 mM |
| T2 | Ácido salicílico | 0.05 mM |
| T3 | Ácido salicílico | 0.10 mM |
| T4 | Glicina betaina | 10 mM |
| T5 | Glicina betaina | 25 mM |
| T6 | Glicina betaina | 50 mM |
| T7 | Nitrato de potasio (fertilizante) | 5.0 mM |
| T8 | Nitrato de potasio (fertilizante) | 10.0 mM |
| T9 | Nitrato de potasio (fertilizante) | 15.0 mM |
| T10 | Nitrato de calcio (fertilizante) | 2.1 mM |
| T11 | Nitrato de calcio (fertilizante) | 4.2 mM |
| T12 | Nitrato de calcio (fertilizante) | 6.3 mM |
| T13 | Testigo | Sin aplicar |

Se usó la variedad transgénica FM11740B2F y se sembró en macetas de plástico negro de 20 L de capacidad, llenas con una mezcla de turba con perlita y vermiculita (70, 15 y 15%, v:v:v). Las plantas se regaron cuando el sustrato tenía del 25 al 30% de la capacidad máxima de retención de humedad. Esto con el fin de que las plantas estuvieran bajo una condición de estrés hídrico. Las plantas se fertilizaron con una solución nutrimental equilibrada de 15 meq L⁻¹ de aniones y cationes cada diez días. A los 110 días después de la siembra (dds) se hicieron muestreos destructivos de la planta con el fin de evaluar el área foliar (AF) y peso seco total (PST) de la planta. Al final del ciclo se registró el rendimiento de fibra más semilla por planta. Los datos se analizaron mediante el análisis de varianza correspondiente al diseño experimental usado con el programa SAS (SAS Institute 2004). La separación de medias se llevó a cabo mediante la prueba de Duncan ($P = 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de las sustancias evaluadas promovió mayor AF con respecto al testigo, aunque esa respuesta dependió en gran medida de la concentración de las sustancias; ya que el AS con la baja y media concentración mostró un AF estadísticamente similar que el testigo. El AF más alta se manifestó en los tratamientos con GB, media concentración y, con KNO₃ y Ca(NO₃)₂, ambos con la baja y media concentración (Cuadro 2). Esa AF, en promedio, fue superior a la registrada en el testigo en un 15%.

Con excepción del T1, las sustancias evaluadas promovieron mayor PST que el del testigo (Cuadro 2). Con la mayor respuesta con la aplicación de KNO₃ a la concentración media y alta; así como con Ca(NO₃)₂ a la dosis baja y media. En promedio esos tratamientos superaron al PST del testigo en un 24%. En seguida los tratamientos con AS a 0.10 mM, GB a 25 y 50 mM y KNO₃ a 5 mM, en promedio superaron al PST del testigo en un 17%.

Cuadro 2. Medias del área foliar, peso seco total y rendimiento por planta en algodónero bajo estrés hídrico

| Trt | Nomenclatura | AF (cm ²) † | PST (g) † | Rendimiento (g) † |
|-----|--|-------------------------|-----------|-------------------|
| T1 | AS, 0.025 mM | 5424 b | 70.74 de | 44.37 c |
| T2 | AS, 0.05 mM | 5451 b | 74.84 c | 44.97 c |
| T3 | AS, 0.10 mM | 5843 ab | 79.92 b | 44.72 c |
| T4 | GB, 10 mM | 5794 ab | 77.87 bc | 45.05 c |
| T5 | GB, 25 mM | 5983 a | 80.07 b | 57.55 a |
| T6 | GB, 50 mM | 5801 ab | 79.43 b | 53.78 ab |
| T7 | KNO ₃ , 5 mM | 5968 a | 79.57 b | 49.05 b |
| T8 | KNO ₃ , 10 mM | 5913 a | 84.32 a | 53.83 ab |
| T9 | KNO ₃ , 15 mM | 5688 ab | 86.43 a | 51.80 ab |
| T10 | Ca(NO ₃) ₂ , 2.1 mM | 6103 a | 83.86 a | 40.60 c |
| T11 | Ca(NO ₃) ₂ , 4.2 mM | 6098 a | 83.48 a | 51.47 ab |
| T12 | Ca(NO ₃) ₂ , 6.3 mM | 5054 b | 72.73 cd | 52.05 ab |
| T13 | Testigo | 5235 b | 68.14 de | 45.35 c |

† Medias con la misma letra dentro de columnas no son estadísticamente diferentes (Duncan $P = 0.05$). Rendimiento (fibra + semilla)

El efecto de los tratamientos en el rendimiento (fibra+semilla) fue altamente significativo ($P = 0.0003$). La aplicación de GB a la concentración media y alta, KNO₃ en sus tres dosis y Ca(NO₃)₂ a la media y alta concentración mostraron beneficios en el rendimiento (Cuadro 2). El tratamiento con GB a 25 mM produjo el mayor rendimiento, el cual fue superior al testigo en un 27%; en seguida los tratamientos con GB a 50 mM, KNO₃ a 10 y 15 mM, y Ca(NO₃)₂ a 4.2 y 6.3 mM, los cuales fueron estadísticamente similares entre sí (Duncan, $P = 0.05$), en promedio produjeron un 16% más que el testigo y finalmente la aplicación de KNO₃ a 5 mM con un 8% más de rendimiento que el testigo.

Los resultados encontrados en este estudio indican que las sustancias aplicadas afectaron el AF, con la mayor respuesta de la GB a 25 mM, KNO₃ a 5 y 10mM y Ca(NO₃)₂ a 2.1 y 4.2 mM. Estos resultados coinciden con los reportados en otros estudios donde la aplicación de GB incrementó el AF en tomate (Ragab *et al.*, 2015). También la aplicación foliar de KNO₃ aumentó el AF del girasol y cártamo (Nusrat and Rafiq 2011). Sin embargo, la respuesta de la planta a las aplicaciones de GB y KNO₃ puede variar con la dosis de aplicación, número de aplicaciones, tipo de planta y época de aplicación (Ashraf *et al.*, 2008). El KNO₃ y Ca(NO₃)₂ aportan tres elementos esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas los cuales promovieron mayor AF con la concentración baja e intermedia. A su vez, el potasio además de ser un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas mejora la retención de agua en las células lo cual promueve que el crecimiento de las plantas se mantenga o incremente en condiciones de estrés hídrico (Cakmak 2005).

Los resultados obtenidos en el PST concuerdan con los señalados en otros estudios donde se evaluó la respuesta de esta variable a la aplicación de AS, GB, KNO₃ y Ca(NO₃)₂. Kang *et al.*, (2013) reportaron incrementos en el PST debido a la aplicación foliar de AS en trigo. La aplicación de GB también aumentó el PST del tomate (Ragab *et al.*, 2015). El tratamiento foliar con KNO₃ también ha beneficiado el PST del garbanzo bajo estrés hídrico (Kirti *et al.*, 2007). Con respecto al efecto benéfico de la aplicación de GB y KNO₃ en el rendimiento encontrado en el presente estudio coincide con lo encontrado en maíz, tomate y estevia (El-Hendawy *et al.*, 2014; Ragab *et al.*, 2015; Srivastava and Srivastava, 2016).

CONCLUSIONES

La aplicación foliar de las sustancias evaluadas afectó de manera positiva al AF y PST, aunque la magnitud de la respuesta estuvo definida por la concentración de las sustancias. Las aplicaciones de GB a 25 mM, KNO₃ a 5 y 10mM y Ca(NO₃)₂ a 2.1 y 4.2 mM promovieron el mayor AF. Los tratamientos con KNO₃ a 10 y 15 mM y con Ca(NO₃)₂ a 2.1 y 4.2 mM produjeron los mayores beneficios al PST. Con excepción del AS, las sustancias aplicadas beneficiaron al rendimiento, con la mejor respuesta con GB a 25 mM. Las sustancias evaluadas podrían ser usadas para disminuir los

efectos adversos del déficit hídrico en plantas de algodónero, aunque más estudios son necesarios para validar estos resultados en campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ashraf, M., H. R. Athar, P. J. C. Harris and T. R. Kwon. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy*, 97:45-110. doi:10.1016/S0065-2113(07)00002-8.

Cakmak, I. 2005. The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168: 521–530. doi: 10.1002/jpln.200420485.

El-Hendawy, S. E., A. Maher, N. A. Kotab and U. S. Al-Suhaibani. 2014. Optimal coupling combinations between the irrigation rate and glycinebetaine levels for improving yield and water use efficiency of drip-irrigated maize grown under arid conditions. *Agricultural Water Management*, 140:69–78. doi.org/10.1016/j.agwat.2014.03.021.

Gimeno, V. L., Díaz-López, S., Simón-Grao, V., Martínez, V., Martínez-Nicolás J. and García-Sánchez, F. 2014. Foliar potassium nitrate application improves the tolerance of *Citrus macrophylla* L. seedlings to drought conditions. *Plant Physiology and Biochemistry*, 83: 308-315.

Kang, G. Z., G. Z. Li, G. Q. Lui, W. Xu, X. Q. Peng, C. Y. Wang, Y. J. Zhu and T. C. Guo. 2013. Exogenous salicylic acid enhances wheat drought tolerance by influence on the expression of genes related to ascorbate-glutathione cycle. *Biologia Plantarum*, 57:718–724. doi:10.1007/s10535-013-0335-z.

Kirti, B., V. Kumar and S. K. Dhimmar. 2007. An evaluation of the potentiality of exogenous osmoprotectants mitigating water stress on chickpea. *The Journal of Agricultural Sciences*, 3:67-74. doi:10.4038/jas.v3i2.810.

Nusrat J., A. Rafiq. 2011. Foliar application of potassium nitrate affects growth and nitrate reductase activity in sunflower and safflower leaves under salinity. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*. 39:172-178. doi:10.15835/nbha3926064.

Ragab, M.E., A. S. Nesreen, M. S. Omaina, Z. F. Fawzy and S. M. El-Sawy. 2015. Foliar application of glycine betaine for alleviating water stress of tomato plants grown under sandy soil conditions. *International Journal of ChemTech Research*, 8: 52-67.

Romero P. E. 2012. Sequía afecta a más de dos millones de mexicanos. *Teorema Ambiental. Revista Técnico Ambiental. Boletín electrónico del 30 de enero del 2012. Web consultada el 30 de abril 2018: <http://www.teorema.com.mx/cambioclimatico/sequia-afecta-a-mas-de-dos-millones-de-mexicanos/>.*

Srivastava, S. and M. Srivastava. 2016. Improving tolerance of *Stevia rebaudiana* to water deficit stress through foliar spray of potassium nitrate. *International Journal of Applied and Natural Sciences*, 5:1-8.

Statistical Analysis Systems Institute (SAS). 2004. *The SAS System for windows version eight*. Carry, N.C. U.S.A.

Papaya injertada y cultivada a campo abierto en el pacifico de México

Juan Carlos Álvarez Hernández

Programa de Investigación Frutales, CE Valle de Apatzingán-CIRPAC-INIFAP. Km. 17.5 Carretera Apatzingán - Cuatro Caminos, C. P. 60781. Antúnez, Michoacán, México.

alvarez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Carica papaya*, *injerto de aproximación modificado*, *planta injertada*,

INTRODUCCIÓN

En México 19 estados fueron participes en el cultivo de papaya, no obstante solamente Veracruz, Colima, Oaxaca, Michoacán, Chiapas y Guerrero, en conjunto concentraron el 85.6% de las 18,869 ha cosechadas en 2019. Específicamente Michoacán, participó con 3,196 ha, y un volumen de producción de 115,537 ton (SIAP-SADER, 2020). A pesar de ser un cultivo bondadoso económicamente hablando, cada etapa fenológica se ve comprometida por una serie de problemas fitosanitarios y falta de claridad en la conjugación de estrategias en el manejo de la nutrición y la biología floral, por lo que en cada plan de siembra es un reto lograr superarlos. Ante esta situación, varios grupos de investigación en el mundo han desarrollado tecnologías e innovaciones orientadas a mejorar los esquemas de producción de papaya (Prakash, 2019; Vos y Arancon, 2019; Ryavalad *et al.*, 2019) y recientemente se ha reconocido como una estrategia de mejora a la tecnología del injerto en papaya (Honoré *et al.*, 2020b)

Algunos reportes señalan incremento en fructificación y rendimiento, además de reducción de altura en materiales de porte alto. En Malasia, sustituyen directamente en campo las plantas femeninas por plantas hermafroditas mediante injerto, ampliando el ciclo productivo y logrando plantas más productivas de porte bajo y cosecha temprana; la mejora en la eficiencia de absorción de nutrientes P y K por el genotipo Tainung 2, injertado sobre portainjertos silvestres, favoreciendo la producción de materia seca. Bajo esta perspectiva, el injerto en papaya se proyecta como una estrategia de manejo integral del cultivo. En base a lo anterior, el objetivo fue evaluar el comportamiento agronómico de plantas injertadas en dos ciclos productivos.

MATERIALES Y METODOS

Dos experimentos fueron desarrollados en el Campo Experimental Valle de Apatzingán, localizado en Antúnez, Michoacán México. El clima predominante es catalogado como Bs₁. En vivero, las semillas de papaya y de los portainjertos se sembraron en bolsas de plástico transparente de 7.8 x 12.4 cm llenas de sustrato, esta etapa duró 35 días. En ese periodo, las plántulas presentaron tamaño y diámetro adecuado para realizar los injertos. El método utilizado fue el injerto de aproximación modificado (Alvarez *et al.*, 2019). Para el experimento 1, los materiales utilizados fueron genotipos de papaya: Gibara (G), BS (BS), Maradol (M), MSXJ (MS), Maradona (Ma) y BS2 (BS2), los cuales sirvieron como portainjerto (P) e injertos (I), algunos fueron usados como testigos sin injertar (SI). En

cambio, en el experimento 2, se utilizaron cuatro líneas avanzadas de portainjertos para papaya denominados Robusta con calidad (RCC), Robusta sin calidad (RSC), Silvestre peciolo morado (SPM) y Silvestre peciolo verde (SPV); y dos genotipos Tainung (T) y Maradol (M) que fueron empleados como injertos (I) y testigos sin injertar (SI). La distribución bajo diseño experimental bloques completos al azar. El suelo se preparó mediante laboreo mecanizado, y se formación camas de siembra de 2.8 m. Se colocó doble línea regante de cintilla, con goteros espaciados a 0.2 m y gasto emitido de 0.7 L h⁻¹ por gotero. La densidad de población fue de 2220 plantas por hectárea. Las variables registradas fueron a los 256 y 242 días después de trasplante en los experimentos 1 y 2, respectivamente, fueron altura de planta y altura al primer fruto; circunferencia del tallo; en frutos, número de frutos, peso de frutos y rendimiento por planta. Los datos obtenidos se analizaron con el programa estadístico SAS (2002), a través de análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $P=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis estadísticos realizados a las variables morfológicas en los dos experimentos presentaron diferencias (Cuadro 1). En el experimento 1, altura de planta, los tratamientos de mayor porte fueron BS y P. Maradol x I. MSXJ con alturas por encima de los 230 cm, en cambio, los tratamientos con menor altura fueron P. BS x I. Gibara y Maradol con valores ligeramente superiores a los 200 cm. Respecto a circunferencia del tallo y el número de hojas, generalmente se observa que los tratamientos injertados son más gruesos que los tratamientos sin injertar con excepción de los tratamientos BS y Gibara. La altura al primer fruto, presentó variación entre los tratamientos injertados y sin injertar, siendo inferiores estos últimos (Cuadro 1). En el experimento 2, los tratamientos que desarrollaron mayormente fueron P. Silvestre P.M. x I. Tainung y P. Robusta S/C x I. Tainung. Por el contrario, los tratamientos P. Robusta C/C x I. Maradol y P. Silvestre P.V. x I. Maradol, fueron los de menor altura. La circunferencia de tallo, con diferencias estadísticas, los tratamientos P. Silvestre P.M. x I. Tainung, P. Robusta S/C x I. Tainung junto con P. Silvestre P.V. x I. Maradol, presentaron el mayor grosor de tallos. La altura al 1er fruto, el tratamiento P. Robusta C/C x I. Maradol, tuvo la menor altura, entendiéndose que es lo deseable (Cuadro 1).

Cuadro 1. Cuantificación de las variables morfológicas de plantas de papaya injertadas y sin injertar, 1er y 2do experimento.

| Experimento 1 | | | | Experimento 2 | | | |
|---------------|-------------|------------|------------|---------------|-------------|------------|------------|
| Trat. | Altura (cm) | Circ. (cm) | Alt. Fruto | Trat. | Altura (cm) | Circ. (cm) | Alt. Fruto |
| P.G x I.BS | 213.40 cd | 49.50 ab | 73.80 a | P.RCC x I.T | 247.40 abc | 48.72 ab | 91.20 ab |
| P.BS x I.G | 200.60 d | 51.40 ab | 69.80 ab | P.RSC x I.T | 263.20 ab | 49.84 ab | 95.20 ab |
| P.MI x I.MSXJ | 233.80 ab | 47.04 abc | 67.80 ab | P.SPV. x I.T | 231.00 bcd | 48.16 ab | 96.20 ab |
| P.MSXJ x I.Ma | 221.40 abc | 52.80 a | 69.20 ab | P.SPM x I.T | 283.40 a | 50.68 a | 104.00 a |
| P.BS2 x I.M | 211.40 cd | 48.64 ab | 69.40 ab | P.RCC x I.M | 189.40 d | 45.24 ab | 52.80 d |
| P.BS2 x I.G | 223.00 abc | 45.38 bc | 72.40 a | P.RSC x I.M | 231.20 bcd | 47.60 ab | 61.20 cd |
| BS | 236.40 a | 49.14 ab | 68.20 ab | P.SPV. x I.M | 195.80 d | 43.96 ab | 63.00 cd |
| G | 211.40 cd | 48.38 ab | 72.40 a | P.SPV x I.M | 208.00 cd | 49.84 ab | 62.40 cd |
| M | 204.40 cd | 41.32 c | 56.80 b | T | 260.80 ab | 45.64 ab | 80.60 bc |
| Ma | 215.80 bcd | 41.20 c | 65.40 ab | M | 207.40 cd | 41.72 b | 62.00 cd |
| Significancia | 0.0001 | 0.0001 | 0.007 | Significancia | 0.0001 | 0.01 | 0.0001 |

Respecto a las variables relacionadas con la productividad, en el 1er experimento, con excepción peso de fruto, el resto mostraron diferencias (Cuadro 2). En la variable número de frutos, los tratamientos P. Maradol x I. MSXJ, P. MSXJ x I. Maradona y P. BS2 x I. Gibara fueron los tratamientos que presentaron más frutos por planta. En cambio, en la variable rendimiento por planta los tratamientos P. MSXJ x I. Maradona y P. BS2 x I. Maradol rindieron más (Cuadro 2). En el experimento 2, los análisis mostraron diferencias significativas, a excepción de peso de frutos. Los tratamientos P. Robusta S/C x I. Tainung y P. Robusta S/C x I. Maradol, estadísticamente produjeron mayor cantidad de frutos por planta. En cambio, el rendimiento por planta, el P. Robusta C/C x I. Maradol, fue superior a todos los tratamientos, pues tuvieron 38.39 kg/planta (Cuadro 2).

Cuadro 2. Cuantificación de las variables de frutos de plantas de papaya injertadas y sin injertar en 1er y 2do experimento.

| Experimento 1 | | | | Experimento 2 | | | |
|---------------|------------|------------|-----------|---------------|------------|------------|-----------|
| Trat. | No. frutos | Peso fruto | Rend/pta. | Trat. | No. frutos | Peso fruto | Rend/pta. |
| P.G x I.BS | 33.60 abc | 1.15 | 38.49 ab | P.RCC x I.T | 28.80 abc | 1.21 | 34.45 abc |
| P.BS x I.G | 34.20 ab | 1.18 | 39.67 ab | P.RSC x I.T | 35.40 a | 1.03 | 35.63 ab |
| P.MI x I.MSXJ | 35.60 a | 1.10 | 39.44 ab | P.SPV. x I.T | 34.40 ab | 1.04 | 35.54 ab |
| P.MSXJ x I.Ma | 35.40 a | 1.13 | 40.20 a | P.SPM x I.T | 27.80 abc | 1.23 | 33.70 abc |
| P.BS2 x I.M | 33.60 abc | 1.17 | 40.01 ab | P.RCC x I.M | 34.40 ab | 1.13 | 38.39 a |
| P.BS2 x I.G | 36.80 a | 1.08 | 37.66 ab | P.RSC x I.M | 37.60 a | 1.03 | 37.02 ab |
| BS | 28.80 abc | 1.09 | 31.38 ab | P.SPV. x I.M | 29.00 abc | 1.15 | 32.96 abc |
| G | 27.00 bc | 1.11 | 30.12 ab | P.SPV x I.M | 32.00 abc | 1.11 | 35.53 ab |
| M | 25.60 c | 1.06 | 27.04 b | T | 25.20 bc | 1.17 | 28.96 bc |
| Ma | 25.60 c | 1.15 | 29.29 ab | M | 22.60 c | 1.18 | 26.36 c |
| Significancia | 0.0001 | 0.90 | 0.009 | Significancia | 0.0001 | 0.66 | 0.0006 |

CONCLUSIONES

En las variables productivas, aunque el peso de los frutos no se vio influenciado por efecto de los tratamientos injertados, sí se incrementó el número de frutos por planta en los tratamientos de plantas injertadas; al igual que el rendimiento por planta.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al INIFAP por las facilidades concedidas para desarrollar los experimentos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SIAP-SADER. 2020. Estadísticas de la producción nacional de papaya. Datos disponibles en internet. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.doSección:
 2. Prakash, J. 2019. Seed production technology in papaya. *Journal of Science for Society* 1(1,2) 60-63.
 3. Vos, Ch., Arancon, N. 2019. Soil and plant nutrient management and fruit production of papaya (*Carica papaya*) in Keaau, Hawaii. *Journal of Plant Nutrition*.
 4. Ryavalad, S., Malabasari, T. A., Shantappa, T., Uppar, D. S., Biradar B. D., Mantur, S. M. 2019. Micropropagation studies in papaya (*Carica papaya* L.) cv. Surya". *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 8(04): 2362-2367.
- Manejo agronómico

ESTRATEGIAS DE MANEJO AGRONOMICO EN SOYA DE SIEMBRAS TARDIAS EN CAMPECHE

Jesús Manuel Soto Rocha¹, Juan Medina Mendez¹, Mirna Hernández Pérez¹.
¹CEEEdzná-CIRSE-INIFAP.

soto.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave: Genotipos, Ancho de surco, Población de plantas y Fertilización

INTRODUCCIÓN

Desde mediados de los setentas el INIA hoy INIFAP, ha generado recomendaciones para el cultivo de soya en la península de Yucatán, siendo el estado de Campeche el único donde esta oleaginosa ha permanecido en producción continua. El rendimiento de la soya es una respuesta multifactorial a las variables meteorológicas, edáficas, bióticas “insectos, enfermedades y maleza” y de manejo “preparación de suelo, fecha de siembra, genotipo, densidad de población, ancho de surco, época y dosis de fertilización, labores culturales y control de plagas” en su proceso productivo. En los últimos años esta oleaginosa ha incrementado su importancia económica por la superficie sembrada, el volumen de su producción y su rentabilidad con respecto a otros granos cultivados en esta región de México. En 2018, Campeche fue el estado con mayor producción, 101 mil 114 toneladas y contribuyó con el 30.6% de la producción total del país, lo cual hace necesario seguir generando agrotecnología en este grano. En el presente trabajo se tiene como objetivo indicar el efecto de cinco factores de manejo “Fecha de siembra, Variedades, Ancho de surco, Densidad de población y Fertilización” en el rendimiento de soya en siembras del mes de agosto. Los cuales provienen de distintos experimentos conducidos del 2017 al 2020 en el estado de Campeche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización y características de las áreas donde se desarrollaron los estudios. El primer trabajo se realizó en el Ejido Pocyaxum, en terreno propiedad del productor cooperante: Marcos Huit, durante los años 2017 y 2018 en el Ciclo V/O de ambos años. El segundo trabajo experimental, se estableció en el Ejido de Pueblo Nuevo, en el ciclo verano-otoño del 2020, en los terrenos de la Empresa Grupo BUENAVENTURA, a través del productor cooperante: Ing. Jaime Macías. En todos los experimentos, el tipo de suelo del área de estudio correspondió a un Luvisol férrico “Kankab en la terminología edáfica maya”, con textura franco arcillosa. El clima predominante es cálido subhúmedo. Todos los sitios se ubican en el Municipio de Campeche.

Materiales.

En el primer trabajo se utilizaron once genotipos de soya descritos en el cuadro 1, los agroquímicos utilizados en el experimento fueron los recomendados en el paquete tecnológico del CEEEdzná. En el segundo trabajo, se utilizó como fitómetro la variedad Huasteca 200 y como fuentes de fertilización inorgánica y foliar más bioestimulante, a los productos fosfato diamónico, urea, cloruro de potasio, Bayfolan y Biozyme.

Metodología.

El primer trabajo son los resultados del proyecto: “Evaluación de variedades de soya en las condiciones agroclimáticas de la Península de Yucatán”, con la validación de nueve variedades durante el año 2017 “Huastecas (H100, H200, H300, H400, Tamesí, H600), Vernal, Luziânia y Mariana”, anexándose dos variedades más durante el año 2018 (H700 y Otoño), en cuatro diferentes fechas de siembra (20 de junio, 10 y 30 de julio, y 20 de agosto), aquí solo se consideran la información del estado de Campeche. En el segundo trabajo, los factores de manejo evaluados fueron: Ancho de surco (40 y 80 cm) y el segundo la fertilización inorgánica “natural; 60-80-00, 60-80-30 y 60-80-60; 90-80-00, 90-80-30 y 90-80-60; 31-80-00, 31-80-30 y 31-80-60. Los tratamientos de fertilizantes foliares y bioestimulante fueron “SBAYySBYOZI; BYOZI1; BYOZI2; BYOZI3; BAY1yBYOZI1; BAY2yBYOZI2 y BAY3yBYOZI3”. En todos los casos el manejo del cultivo se realizó siguiendo las indicaciones del paquete tecnológico del INIFAP. Los Análisis Estadísticos, se realizaron aplicando el software estadístico Info Stat/L ver 2008 Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fecha de siembra y variedades.

Este componente está definido por el ambiente edafoclimático, de cada predio sojero. Por lo cual es fundamental que cada productor, valore la alta correlación de la interacción ambiente y genotipo en la respuesta del rendimiento de grano en cada lote sojero. En primera estancia, en términos generales estos ambientes están caracterizados por los tipos de suelos (Kan-kab, Yaax-hom y A'kalche), climas (Aw0 y Aw1) y la época de siembra (temprana "20 mayo al 20 junio", intermedia "21 junio al 20 julio" y tardía "21 julio al 20 agosto"), lo cual en teoría genera 18 posibles agroecosistemas para el cultivo de soya de temporal. Este abanico de agrosistemas se incrementa al considerar las tierras sojeras "Yaax-hom y A'kalche", con los dos sistemas de manejo del agua (drenaje y riego). En el cuadro 1, se cuantifica el impacto de la fecha de siembra en el rendimiento medio en once genotipos de soya evaluados.

Cuadro 1. Rendimientos promedio y caída de rendimiento entre fechas de siembra en variedades de soya. Pocyaxum, Campeche (2017-2018).

| VARIEDAD | 1ª FS 20 de junio | 2ª FS 10 de julio | 3ª FS 30 de julio | 4ª FS 20 de agosto |
|----------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | Rto Medio "t/ha" | | | |
| H-100 | 3.3 | 3.4 | 2.9 | 2.2 |
| H-200 | 3.7 | 3.8 | 2.5 | 2.1 |
| H-300 | 3.1 | 2.5 | 2.6 | 2.4 |
| H-400 | 3.2 | 3.3 | 2.2 | 2.6 |
| TAMESI | 2.8 | 3.5 | 2.2 | 1.9 |
| H-600 | 3.8 | 3.2 | 2.8 | 2.4 |
| H-700 | 2.9 | 2.6 | 2.7 | 2.5 |
| VERNAL | 3.7 | 2.6 | 2.3 | 2.2 |
| OTOÑO | 2.6 | 2.6 | 1.8 | 2.0 |
| LUZIÂNIA | 2.9 | 2.3 | 2.3 | 2.3 |
| MARIANA | 2.7 | 2.3 | 2.2 | 2.2 |

Los datos del rendimiento medio, son contundentes en demostrar la interacción "ambiente x genotipo", ya que solo en las dos primeras fechas de siembra hay cuatro materiales genéticos "H-100; H-200, H-400 y H-600", con rendimientos por arriba de las 3.0 t ha⁻¹ y ninguno para las dos últimas fechas de siembra, en estas fechas de siembra tres variedades destacan en sus rendimientos medios "H-300; H-600 y H-700". Sin embargo, evaluar el comportamiento para los otros tipos de suelo y en las zonas de mayor superficie cultivada con esta leguminosa en la entidad es una necesidad prioritaria, que de mayor certeza de su respuesta agronómica y productiva. Dada la sensibilidad de la soya al fotoperiodo (duración del día), se sugiere utilizar las variedades Huasteca 600, Huasteca 200 y Vernal preferentemente en siembras "tempranas" (Junio), en siembras "intermedias" (Julio), los genotipos Huasteca 200, Tamesí, Huasteca 100 y Huasteca 600. Para siembras "tardías" (Agosto) las variedades con mejor crecimiento y producción son Huasteca 300, Huasteca 600 y Huasteca 700.

Respuesta al espaciamiento-fertilización inorgánica “N-P-K” y espaciamiento-fertilización foliar y bioestimulante.

Los antecedentes de siembras con espaciamientos reducidos en siembras tardías, están bien fundamentados en la mayoría de las zonas soyeras del mundo, en el caso de México, en el sur de Tamaulipas, el INIFAP sugiere el establecimiento de la soya en surcos angostos de 60 cm. En la entidad, trabajos establecidos en 2018 y 2020, indican que es posible reducir el ancho de surco hasta 38 a 40 cm, de contarse con maquinaria y equipos que permitan realizar estas adecuaciones, con la finalidad de mantener los rendimientos medios estadísticamente iguales a los de la fecha de siembra temprana. En 2020, los datos reportados, confirman la necesidad del conocimiento del manejo sitio específico en el cultivo de soya, en función del ambiente edafoclimático y la fecha de siembra. Es decir, es necesario generar agrotecnología que permitan captar los recursos disponibles y aplicar labores e insumos en forma diferenciada para cada agrosistema utilizado en el cultivo de soya en el estado de Campeche. El primer análisis reporta un rendimiento promedio de 2847 kg ha⁻¹. Las plantas a cosecha fueron en promedio para el espaciamiento de 40 y 80 cm, de 915212 y 469002 plantas ha⁻¹, respectivamente. El segundo análisis reporta un rendimiento promedio de 2847 kg ha⁻¹. El ancho de surco de 40 cm presenta la media de rendimiento más alta, en ambas situaciones analizadas, es decir fertilización inorgánica y fertilización foliar y bioestimulante, las diferencias en rendimiento son de 796 y 616 kg ha⁻¹, entre los espaciamientos de 40 y 80 cm, “Figura 1”.

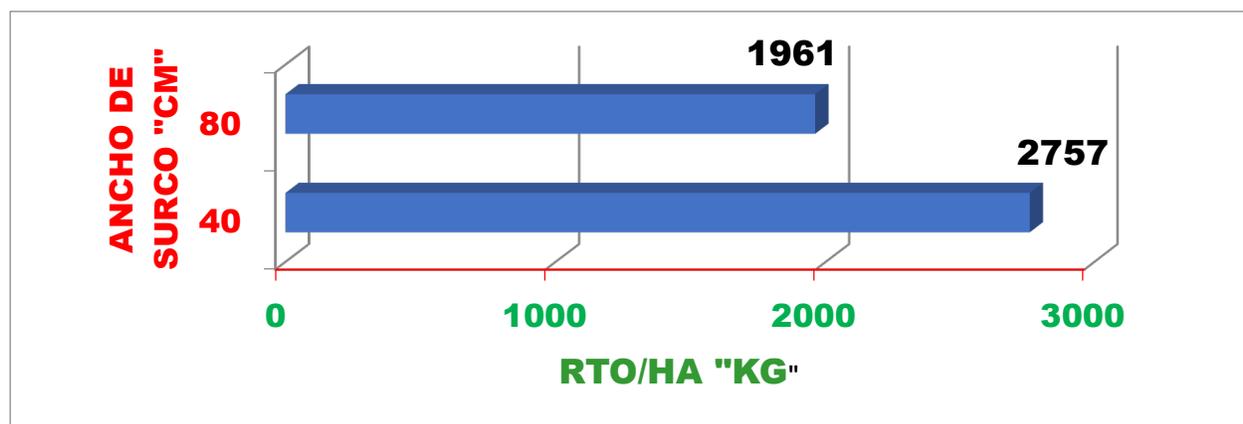


Figura1. Rendimientos medios de soya en función de los factores ancho de surco y población. Ciclo V/O 2020, Pueblo Nuevo, Campeche.

CONCLUSIONES

1. La interacción ancho de surco y densidad de población indican que es posible utilizar las variedades con alto rendimiento de siembras tempranas e intermedias en siembras tardías.
2. El rendimiento medio más alto de soya con fertilización inorgánica en surcos de 80 cm, se logra con la dosis 31-80-60, en cambio en surcos de 40 cm, este se alcanza con la dosis 90-80-00. En ambos casos el rendimiento reporta de 651 a 670 kg ha⁻¹, de diferencia con no fertilizar.
3. La respuesta al foliar y bioestimulante se da solo en surcos de 80 cm, lográndose incrementos de 493 kg ha⁻¹, con dos aplicaciones de Biozyme en V₃ y V₅.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hernández PM, Soto RJM y Medina MJ. 2019. Fechas de siembra de variedades de soya para el estado de Campeche”. XXXI Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria Tabasco 2019 y VIII Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical.
2. INTA. 2018. CAMPAÑA 2018/2019. Publicación Miscelánea año VI N° 2. ISSN 2314-3126. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Santa Fe Estación Experimental Agropecuaria Rafaela Área de Investigación en Producción Vegetal. Rafaela, Santa Fe, Argentina. 184p.

3. Soto RJM *et al.* 1990. Guía para producir soya de temporal en suelos rojo (kan-kab) en Quintana Roo. Folleto para productores núm. 20. CIFAPQROO-INIFAP-SARH. Chetumal, Quintana Roo, México. 14p.
4. Soto RJM *et al.* 2019. Impacto de tres factores de manejo tecnológico en soya en Campeche, México. Resumen en memoria de la X RNIPAFAP. Chiapas, México.
5. Collí SMR. 2021. Fertilización para incrementar el rendimiento en soya en siembras tardías. Reporte Final de Residencia Profesional. Instituto Tecnológico de Chiná. Chiná, Campeche. Enero del 2021. 23p.

Sección: Manejo agronómico

Líneas seleccionadas de papaya para la conservación de características

Juan Carlos Álvarez Hernández

Programa de Investigación Frutales, CE Valle de Apatzingán-CIRPAC-INIFAP. Km. 17.5 Carretera Apatzingán - Cuatro Caminos, C. P. 60781. Antúnez, Michoacán, México.

alvarez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Carica papaya*, genotipo 'Maradol', sexado de planta

INTRODUCCIÓN

En México, la variedad dominante es 'Maradol' (SIAP 2017). Para su propagación el tipo de semilla utilizado varía desde las originales F1 hasta selecciones descendientes Fn. Bajo esta perspectiva, es común que se presente segregación genotípica y fenotípica. Actualmente, el bajo número de variedades comercialmente adaptadas a las diferentes zonas, el rápido desequilibrio de las resistencias naturales de materiales al ser introducidos a las zonas productoras, los hace vulnerables a plagas y enfermedades. Además, de su compleja biología floral, es decir, indistintamente las plantas de esta especie presentan plantas femeninas, masculinas y hermafroditas (Damasceno *et al.* 2018), lo que influye en la producción y calidad de frutos. Así, el desarrollo de variedades de papaya con mejores rasgos agronómicos, calidad de fruta y alto nivel de resistencia a enfermedades son un desafío, ya que todas estas características no se pueden concentrar solamente en un genotipo (Vivas *et al.* 2017).

En México las variedades utilizadas se han originado por selección y mejoramiento, en donde la polinización controlada es clave. En consecuencia, se debe de elegir plantas adecuadas y control de la polinización, de hacerse cruzamientos, deben de ser realizados entre plantas hermafroditas, o que estas sean auto-polinizadas para que según la proporción floral, se pueda esperar el 66% de semillas que originarán plantas hermafroditas (Ram 2005). Por lo anterior es necesario rescatar material genético que pueda ser utilizado en el mejoramiento de la papaya para la producción de semilla y el desarrollo de nuevos materiales, pero que también estén adaptados a las regiones de interés. En base a lo anterior, el objetivo fue evaluar diferentes líneas de plantas de papayas sobresalientes y adaptadas derivadas de una selección preliminar en ambientes comerciales.

MATERIALES Y METODOS

En el Campo Experimental Valle de Apatzingán se evaluaron 23 líneas de papaya sobresalientes, de estas, 12 líneas provinieron de semilla seleccionada que se obtuvo en la primera etapa. El resto, fueron materiales previamente colectados (Cuadro 1). Esta ampliación se hizo con para tener variabilidad de las plantas bajo presión ambiental y fitosanitaria, e incrementar las opciones de elección. El área experimental se preparó mediante rastreo y surcado, y se instaló un sistema de riego por goteo. Los marcos de

plantación fueron 3 m entre líneas x 2 m entre plantas. Por cada línea se establecieron hasta 20 plantas. En etapa de emisión de botones florales, fueron cubiertos para propiciar autopolinización, posteriormente, se registraron datos de frutos colectados en plantas.

Cuadro 1. Líneas de papayas

| No. Línea | Origen | No. Línea | Origen | No. Línea | Origen |
|-----------|---------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| 1 | H. Barocio 3, Antúnez, P1 | 9 | H. Adelo, Ceñidor P3 | 17 | 42A |
| 2 | H. Barocio, 2 Antúnez | 10 | H. Barocio 4, Antúnez | 18 | 21A |
| 3 | H. Barocio 3, Antúnez, P2 | 11 | 42 A | 19 | ARTM |
| 4 | H. Andrade, Antúnez | 12 | H. Adelo, Ceñidor P2 | 20 | P4 |
| 5 | H. Andrade, La Soledad | 13 | H. Pista, Antúnez | 21 | 9A |
| 6 | H. Barocio 1, Antúnez P3 | 14 | AR | 22 | H. Adelo, Ceñidor, P1 |
| 7 | H. Barocio 1, Antúnez, P2 | 15 | P5 | 23 | H. Ramón, Antúnez |
| 8 | H. Barocio 1, Antúnez, P1 | 16 | 25A | | |

Se realizaron análisis de varianza y comparación de medias (Tukey $P=0.05$). El progreso de desarrollo botón floral y paso a frutos formados y a frutos colectados, los valores numéricos fueron comparados porcentualmente. Los paquetes estadísticos utilizados fueron SAS versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1, se presenta la caracterización del progreso en el desarrollo de botón floral a fruto formado y colectado en líneas evaluadas. Cabe mencionar, que se redujo la cantidad de frutos formados con relación a los botones cubiertos inicialmente, así como también, redujo la cantidad de frutos colectados en relación a los frutos formados.

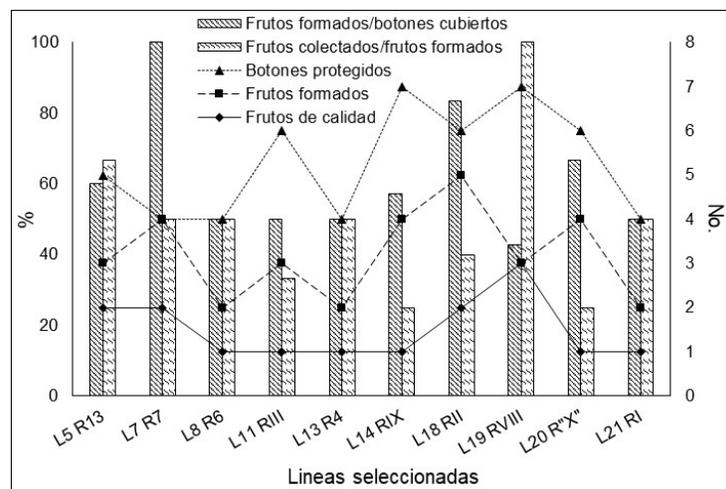


Figura 1. Proceso en el desarrollo de botones florales a frutos formados de papaya

Los análisis de varianza realizados a las variables de la caracterización de frutos se muestran en el cuadro 2. A excepción de la variable sólidos solubles, todas las variables

presentaron diferencias. La circunferencia polar y ecuatorial, en la línea L14 RIX presentó las dimensiones más grandes de fruto, valores contrarios los presentó la línea L7 R7. La variable índice de forma, la línea L13 R4, tuvo la proporción mayor. En cambio, la línea L19 RVIII el índice de forma fue menor. Respecto al peso de fruto, la línea L21 RI presentó los frutos más pesados, situación contraria en los frutos de la línea L7 R7, al igual que presentaron el menor ancho de pulpa, en cambio la línea L18 RII tuvo el ancho de pulpa mayor. En la firmeza de pulpa, la línea L21 RI presentó la dureza de pulpa mayor.

Cuadro 2. Caracterización de frutos colectados en plantas de papaya sobresalientes.

| Línea | Circunferencia (cm) | | Índice de forma | Peso (kg) | Ancho de pulpa (cm) | Firmeza de pulpa | Solidos solubles |
|-----------|---------------------|------------|-----------------|-----------|---------------------|------------------|------------------|
| | Polar | Ecuatorial | | | | | |
| L5 R13 | 56.2 abc | 31.8 ed | 1.76 abc | 1.173 bc | 2.74 bcd | 2.14 ab | 12.52 |
| L7 R7 | 51 c | 28.6 e | 1.79 ab | 0.822 c | 2.42 d | 2.04 b | 12.78 |
| L8 R6 | 56.8 abc | 34.6 bcd | 1.64 bcd | 1.239 bc | 2.66 cd | 2.2 ab | 12.42 |
| L11 RIII | 62.4 a | 27.2 abc | 1.67 abcd | 1.722 abc | 3.1 abc | 2.14 ab | 12.34 |
| L13 R4 | 61.2 ab | 32.2 cde | 1.89 a | 1.297 bc | 2.66 cd | 2.2 ab | 12.68 |
| L14 RIX | 62.2 a | 40.2 a | 1.54 cd | 1.73 abc | 3.02 abc | 2.08 b | 12.38 |
| L18 RII | 61 ab | 38.4 ab | 1.58 bcd | 1.806 ab | 3.22 a | 2.06 b | 12.86 |
| L19 RVIII | 59.2 abc | 38.8 ab | 1.52 d | 1.721 abc | 3.16 ab | 2.14 ab | 12.6 |
| L20 R"X" | 53 bc | 31 de | 1.71 abcd | 0.95 bc | 2.74 bcd | 2.08 b | 12.16 |
| L21 RI | 61.8 a | 38.8 ab | 1.58 bcd | 2.51 a | 3.08 abc | 2.32 a | 12.1 |
| <i>P</i> | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ns |

CONCLUSIONES

En el progreso de desarrollo de las etapas botones cubiertos a frutos formados y a frutos cosechados, el valor promedio de las 10 líneas redujo gradualmente, en 60% de la etapa frutos formados sobre la etapa de los botones cubiertos y en 47% de la etapa frutos colectados sobre la etapa de los frutos formados, pero en global solamente se rescató el 28% de los frutos colectados sobre los botones los cubiertos. Las líneas seleccionadas mostraron variabilidad de valores de los frutos, donde el índice de forma, peso de fruto y ancho de pulpa, fueron indicadores importantes para definir una preferencia a modo.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al INIFAP, ya que los resultados son parte el proyecto fiscal con no SIGI. 14123334388.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Atlas Agroalimentario. 1ra. Edición. Ciudad de México.
2. Damasceno, J.P.C., Santana, P.T.N., Gonzaga, P.M. 2018. Estimation of genetic parameters of flower anomalies in papaya. *Crop Breeding and Applied Biotech.* 18: 9-15.
3. Vivas, M., Silveira, S.F., Silva, V.J.M., Dias, S.P.H., Carvalho, M.B., Daher, R.F., Amaral, J.A.T., Gonzaga, P.M. 2017. Phenotypic characterization of papaya genotypes to determine powdery mildew resistance. *Crop Breeding and Applied Biotech.* 17: 198-205.
4. Ram, M. 2005. Papaya. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 1st. Ed. India.

Sección: Manejo agronómico

INFLUENCIA DE OCHO ESPECIES DE SOMBREADO EN EL RENDIMIENTO DE LA VARIEDAD DE CAFÉ COSTA RICA-95

Rosalío López Morgado^{1*}, Luis Eduardo García Mayoral², Rafael Alberto Guajardo Panes¹ y Rafael Iván Granados Argüello³

1CE Cotaxtla-CIRGOC-INIFAP; 2CE Valles Centrales de Oaxaca-CIRPAS-INIFAP; 3Instituto de Investigaciones Forestales-UV-Campus Xalapa.

lopez.rosalio@inifap.gob.mx

Palabras clave: forestales maderables, estrato superior, ciclos de cultivo

Introducción.

El cafetal bajo sombra expresa su productividad como resultado de una interacción multifactorial entre los cuales es determinante el factor varietal y el manejo de los árboles del estrato de sombreado, siendo este agroecosistema un ejemplo de las bondades ecológicas y productivas de los sistemas biodiversos que implica la agroforestería. Sin embargo, el escenario actual de baja rentabilidad de la cafecultura mexicana, por la caída en productividad a causa de la severidad de la roya del cafeto, hace de interés estudiar el comportamiento del rendimiento de café cereza con variedades resistentes a roya, bajo sistemas agroforestales a base de árboles de especies locales, conocidos por los productores en sus atributos de sombreado al café (García *et al.*, 2020). Los cafetales bajo sistemas agroforestales (SAF-Café) también posibilitan altos niveles de fructificación, si se mantiene en niveles óptimos la intensidad del sombreado (Farfán y Sánchez, 2016). Por lo cual es necesario que el estrato arbóreo esté compuesto por especies forestales locales, que fenológicamente son más conocidas por los cafecultores.

Las variedades resistentes a roya derivan de los “grupos genéticos” Catimores y Sarchimores, producto de los cruzamientos entre el Híbrido de Timor, una variedad arábica que entraña genes de resistencia de *C. canephora*, y las variedades arábicas puras Caturra y Villa Sarchí (WCR, 2017), ya que las variedades arábicas introgresadas con genes de resistencia a la roya atenúan problemas de productividad, suscitados por la presencia y severidad de la roya del cafeto (Zamarripa *et al.*, 2018). La variedad Costa Rica-95 es un catimor resultado de la hibridación artificial; Caturra Rojo x Híbrido de Timor, realizada por el CIFC en 1959.

En acuerdo con lo que antecede, una de las alternativas técnicas para hacer más rentables a los cafetales es diversificar a éstos en su componente más común; los “árboles de sombra”, utilizando especies nativas que den un buen sombreado al cafetal y tengan usos múltiples por acumulación de atributos de las posibles especies. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue realizar un experimento a fin de precisar

interacciones favorables entre especies arbóreas, nativas e introducidas, y su influencia en el rendimiento de café cereza en variedades introgresadas con genes provenientes del Híbrido de Timor.

Materiales y Métodos

Se expone fue logrado a través de un trabajo experimental de producción de café bajo sistemas agroforestales (SAF-Café), donde se registró la variable de producción de café cereza y la influencia de la sombra proyectada por un estrato alto de árboles de sombra. Las especies contempladas son: bienvenido *Tapirira mexicana*, xochicuahuatl *Cordia alliodora*, grevilea *Grevillea robusta* (especie introducida), nogal *Juglans pyriformis*, pino *Pinus chiapensis*, primavera *Tabebuia donnell-smithii*, roble *Tabebuia rosae*, y Chalahuite *Inga sp.* (tratamiento testigo). El experimento fue establecido en bloques al azar con tres repeticiones y la variedad Costa Rica-95.

Este trabajo se estableció en 2009-2010 y está ubicado dentro de las instalaciones del Sitio Experimental Teocelo del INIFAP. La parcela total estuvo compuesta por 15 árboles y 160 cafetos, mientras que la parcela útil la comprendieron los tres árboles centrales y 48 cafetos con la influencia total de cada tipo de sombra. El arreglo espacial entre árboles fue de 6m x 6m (277 árb./ha) y entre cafetos de 2m entre surcos y 1.5m entre cafetos (3330 pt./ha.).

La variable que se analiza es el rendimiento de café cereza, considerándose la interacción del estrato de sombreado (especies) en el rendimiento en dos ciclos (2016 y 2020), ya que ambos estratos; árboles y cafetos, se dejaron a libre crecimiento. El modelo experimental de análisis de los datos, fue un bloques al azar con tres repeticiones, bajo la variante de “análisis seriado de experimentos” con lo cual se permitió involucrar en las fuentes de variación los dos ciclos de cosecha y su interacción con las especies de sombra para influir en el rendimiento de café cereza. El análisis de varianza combinado para tratamientos en bloques con dos ciclos de registros, se hizo a través de la versión SAS 9.3, para la variable rendimiento de café cereza y área basal de los árboles de cada especie.

Resultados y Discusión

En el análisis de varianza se muestra que hubo diferencia estadística altamente significativa tanto entre ciclos como entre especies de sombreado, no así en la interacción ciclo por especie (Cuadro 1). Este resultado era esperado pues los momentos de registro de datos (ciclos) tuvieron tres años de crecimiento y desarrollo; lo cual imprime las diferencias altamente significativas entre especies y ciclos de cultivo; dos factores independientes.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable área basal de las especies arbóreas de sombreado.

| Fuentes de variación | Ensayo de Árboles de sombra | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|--------|--------|--------------------|--------|
| | G. L. | S. C. | C. M. | Valor de "F" | Pr > F |
| Ciclos de cosecha | 1 | 78.32 | 78.32 | 18.92** | 0.000 |
| Error "A" [repetición (ciclo)] | 4 | 17.90 | 4.475 | | |
| Especies arbóreas | 7 | 120.80 | 17.257 | 4.17** | 0.003 |
| Especie X Ciclo | 7 | 53.56 | 7.652 | 1.85 ^{ns} | 0.117 |
| Error "B" | 28 | 115.92 | 4.140 | | |

La prueba de Tukey al 95% de probabilidad nos muestra que en el ciclo 2016 (a la izquierda) el árbol primavera propició los rendimientos más altos de café cereza con su sombreado poco denso debido a la arquitectura abierta de sus ramas, mientras que el pino con un follaje denso y ramas estrechas y muy juntas, dejaba pasar poca luz al dosel de los cafetos, lo que favorecía mayor penumbra y menos cantidad de flores en los cafetos, lo cual se traducía en menor rendimiento de estos. Para el ciclo anual de cultivo 2020, el bajo rendimiento continuó dándose bajo la sombra de pino, sin embargo, el más alto rendimiento ahora se dio en el chalahuite, que prácticamente mantuvo los rendimientos de café bajo su sombra (Cuadro2).

Cuadro 2. Prueba de Tukey en la separación de medias tanto para el ciclo 2016 (izquierda) como para el ciclo 2020 (derecha).

| Variedad | C.cza.t/ha. ² | DMSH ¹ | Variedad | C.cza.t/ha. ² | DMSH ¹ |
|-----------------|--------------------------|-------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| Primavera | 12.20 | A | Chalahuite | 7.569 | A |
| Cacao | 9.514 | AB | Nogal | 7.15 | AB |
| Roble | 8.45 | AB | Grevillea | 7.08 | AB |
| Grevillea | 8.449 | AB | Xochitlcuahuitl | 6.83 | AB |
| Nogal | 8.241 | AB | Primavera | 6.134 | AB |
| Xochitlcuahuitl | 7.454 | AB | Roble | 5.694 | AB |
| Chalahuite | 7.361 | AB | Cacao | 4.19 | AB |
| Pino | 4.95 | B | Pino | 1.530 | B |

¹ DMSH= Diferencia Mínima Significativa conforme a Tukey; letras iguales indican que las medias no difieren entre sí.

² C.cza.t/ha. = Café cereza en toneladas por hectárea

Conclusiones

La sombra de pino *P. chiapensis* fue la que produjo los menores rendimiento de café cereza en los dos ciclos analizados, lo cual genera hacer mayores estudios acerca de su asociación con el cafetal ya que si bien genera abundante materia orgánica y aumenta la acidez del suelo, su densa copa no permite el paso de la radiación solar, lo que disminuye significativamente el rendimiento de la producción de café. Mientras que especies de ambientes cálidos húmedos y subhúmedos como la primavera *T. donnell-smittii* y el roble *T. rosea*, ocasionan caídas de rendimientos si no se les procura una regulación de sombra mediante la poda de ramas evitando que haya "ramas sobre ramas" que propicien un sobre sombreado.

Literatura Citada

Farfán, V. F. y P. M. Sánchez A. 2016. Densidades de siembra del café Variedad Castillo en sistemas agroforestales, en el departamento de Santander-Colombia. *Revista Cenicafé* 67(1):55-62.

García M., L. E., J. I. Valdez H., M. Luna C. y R. López M. 2015. Estructura y diversidad arbórea en sistemas agroforestales de café en la Sierra de Atoyac, Veracruz. *Madera y Bosques* 21(3):69-82.

WCR (World Coffee Research). 2017. Las variedades de café de Mesoamérica y El Caribe. USAID, PROMECAFE. Catálogo. College Station, Texas, USA. 38p.

Zamarripa, C. A., R. López M. y E. Escamilla P. 2018. Mejoramiento Genético de café. p. 3-8 *In*: ASERCA (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios). *Revista Claridades Agropecuarias*: ejemplar 280. El Café en el Sur de México: tradición con gran potencial. Cd. de México. Disponible en: <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/marcos.asp> (Última actualización: 12/03/2018; 13:53)

RENDIMIENTO DE MATERIALES GENÉTICOS DE MAÍZ EN DIFERENTES DENSIDADES DE SIEMBRA EN SUELOS PROFUNDOS DE YUCATÁN, MÉXICO.

José de la Cruz Tun Dzul*
C.E. Mocochoá-CIRSE-INIFAP.
tun.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Densidad de Siembra, Material Genético, Suelos profundos.*

INTRODUCCION

En el estado de Yucatán, la mayoría de los factores del clima que predominan favorecen el desarrollo y producción del maíz; sin embargo, algunos de estos factores han mostrado variaciones extremas en los últimos años, propiciando un alto porcentaje de siniestros y el incremento de la incidencia de plagas y enfermedades durante el desarrollo de este cultivo bajo condiciones de temporal. Por otro lado, el exceso de la radiación solar y la mala distribución de la precipitación también limitan los rendimientos de los diversos materiales genéticos que se establecen en el estado. Otro factor limitante es el suelo, ya que más del 70 por ciento de la superficie estatal la ocupan los Leptosoles (suelos pedregosos y de poca profundidad), lo cual limita el rendimiento debido a su baja fertilidad y limitada capacidad de retención de humedad (Tun *et al.*, 2014); no obstante, existen otras clases de suelo en las cuales se pueden obtener mayores rendimientos mediante el manejo adecuado las densidades de siembra.

Copeland y McDonald (2001), indicaron que el empleo de variedades mejoradas es el medio más rápido y económico para incrementar el rendimiento y la calidad de las cosechas. Sin embargo, aunque los estudios de mejoramiento genético formal han generado una gran cantidad de variedades con mejores comportamientos y rendimientos y las mismas han sido promocionadas ampliamente, la mayoría de los productores de maíz aún utiliza sus propias variedades de origen local (Barkin, 2002). Esto se debe en gran medida a la confianza que tienen en los maíces criollos por ser opciones resistentes y predecibles, en comparación con las variedades modernas (Bellon *et al.*, 2011). Cuando los cultivos se establecen en terrenos marginales, las variedades mejoradas pueden tener problemas para manifestar sus características sobresalientes y tener bajos rendimientos bajo las condiciones de los productores, debido principalmente a las interacciones genotipo x ambiente que no se registran adecuadamente en los datos recogidos en las parcelas experimentales (Bellon y Hellin, 2011).

La densidad de población y el arreglo espacial tienen un efecto directo sobre el crecimiento mismo de las plantas y es de esperar que al variar las distancias entre surcos y entre plantas haya una manifestación diferencial en los valores de índice de área foliar y de su capacidad productiva, lo anterior se sustenta en los análisis cuantitativos del crecimiento, en donde se requiere medir el material vegetal presente y la capacidad de autoconversión de esa estructura vegetal. La forma de conocer a detalle dichos conceptos se logra a través de la cuantificación del peso de materia seca total por unidad de área y la determinación del índice de área foliar (Báez *et al.*, 2002; Karlem y Camp, 1985).

OBJETIVO

El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento de grano de diferentes materiales de maíz con diferentes densidades de población, bajo condiciones de temporal y en suelos profundos, bajo el sistema de roza-quema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en terrenos de un productor cooperante en la localidad de Yaxcabá, Yuc., localizada en una de las principales regiones maiceras del estado. Se seleccionó un terreno cuyo suelo profundo (Cambisol) es representativo de la producción de maíz del sistema roza-quema. La preparación del suelo consistió en la limpieza manual de la maleza, la cual se dejó en la superficie del terreno alineada en cordones entre las hileras de cultivo. La profundidad del suelo de la parcela experimental fue en promedio de 0.60 m.

El experimento se conformó con la combinación de los niveles de dos factores: cinco materiales genéticos de maíz y tres densidades de siembra. Los tratamientos resultantes se arreglaron en Parcelas Divididas en un diseño experimental Completamente al Azar con tres repeticiones. En las parcelas principales se establecieron las densidades de siembra (30,000, 40,000 y 50,000 plantas por hectárea) y en las subparcelas se colocaron dos variedades mejoradas (Sac Beh y Chichén Itzá) generadas en Yucatán por el INIFAP y tres variedades criollas (Nal tel, X'mejjen nal y X'nuuk nal) cuyas semillas fueron proporcionadas por un productor de la localidad de Yaxcabá. El experimento tuvo un total de 45 unidades experimentales.

El tamaño de la unidad experimental fue de 5.0 m x 4.0 m (20.0 m²), estableciendo cuatro hileras de maíz de 5.0 m de longitud, separadas 1.0 m. Las densidades de población se establecieron de acuerdo con los arreglos indicados en el Cuadro 1. La parcela útil fue de 2.0 m x 4.0 m (8.0 m²) y quedó conformada por las dos hileras centrales dejando 0.5 m de orilla en cada lado. La siembra de los materiales de maíz se realizó el 24 de junio del 2020. El manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones que para la región ha generado el INIFAP.

Cuadro 1. Arreglo topológico de las plantas para cada tratamiento de densidad de siembra.

| Densidad de siembra (plantas/ha) | Distancia entre hileras | Distancia entre plantas | No. de plantas por cepa |
|-------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 30,000 | 1.00 m | 1.00 m | 3 |
| 40,000 | 1.00 m | 0.50 m | 2 |
| 50,000 | 1.00 m | 0.40 m | 2 |

La cosecha del maíz se realizó en la segunda quincena de diciembre. Se determinó el rendimiento de grano de maíz ajustado al 14% de humedad. El análisis estadístico consistió en el análisis de varianza y la comparación de las medias del rendimiento de cada factor y tratamiento mediante el método de la Diferencia Significativa Mínima (DSM) al 0.05%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios que se realizan bajo condiciones de temporal deben considerar la cantidad y distribución de la lluvia que se presenta durante el periodo en el que se desarrollan las plantas; en este caso, se presentaron 34 días con precipitación: el primer día fue el 22 de junio que saturó el suelo por lo que se realizó la siembra el 24 de junio, 11 en julio, 6 en agosto, 6 en septiembre, 7 en octubre, 2 en noviembre y 1 en diciembre. En total se registraron 626 milímetros de precipitación, cantidad que puede considerarse adecuada para la producción del cultivo de maíz, sobre todo porque tuvo una distribución regular. No se presentó ningún periodo de sequía significativo por lo que el desarrollo del cultivo fue adecuado. Adicionalmente al registro anterior, a finales de octubre se presentó una tormenta tropical que tuvo una precipitación estimada en unos 400 mm y provocó la inundación temporal de la parcela experimental. En general, durante la mayor parte del ciclo de cultivo se tuvieron condiciones suficientes de humedad en el suelo para el buen desarrollo de la planta; la inundación no afectó mucho al cultivo debido a que ya se había completado el llenado del grano y se encontraba en la etapa de secado.

La cosecha del maíz se realizó en la segunda quincena de diciembre; posteriormente, se desgranó y se determinó el contenido de humedad del grano; la estimación del rendimiento de grano se ajustó a un contenido de humedad estándar del 14%. El análisis de varianza de los datos indicó que se tuvieron diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) entre las densidades de siembra, entre los materiales genéticos y entre la interacción de los dos factores evaluados.

La comparación de medias para determinar el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de los materiales de maíz evaluados (Cuadro 2), indica que el rendimiento tuvo incrementos significativos ($\alpha=0.05$) al incrementarse la densidad de siembra. De igual manera, se encontró una diferencia significativa ($\alpha=0.05$) entre los materiales de maíz evaluados, sobresaliendo los materiales mejorados Sac Beh y Chichén Itzá y el criollo X'mején nal.

Cuadro 2: Rendimiento de grano de maíz con los materiales genéticos y las densidades de siembra evaluadas en suelo profundo. Yaxcabá, Yuc. 2020.

| Material Genético | Rendimiento (ton/ha) |
|------------------------------|----------------------|
| Nal tel | 2.703 b |
| X'mején nal | 3.244 a |
| X'nuuk nal | 2.573 b |
| Sac Beh | 3.445 a |
| Chichén Itzá | 3.406 a |
| DSM $_{0.05}$ = 0.325 ton/ha | |

| Densidad de siembra (pl/ha) | Rendimiento (ton/ha) |
|------------------------------|----------------------|
| 30,000 | 2.409 c |
| 40,000 | 2.954 b |
| 50,000 | 3.859 a |
| DSM $_{0.05}$ = 0.463 ton/ha | |

Valores con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes.

Los datos del rendimiento de los materiales, dentro de cada densidad de siembra, indican que, en general, todos los materiales genéticos evaluados incrementaron su rendimiento al incrementarse el número de plantas por hectárea, lo cual es la tendencia general en este tipo de experimentos (Cuadro 3). Lo anterior indica que la densidad de siembra es un factor de suma importancia para incrementar el rendimiento del cultivo bajo las condiciones de milpa de roza-quema y en suelos profundos. Esta modificación al paquete tecnológico es factible pues representa un bajo costo en semillas y jornales. En todos los casos, los rendimientos superaron por un amplio margen los rendimientos medios de maíz obtenidos en el estado.

Cuadro 3. Rendimiento de grano de maíz de los materiales genéticos con diferente densidad de siembra, establecidos en suelo profunso. Yaxcabá, Yuc. 2020.

| Densidad de siembra (pl/ha) | Rendimiento de los materiales genéticos de maíz (ton/ha) | | | | | Promedio |
|--|--|-------------|------------|---------|--------------|----------|
| | Nal tel | X'mejen nal | X'nuuk nal | Sac Beh | Chichén Itzá | |
| 30,000 | 2.103 b | 2.540 c | 1.900 b | 2.625 b | 2.875 b | 2.408 b |
| 40,000 | 2.510 b | 3.207 b | 3.030 a | 3.080 b | 2.943 b | 2.954 b |
| 50,000 | 3.496 a | 3.984 a | 2.788 a | 4.629 a | 4.400 a | 3.859 a |
| DSM _{0.05} = 0.615 ton/ha | | | | | | |
| Valores con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes. | | | | | | |

CONCLUSIONES

Los resultados indican que el rendimiento de los diversos materiales genéticos evaluados se incrementa al incrementar la densidad de siembra del cultivo de maíz.

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Desarrollo tecnológico y estrategias para incrementar la productividad del maíz y mitigar el efecto de la variabilidad climática en la Península de Yucatán" del INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Barkin D. 2002. The reconstruction of a modern Mexican peasantry. *J. Peasant Stud.* 30:73-90.
2. Bellon M. R. y J. Hellin. 2011. Planting hybrids, keeping landraces: agricultural modernization and tradition among small-scale maize farmers in Chiapas, Mexico. *World Develop.* 39:1434-1443.
3. Bellon M. R., D. Hodson y J. Hellin. 2011. Assessing the vulnerability of traditional maize seed systems in Mexico to climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.* 108:13432-7.
4. Copeland L. O. y M. B. McDonald. 2001. *Principles of Seed Science and Technology*. 4th ed. Kluwer Academic Publishers. Massachusetts, USA. 467 p.
5. Tun D., J.C., Ramírez S. J.H., Cano G. A.J. y Uzcanga P. N.G. 2014. Producción de materia seca y rendimiento de maíz bajo riego, en Luvisoles del sur de Yucatán. *In: Flores, M.J.P., Corral D. B., Osuna A. P., Torres P. J., Valero G. J. y Flores A., A.I.* 2014. Memoria del XXXIX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, 19 al 24 Octubre. Ciudad Juárez, Chihuahua. Sociedad Mexicana de la Ciencia del suelo. Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Ciudad Juárez, Chihuahua, México. 213-217.

Sección: Manejo Agronómico.

INCIDENCIA DE AFLATOXINAS EN GRANO DE MAÍZ BLANCO POR EL MÉTODO DE LABRANZA

Martín Espinosa Ramírez*¹, Flor Elena Ortiz Chaírez¹

¹Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP

espinosa.martin@inifap.gob.mx

Palabras claves:

Labranza, Aflatoxinas, Conservación.

INTRODUCCIÓN

Las Aflatoxinas son toxinas producidas por hongos (mohos) llamados *Aspergillus*, principalmente *Aspergillus flavus*. Esta toxina no se puede ver a simple vista y no tiene un olor o sabor en particular. Es por ello que muchas personas no están conscientes de la contaminación con aflatoxinas de alimentos y forraje y sus consecuencias para la salud de humanos y animales. De acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008 que indica que el límite máximo permisible de aflatoxinas en cereales es de 20 $\mu\text{g kg}^{-1}$ tanto para el consumo humano como de animales. Se han tenido reportes que *Aspergillus flavus* sobrevive en el suelo y en materia orgánica muerta o en descomposición. El hongo tiene un color verde/amarillo, sin embargo, aunque los granos contaminados con el hongo no presenten señas visibles del mismo, es posible que haya contaminación con aflatoxinas. Los principales daños a la salud reportados son: cáncer de hígado, daños al sistema inmunológico, retraso en el crecimiento y desarrollo de niños y niñas, entre otros. El consumo en grandes cantidades puede causar la muerte (Zuber *et al.*, 1987).

Así mismo, el maíz es el principal producto agrícola de consumo en diversos países, como México, el cual está sujeto a gran variabilidad de condiciones ambientales, tratamiento del suelo y procedimiento de cultivo. La labranza de conservación presenta ventajas, tales como retención de humedad en los residuos agrícolas, por lo tanto, es necesario evaluar su efecto en la incidencia en los hongos del grano en precosecha tales como *Aspergillus* y *Fusarium* y la posible presencia de aflatoxinas; además compararla con la labranza convencional. Se tiene información que la contaminación microbiana de ciertos cultivos como el maíz, se inicia en precosecha. Esto es debido a que, desde la preparación de la tierra se tiene la presencia de cuerpos fructíferos que se instalan (primer inóculo) en el suelo como parte de su ciclo de vida y pasan a la planta para completar la fase reproductiva. A pesar de los cambios bruscos de temperatura y de pH, las formas viables de los hongos principalmente *A. flavus* no se alteran en tales situaciones, por lo que estos pueden dañar la planta entera y posteriormente al grano (McGee *et al.*, 2006). El dónde se cultiva el maíz, tiene un papel importante sobre la presencia de ciertos microorganismos que dañan los productos agrícolas. Se debe preparar el suelo con la finalidad de tener condiciones ideales para la siembra y germinación, y realizar una cosecha de alta calidad (Jones 1987). El objetivo fue el de evaluar el efecto de los métodos de labranza en la incidencia de aflatoxinas en grano de maíz blanco.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP, en el ciclo OI 2019-2020 en condiciones de riego. Los tratamientos fueron: T1) cero labranza con 100% de residuos de cosecha (CLC100%), T2) cero labranza con 0 % de los residuos de cosecha (CLC0%), T3) subsuelo más rastra (S+R) y T4) barbecho más rastra (B+R), como tratamiento testigo. El híbrido fue Garañón. Se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Parcelas de 12 surcos de 0.8 m por 20 m = 192 m². Se sembró el 10 de febrero del 2020, en dos líneas por cama ancha de 1.6 m a una densidad de 70,000 plantas por hectárea. Para T1, al final del ciclo anterior se dejó el rastrojo equivalente a 100 % en la superficie del suelo, Para T2, se quitó el rastrojo del ciclo anterior de la superficie del suelo. Previo a la siembra se fertilizó con 50 kg ha⁻¹ de urea (46%)+80 kg ha⁻¹ de la mezcla física 12-40-00+1 t ha⁻¹ de gallinaza procesada, se realizaron dos riegos de auxilio de 10 cm de lámina. Dadas las precipitaciones presentes en el ciclo, no fue necesario un tercer riego. El control de malezas y plagas se realizó de acuerdo con el paquete tecnológico para maíz del Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Las variables fueron:

presencia de aflatoxinas ($\mu\text{g kg}^{-1}$), % de materia orgánica y rendimiento de grano. El 25 de julio el híbrido alcanzó su madurez de cosecha (16 % de humedad de grano) y cosecharon cinco metros de los dos surcos centrales de cada tratamiento. Se desgranó, pesó y secó el grano al 14 % de humedad. De igual forma al finalizar el ciclo se realizó el muestreo de suelos de la capa superficial (0-30 cm). Para la caracterización química del suelo se siguió la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000). Para cuantificar aflatoxinas se realizó mediante el método HPLC en el CIMMYT, siguiendo la metodología propuesta por la AOAC: (Scott 1995). Los datos se analizaron en SAS y la comparación de medias por Tukey ($p < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de las aflatoxinas mostraron que, para el tratamiento de agricultura de conservación con el 100 % de los residuos de cosecha presentó la mayor concentración con un valor promedio de $75 \mu\text{g kg}^{-1}$. El tratamiento de agricultura de conservación con el 0 % de los residuos de cosecha, presentó la menor concentración y es diferente estadísticamente ($P < 0.05$) a T1. T3 y T4 fueron iguales ($P > 0.05$) y diferentes a T2 (Figura 1). De acuerdo a NOM-247-SSA1-2008 sobre la cantidad permisible de concentración de aflatoxinas en granos de maíz para consumo humano, solo el T2 está dentro del rango (máximo permitido $20 \mu\text{g kg}^{-1}$). Los otros tres están dentro del rango para consumo animal. Los resultados anteriores concuerdan con Martínez, (1999), quien menciona que existen factores abióticos que pueden ayudar a controlar la cantidad de aflatoxinas en cierto cultivo, bajo un adecuado manejo agronómico, ya sea labranza convencional o en conservación. Sin embargo, encontró que existe una relación entre los procedimientos de cosecha del maíz con respecto al número de esporas presentes y sus toxinas. Esto puede dar una idea del comportamiento de los hongos, el cual es diferente en tipos de labranza y en diferentes cantidades de residuos de cosecha.

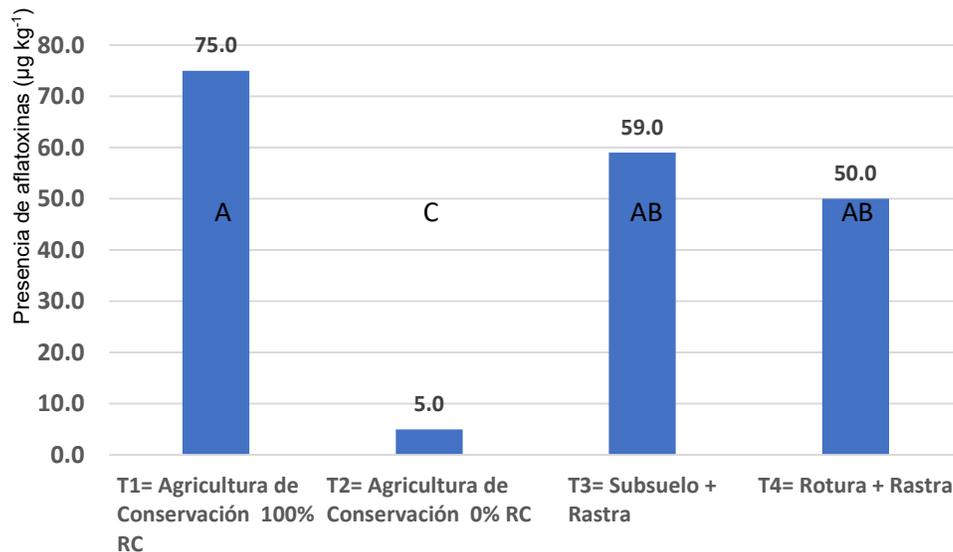


Figura 1. Contenido de Aflatoxinas en grano de maíz blanco bajo cuatro diferentes de labranza

No existió diferencia significativa entre tratamientos ($P > 0.05$) para rendimiento. Sin embargo, T1 alcanzó los menores costos de producción con $19,398.44 \text{ \$ ha}^{-1}$ (Cuadro 1). Al hacer el análisis económico considerando un ingreso de $\$ 3,500$ por tonelada de grano para el que presenta contenidos de aflatoxinas mayores de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ y $\$ 4,000$ por tonelada de grano para el que presenta aflatoxinas menores de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$ y los costos de producción desde preparación hasta cosecha, se observó que los tratamientos de CLC100% y CLC0% son los que alcanzan una mayor relación beneficio costo con 1.57 y 1.73

respectivamente, superando a T4, quien alcanzó un rendimiento promedio de 8.2 t ha⁻¹ y una relación beneficio costo de 1.33.

Cuadro 1. Rendimiento, beneficio, costos y relación B/C obtenidos en maíz ciclo OI 2019-2020

| Tratamientos | Rendimiento t ha ⁻¹ | Beneficio \$ ha ⁻¹ | Costos \$ ha ⁻¹ | Relación B/C |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| T1= CLC100 % | 8.7 a | \$ 30,450 | \$19,398 | 1.57 |
| T2= CLC0 % | 8.5 a | \$ 34,000 | \$19,898 | 1.71 |
| T3= S+R | 8.7 a | \$ 30,450 | \$21,587 | 1.41 |
| T4= B+R | 8.2 a | \$ 28,700 | \$21,587 | 1.33 |

La materia orgánica se forma cuando los residuos de los cultivos se dejan en la parcela, es considerada un importante recurso natural que conserva y mejora el suelo, especialmente en la agricultura de conservación. De acuerdo con los valores promedio obtenidos en los tratamientos evaluados, se mostraron una diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$), siendo el tratamiento de labranza de conservación con 100 % de residuos de cosecha el que presentó mayor contenido con 2.53 %, siendo igual a T2 y T3, pero diferente a T4, que contiene solo 2 % (Figura 1).

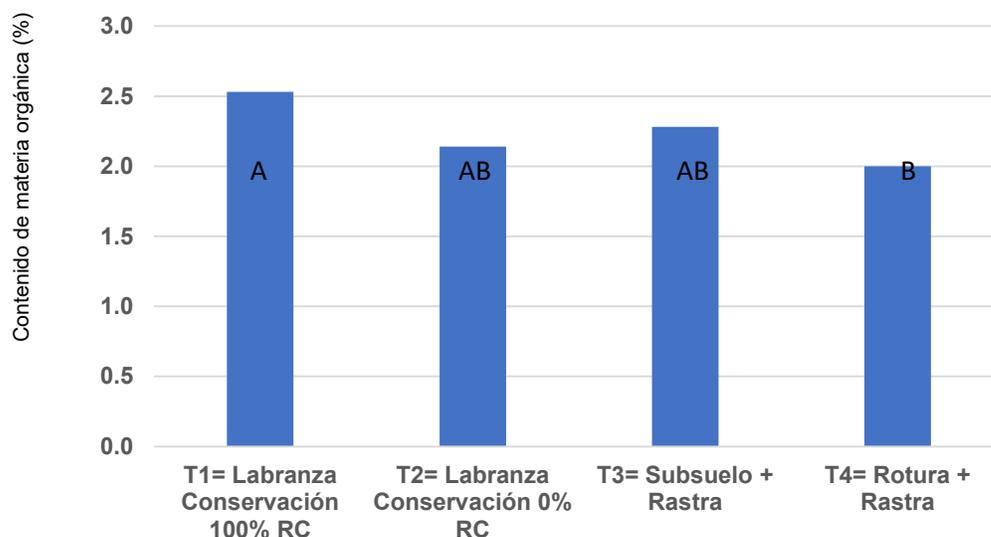


Figura 1. Contenido de materia orgánica en diferentes sistemas de labranza.

CONCLUSIONES

El sistema de labranza que incluye la conservación de los residuos de cosecha sobre la superficie, incrementó la presencia de aflatoxinas en el grano de maíz, mejoró el contenido de materia orgánica y alcanzó rendimientos similares a labranza tradicional con menor costo de producción.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al CIMMYT por el financiamiento del proyecto: "Plataforma de investigación de agricultura de conservación en Río Bravo, Tamaulipas Año 1 y 2", y los resultados forman parte del informe final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Jones R.K. 1987. The influence of cultural practices on minimizing the development of aflatoxin in field maize. Aflatoxin in maize. CIMMYT UNDP and USAID. 2: 139-142.

McGee D. C., Olanya O.M. and Hoyos G. H. 2006. Populations of *Aspergillus flavus* in the Iowa cornfield ecosystem in years not favorable for aflatoxin contamination of corn grain. American Phytopathology Soc. 80 (7): 742-746.

Scott M. P. 1995. Natural toxins. J. AOAC Inter. 49: (1) 24-25.

Zuber, M.S. E.B. Lillehoj. and B.L. Renfro. eds. 1987. Aflatoxin in Maize: A proceedings of the workshop. CIMMYT. México. D.F.

Martínez R E. 1999. Prevalencia de *Aspergillus sp.* y aflatoxinas en el maíz cultivado por labranza convencional y de conservación. Tesis de Maestro en Ciencias. UANL. Facultad de Ciencias Biológicas. San Nicolás de los Garza. N.L. 105 p.

Sección: Manejo Agronómico

EFFECTO DE LA AGRICULTURA DE CONSERVACION EN LA FERTILIZACIÓN N-P-K Y PRODUCCIÓN DE FRIJOL EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS.

Martín Espinosa Ramírez*¹ y Flor Elena Ortiz Chaírez¹

¹Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP

espinosa.martin@inifap.gob.mx

Palabras clave:

Labranza, Frijol, Conservación.

INTRODUCCIÓN

El frijol como leguminosa requiere de aplicaciones moderadas de elementos nutricionales como Nitrógeno (N), Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K₂O). En las condiciones favorables de Tamaulipas el cultivo responde de manera significativa a una fertilización química reducida, a la aplicación de abonos orgánicos, al uso de biofertilizantes (Rhizobium, micorrizas), a la fertilización foliar o a una combinación de los elementos mencionados. De acuerdo con Lépiz *et al.*, 2015, indican que, si únicamente se dispone de fertilizantes químicos, deberán aplicarse a suelos medianamente fértiles: 40-40-00 kilogramos por hectárea de N, P₂O₅ y K₂O, respectivamente. Si se cuenta con abonos orgánicos deberán aplicarse antes de la siembra de cuatro a ocho toneladas por hectárea e incorporarlos con un paso de rastra. De igual manera, la agricultura de conservación y los abonos orgánicos además de incrementar el contenido de materia orgánica, ayuda en la conservación de la humedad, a mejorar la fertilidad de los suelos y a enriquecer de microorganismos benéficos al sistema y proporcionan elementos nutricionales necesarios para el buen desarrollo y producción de la planta. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la fertilidad N-P-K y el rendimiento de frijol en un sistema de agricultura de conservación en Río Bravo, Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP, en el ciclo PV 2020 en condiciones de riego. Los tratamientos fueron: T1) cero labranza con 100% de residuos de cosecha (CLC100%), T2) cero labranza con 0 % de los residuos de cosecha (CLC0%), T3) subsuelo más rastra (S+R) y T4) barbecho más rastra (B+R), como tratamiento testigo. El cultivar de frijol "Michigan". Se estableció en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Parcelas de 12 surcos de 0.8 m por 20 m = 192 m². Se sembró el 13 de agosto del 2020, en dos líneas por cama ancha de 1.6 m a una densidad de 150,000 plantas por hectárea. Para T1, al final del ciclo anterior se dejó el equivalente a 100 % de rastrojo en la superficie del suelo, Para T2, se quitó el 100 % el rastrojo del ciclo anterior de la superficie del suelo. Previo a la siembra se fertilizó con 100 kg ha⁻¹ de la mezcla física 12-40-00+1 t ha⁻¹ de gallinaza procesada y se realizaron dos riegos de auxilio de 10 cm de lámina. El control de malezas y plagas se realizó de acuerdo al paquete tecnológico para frijol del Campo Experimental Río Bravo, INIFAP. Las variables fueron: Contenido de Nitratos (N-NO₃), Fosforo (P₂O₅), Potasio extraíble (K₂O) y rendimiento de grano. El día 22 de noviembre el cultivo alcanzó su madurez y cosecharon cinco metros de los dos surcos centrales de cada tratamiento. Se trilló y pesó el grano ajustado al 14 % de humedad. De igual forma al finalizar el ciclo se realizó el muestreo de suelos de la capa superficial (0-30 cm). Para la caracterización química del suelo se siguió la metodología descrita en la Norma Oficial Mexicana (NOM-021-SEMARNAT-2000). Los datos se analizaron en SAS y la comparación de medias por Tukey (p<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSION

EL mayor contenido de Nitratos se registró en T1 (24 ppm), el cuál fue estadísticamente diferente a T3 (11 ppm) y T4 (12 ppm). La presencia de nitrógeno mineral en el suelo disponible para la absorción por la planta depende de la tasa de mineralización del carbono. El suelo con cero labranza con retención de residuos puede estar asociado con una menor disponibilidad del nitrógeno debido a una mayor inmovilización producida por los residuos dejados sobre la superficie del suelo (Al-Kaisi *et al.*, 2015). Así mismo, el suelo con cero labranza y camas permanentes tiene una concentración significativamente mayor de nitrógeno total que la labranza convencional (Govaerts *et al.*, 2017). Se han observado incrementos significativos en el nitrógeno total con un aumento en las adiciones de residuos del cultivo (Figura 1).

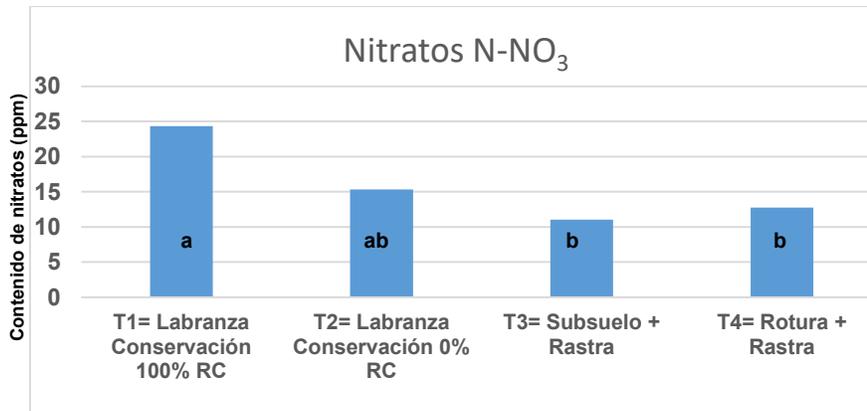


Figura 1. Contenido de Nitratos –NO₃ entre sistema de labranza de conservación y convencional.

Para fósforo existió diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$). T1 registro el más alto valor (44 ppm) y diferente a T2 (Figura 2). Respecto a T3 (41 ppm) y T4 (36 ppm) no presentó diferencia significativa ($P > 0.05$). Varios estudios han registrado mayores concentraciones de fósforo extraíble en suelos con cero labranza que en suelos con labranza. Esto se debe en gran medida al mezclado reducido del fósforo del fertilizante con el suelo, lo que lleva a una menor fijación del fósforo. Generalmente se observa la acumulación de fósforo en la superficie de suelos con cero labranza (Urbanek and Horn. 2006).

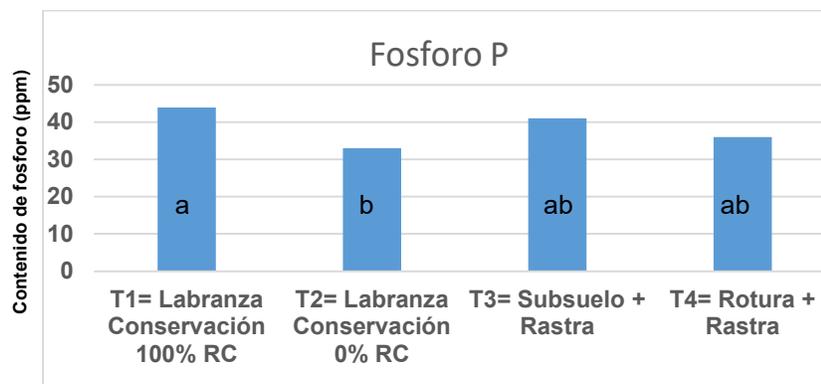


Figura 2. Contenido de Fosforo entre sistema de labranza de conservación y convencional.

Para el caso de potasio, existió diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$). T1 fue diferente a T4, pero igual estadísticamente a T2 y T3 (Figura 3). El suelo con cero labranza y 100 % de los residuos de cosecha, conserva e incrementa la disponibilidad de este nutriente, cerca de la superficie del suelo donde proliferan las raíces del cultivo (Follett, 2011).

El aumento en la cantidad de residuos retenidos también puede llevar a un aumento en la concentración de potasio en la parte superficial del suelo, aunque este efecto es dependiente del cultivo. En el análisis de la varianza se encontró diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$), siendo el tratamiento de cero labranza con 100 % de residuos de cosecha diferentes a labranza convencional donde se incluye rotura más rastra.

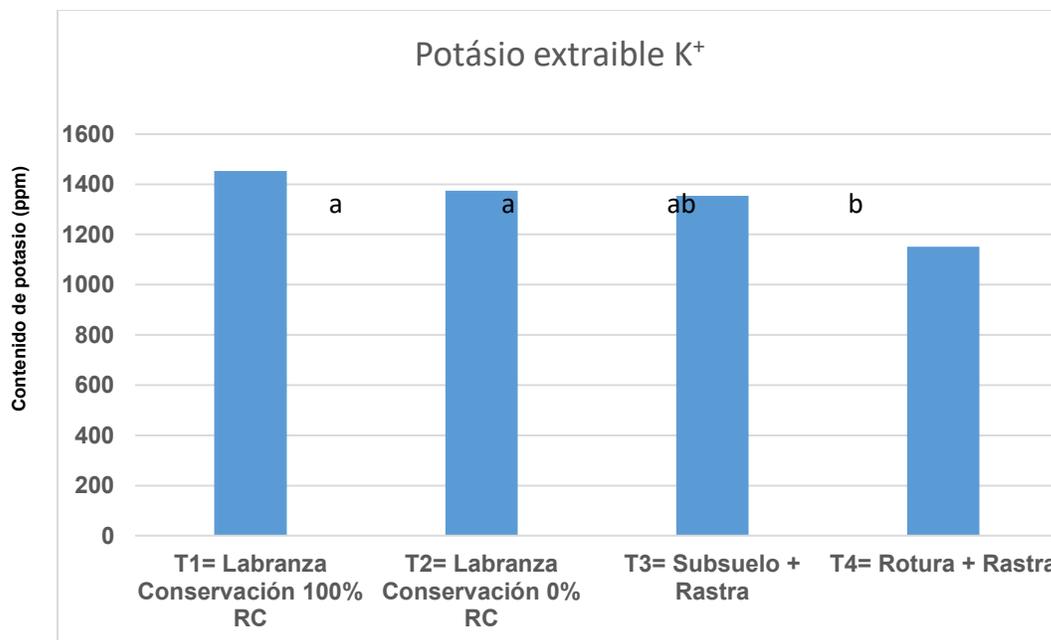


Figura 3. Contenido de Potasio extraíble entre sistema de labranza de conservación y convencional.

Para rendimiento existió diferencia significativa entre tratamientos ($P < 0.05$). T1 alcanzó el mayor rendimiento con 0.673 t ha^{-1} y diferente al resto de tratamientos, los cuales alcanzaron en promedio 0.52 t ha^{-1} . De igual forma T1 alcanzó los menores costos de producción con $9,572 \text{ \$ ha}^{-1}$ (Cuadro 1). Sin embargo, al hacer un análisis económico considerando un ingreso de $\$15,000$ por tonelada de grano y los costos de producción desde preparación hasta cosecha, se observó que solo T1 (CLC100%) alcanza una ligera utilidad con una relación beneficio costo de 1.05, superando al resto de tratamientos quienes no alcanzaron utilidad.

Cuadro 1. Rendimiento, beneficio, costos y relación B/C obtenidos en frijol ciclo PV 2020

| Tratamientos | Rendimiento t ha^{-1} | Beneficio $\text{\$ ha}^{-1}$ | Costos $\text{\$ ha}^{-1}$ | Relación B/C |
|--------------|-----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------|
| T1= CLC100 % | 0.673 a | 10,095 | 9,572 | 1.05 |
| T2= CLC0 % | 0.521 b | 7,815 | 10,072 | 0.77 |
| T3= S+R | 0.524 b | 7,860 | 11,172 | 0.70 |
| T4= B+R | 0.519 b | 7,785 | 11,172 | 0.69 |

CONCLUSIONES

El sistema de labranza que incluye la conservación de los residuos de cosecha sobre la superficie, mejoró el contenido de N-P-K e incrementó los rendimientos a labranza tradicional con mayor rentabilidad.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al CIMMYT por el financiamiento del proyecto: "Plataforma de investigación de agricultura de conservación en Río Bravo, Tamaulipas Año 1 y 2", y los resultados forman parte del informe final.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Kaisi, M., X. Yin, and M. Licht. 2015. Soil carbon and nitrogen changes as influenced by tillage and cropping systems in some Iowa soils. *Agric. Ecosyst. Environ.* 105 (4): 635-647.
- Follett, R. F. 2011. Soil management concepts and carbon sequestration in cropland soils. *Soil Tillage Res.* 61 (1-2): 77-92.
- Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J.M., Deckers, J., Etchevers, J.D., Figueroa S, B., and Sayre, K.D. 2017a. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. *Soil Till. Res.* 94 (1):209–219.
- Lépiz Ildelfonso, R., S. Sánchez P., E. López A., J. J. López A., I. E. Chavarín E. y K. E. Meza V. 2015. El cultivo del frijol en Jalisco. Tecnología para altos rendimientos. Universidad de Guadalajara. 54p
- Urbanek, E. and R. Horn. 2006. Changes in soil organic matter, bulk density and tensile strength of aggregates after percolation in conservation and conventional tilled soils. *Int. Agrophysics* 20: 245-255.

Sección: Manejo Agronómico

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO EN GENOTIPOS DE FRIJOL NEGRO EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS.

Héctor Manuel Cortinas Escobar*¹ y Jorge Alberto Acosta Gallegos²

¹Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, ²Campo Experimental Bajío, CIRCE-INIFAP

cortinas.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: Frijol, Genotipos, Rendimiento

INTRODUCCIÓN

En la región del norte de Tamaulipas la agricultura extensiva tiene como cultivos principales al sorgo, con una superficie aproximada de 700 mil hectáreas, y al maíz con 70 mil hectáreas. En el caso del sorgo, el 70 % de la superficie es en condiciones de temporal y el 30 % dispone de riego. Por otro lado, toda la superficie cultivada con maíz se ubica en el área de riego. El sistema de siembra de sorgo y maíz es considerado un monocultivo de gramíneas, el cual puede ocasionar problemas de fitosanidad (aflatoxinas en maíz y pulgón amarillo en sorgo) y deterioro de la calidad de los suelos. Por lo anterior, es recomendable incluir una leguminosa como el frijol en un programa de rotación de cultivos con sorgo y maíz (Cortinas, 2006). El objetivo del presente estudio es identificar variedades o genotipos de frijol que presenten alto potencial de rendimiento y que se adapten a las condiciones de suelo y clima del norte de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló durante el ciclo agrícola PV 2020 en el Campo Experimental Río Bravo, ubicado en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas, en condiciones de riego, en un suelo de textura franco arcillosa con contenido bajo de materia orgánica (1.18 %), pH 7.0 y conductividad eléctrica (dS/m) 0.57. Los genotipos de frijol negro evaluados fueron proporcionados por el Programa Nacional de Investigación de Frijol del INIFAP y fueron: Verdín, Michigan, Huasteco-81 (testigo), San Blas, L-279 y Citlali. Se aplicó un riego de presiembra con lámina de 15 cm y dos riegos de auxilio de 10 cm en las etapas de prefloración y llenado de vaina. La fecha recomendada de siembra es del 01 al 31 de agosto, sin embargo, debido a la presencia de lluvias el experimento fue sembrado el 09 de septiembre. El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de tres surcos de 4 m de largo y 80 cm de separación. La densidad de población fue de 250 mil plantas ha⁻¹ y se fertilizó con 100 kg ha⁻¹ de la fórmula 18-46-00. El manejo agronómico del cultivo se basó en la recomendación del Campo Experimental Río Bravo para frijol de riego en el ciclo PV (INIFAP, 2007). Las variables de respuesta fueron: días a floración y madurez de cosecha, número de vainas por planta, altura de planta y rendimiento de grano. Los datos obtenidos sobre rendimiento, días a floración y madurez de cosecha, altura y número de vainas por planta, fueron procesados mediante análisis de varianza utilizando el paquete SAS (SAS, 2007) y la comparación de medias se efectuó mediante la prueba DMS (P < 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan los resultados obtenidos en el experimento. La variable días a floración se presentó en un rango de 45 en Verdín, a 54 en Citlali, con un promedio de 50 días. Los días a madurez de cosecha variaron de 100 en Verdín, a 105 en Citlali, con un promedio de 103 días. De acuerdo a los datos de días a floración y cosecha, todos los genotipos se consideran como de ciclo intermedio, destacando Verdín por ser ligeramente más precoz. La altura de planta se presentó con una variación de 27 cm en Michigan, a 38 en San Blas, con promedio de 33 cm. El número de vainas por planta registró una variación de 18 en Michigan y Huasteco-81, a 25 en Citlali y San Blas, con un promedio de 21 vainas. El número de vainas por planta fue estadísticamente igual para Citlali, L-279 y San Blas, sin embargo, esto no se reflejó en el rendimiento obtenido, lo cual probablemente es debido a diferencias en el peso del grano y número de granos por vaina. El rendimiento de grano se registró con una variación de 368 a 1153 kg ha⁻¹ en Huasteco-81 y Citlali, respectivamente, con un promedio de 668 kg ha⁻¹. El análisis de varianza (C.V.=14.6 %) efectuado para rendimiento detectó diferencia significativa entre los genotipos evaluados (DMS,

P<0.05). El genotipo Citlali (1153 kg ha⁻¹) resultó estadísticamente superior al resto de los genotipos evaluados. El rendimiento de grano y sus componentes como el número de vainas por planta, puede ser utilizado para seleccionar genotipos sobresalientes de frijol (Rosales *et al.*, 2004, Edwin *et al.*, 2010), sin embargo, en el presente estudio no se detectó correlación entre número de vainas por planta y rendimiento.

Cuadro 1. Rendimiento y características agronómicas de seis genotipos de frijol negro. Campo Experimental Río Bravo, ciclo agrícola PV 2020.

| No. | Genotipos | DF | Características agronómicas | | | | kg ha ⁻¹ * | ** |
|-----|-----------------|----|-----------------------------|----------|-------|------|-----------------------|----|
| | | | DMC | Altura** | VxP** | | | |
| 1 | Citlali | 54 | 105 | 33 ab | 25 a | 1153 | a | |
| 2 | L-279 | 49 | 103 | 36 ab | 23 ab | 767 | b | |
| 3 | San Blas | 50 | 102 | 38 a | 25 a | 764 | b | |
| 4 | Michigan | 50 | 102 | 27 c | 18 c | 511 | c | |
| 5 | Verdín | 45 | 104 | 34 ab | 19 bc | 444 | c | |
| 6 | Huasteco-81 (T) | 53 | 100 | 32 bc | 18 c | 368 | c | |
| | Promedio | 50 | 103 | 33 | 21 | 668 | | |

DF= Días a floración, DMC=Días a madurez de cosecha, ALT= Altura de planta en cm, VxP= No. de vainas por planta.

*Al 14 % de humedad en el grano.

**Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS Rendimiento, P< 0.05=178).

C.V.= 14.6 % (Rendimiento), 8.1 % (Altura de planta), 9.8 % (No. de vainas por planta).

CONCLUSIÓN

La variedad Citlali superó en rendimiento al testigo Huasteco-81, y se recomienda que sea evaluada en diferentes localidades del norte de Tamaulipas para confirmar su adaptación y rendimiento.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece el apoyo del INIFAP y SADER por el financiamiento para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortinas EHM. 2006. Leguminosas comestibles, pp. 75-87. En: L. A. Rodríguez-del-Bosque (ed.), Campo Experimental Río Bravo: 50 Años de Investigación Agropecuaria en el Norte de Tamaulipas, Historia, Logros y Retos. Libro Técnico No. 1. INIFAP, Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tam., México. 325 p.
- Edwin JG, López CC, Kohashi SJ, Acosta GJA, Miranda CS y Mayek PN. 2010. Rendimiento de semilla, y sus componentes en frijol flor de mayo en el Centro de México. *Agrociencia* Vol. 44(4): 481-489. México.
- INIFAP. 2017. Paquetes tecnológicos para la producción agrícola en el norte de Tamaulipas.
- Rosales SR, Kohashi SJ, Acosta GJA, Trejo LC, Ortiz CJ y Kelly JD. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed bean cultivars. *Field Crops Res.* Vol. 85(2-3): 203-211.
- SAS. 2007. Statistical Analysis Software. USA.

Sección: Manejo Agronómico

RENDIMIENTO DE VARIEDADES DE GARBANZO EN SIEMBRA TARDÍA EN RÍO BRAVO, TAMAULIPAS.

Héctor Manuel Cortinas Escobar*¹ y Víctor Valenzuela Herrera²

¹Campo Experimental Río Bravo, CIRNE-INIFAP, ²Campo Experimental Valle de Culiacán, CIRNO-INIFAP

cortinas.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: Garbanzo, Variedades, Rendimiento

INTRODUCCIÓN

La diversificación de cultivos como las leguminosas es una estrategia para mejorar la fertilidad del suelo y para prevenir posibles problemas fitosanitarios como consecuencia del monocultivo con gramíneas, tal es el caso del Norte de Tamaulipas, donde el patrón de cultivos se basa en el sorgo y maíz. Entre las leguminosas el garbanzo ha mostrado buena adaptación a esta zona, por lo que es posible considerarlo como una alternativa para rotación de cultivos. El garbanzo es una de las leguminosas con mayor tolerancia a sequía debido a la capacidad de su sistema radical para explorar el suelo en busca de humedad. Además, este cultivo tiene buen precio y alta demanda internacional, y puede ser sembrado con diversas ventajas competitivas en el norte de Tamaulipas (Cortinas y Valenzuela, 2018). Aunque el precio del garbanzo es muy variable, si se considera un promedio de \$15,000.00 por tonelada, rendimiento promedio de 1 t ha⁻¹, y costo de producción por hectárea de \$9,800.00, la relación beneficio/ costo puede ser de 1.5. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el rendimiento de variedades de garbanzo en siembra tardía bajo las condiciones del norte de Tamaulipas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue desarrollado durante el ciclo agrícola OI 2020-2021 en el lote B1 del Campo Experimental Río Bravo, ubicado en el municipio de Río Bravo, Tamaulipas, bajo condiciones de riego, el cultivo anterior fue sorgo, el suelo es de textura franco arcillosa, bajo contenido de materia orgánica (1.8) y pH 7.5. Las variedades evaluadas fueron: Blanco Sinaloa-92 (testigo), Jumbo y Progreso-95 (Padilla *et al.*, 2008). Antes de la siembra, el terreno fue fertilizado con 100 kg ha⁻¹ de la fórmula 18-46-00. Asimismo, se realizó un riego de presiembra con lámina de 15 cm, y dos de auxilio con lámina de 10 cm en las etapas de prefloración y llenado de vaina. La fecha de siembra recomendada es del 15 de octubre al 15 de noviembre, sin embargo, debido a la presencia de lluvias el experimento fue sembrado en fecha tardía el 15 de enero de 2021. El diseño estadístico utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental consistió de tres surcos de 4 m de largo y 80 cm de separación, y la parcela útil fue el surco central. La densidad de población fue de 225 mil plantas ha⁻¹. El manejo agronómico del cultivo fue el recomendado por el Campo Experimental Río Bravo para garbanzo en el norte de Tamaulipas (Cortinas *et al.*, 2016). Las variables de respuesta fueron: días a floración y madurez de cosecha, número de vainas por planta (en tres plantas), altura de planta (en tres plantas) y rendimiento de grano. Los datos obtenidos fueron procesados mediante análisis de varianza utilizando el paquete SAS (SAS, 2007) y la comparación de medias se efectuó mediante la prueba DMS (P < 0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1 muestra los datos de las variables colectadas en el experimento. Los días a floración y a madurez de cosecha fueron 47 y 130 respectivamente, en las tres variedades, no hubo diferencia entre ellas y todas se comportaron como de ciclo intermedio. La altura de planta se presentó con una variación de 38 cm en Jumbo, 40 cm en B. Sinaloa-92 y 53 cm en Progreso-95, con promedio de 43 cm. El número de vainas por planta registró una variación de 36 en Jumbo, 39 en B. Sinaloa-92 y 49 en Progreso-95, con una media de 41 vainas por planta. No hubo diferencia significativa para altura ni para vainas por planta entre las variedades de garbanzo. Por otro lado, el rendimiento de grano de las variedades tuvo una variación de 725 en Jumbo, 788 en B. Sinaloa-92, y 1243 kg ha⁻¹ en Progreso-95, con una media de 919 kg ha⁻¹. Se realizó el análisis de varianza (C.V.=9.9 %) para rendimiento, el cual detectó diferencia significativa entre las variedades evaluadas (DMS, P<0.05). En promedio la variedad Progreso-95 superó

significativamente en el rendimiento de grano a las variedades Blanco Sinaloa-92 (36.6 %) y Jumbo (41.7 %).

Cuadro 1. Rendimiento y características agronómicas de tres variedades de garbanzo. Campo Experimental Río Bravo, ciclo agrícola OI 2020-2021.

| No. | Variedades | DF | Características agronómicas | | | | kg ha ⁻¹ | ** |
|-----|---------------|----|-----------------------------|-------|------|------|---------------------|----|
| | | | DMC | ALT** | NV** | | | |
| 1 | Progreso-95 | 47 | 130 | 53 a | 49 a | 1243 | a | |
| 2 | B. Sinaloa-92 | 47 | 130 | 40 a | 39 a | 788 | b | |
| 3 | Jumbo | 47 | 130 | 38 a | 36 a | 725 | b | |
| | Promedio | 47 | 130 | 43 | 41 | 919 | | |

DF= Días a floración, DMC= Días a madurez de cosecha, ALT= Altura de planta en cm, NV= Número de vainas por planta.

*Al 14 % de humedad en el grano.

**Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS Rendimiento, P< 0.05= 207).

C.V.= 9.9 % (Rendimiento); 16 % (Altura de planta); 15 % (Numero de vainas por planta).

Los resultados obtenidos demuestran que el garbanzo, aun en siembra tardía, puede ser una alternativa productiva que, al ser incluida en un sistema de rotación agronómica ventajosa con otros cultivos (Fierros *et al.*, 2017) como sorgo o maíz, es factible de incrementar la rentabilidad por uso del suelo, además de contribuir a disminuir los problemas de establecimiento de plagas y enfermedades asociadas con el monocultivo, y a mejorar las características de calidad de los suelos del norte de Tamaulipas.

CONCLUSIÓN

En promedio la variedad Progreso-95 superó significativamente en el rendimiento de grano a las variedades Blanco Sinaloa-92 (36.6 %) y Jumbo (41.7 %). Debido a que esta variedad produjo 20.4 % y 26.5 % más vainas por planta, respectivamente. Por lo anterior, se confirma que el garbanzo puede considerarse como una alternativa para la rotación de cultivos en el norte de Tamaulipas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece el apoyo del INIFAP para la realización del presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortinas EHM y Valenzuela HV. 2018. Evaluación de variedades de garbanzo en el norte de Tamaulipas Memoria del Congreso SOMEFI 2018. Acta Fitogenética Vol. 5, No. 1, p. 106.
- Cortinas EHM *et al.* 2016. El garbanzo: Tecnología de producción para el norte de Tamaulipas. Desplegable para productores Num.39. Campo Experimental Río Bravo. CIRNE.INIFAP.
- Fierros LGA *et al.* 2017. Respuesta del rendimiento de genotipos de garbanzo blanco a la sequía terminal. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.8(5): 1143-1154.
- Padilla VI *et al.* 2008. Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el Valle del Mayo, Sonora, México. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 31(1): 43-49.
- SAS. 2007. Statistical Analysis Software. USA.

Sección: Manejo Agronómico.

20
21

REUNIONES
científicas

10, 11 Y 12 NOV
CIUDAD DE MÉXICO

REUNIONES NACIONALES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
PECUARIA, AGRÍCOLA, FORESTAL Y ACUÍCOLA PESQUERA

Ciencia para vivir

RECURSOS GENÉTICOS Y MEJORAMIENTO

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL



LVI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
PECUARIA



XI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
FORESTAL



XI REUNIÓN
NACIONAL DE
INVESTIGACIÓN
AGRÍCOLA



VII REUNIÓN NACIONAL
DE INVESTIGACIÓN
ACUÍCOLA
Y PESQUERA

EFFECTO DEL TAMAÑO DE FRUTO EN ALGUNOS CARACTERES MÉTRICOS DE LA SEMILLA DE CALABAZA CHIHUA (*Cucurbita argyrosperma* Huber) COLECTADA EN LA PENÍNSULA DE YUCATÁN, MÉXICO.

José Ángel García Sandoval 1* y Antonio Villalobos González 2

Campo Experimental Chetumal¹- Campo Experimental Edzná²-CIRSE-INIFAP

garcia.angel@inifap.gob.mx

Palabras claves: *semilla, colectas, calabaza chihua.*

INTRODUCCIÓN.

La calabaza es junto con el maíz, el frijol y el chile los cultivos emblemáticos de una milpa en el sur de México. Los estados de la península de Yucatán siembran alrededor del 45 % de la superficie nacional que reporta la calabaza para pepita, donde Campeche lidera este cultivo con más de 22 mil hectáreas (SIAP, 2020). En Quintana Roo, la siembra de la calabaza chihua se caracteriza por depender del temporal de lluvias para suministro de la humedad. En el 2019 rebasó las 2,560 ha, con un rendimiento medio de 630 kg de semilla seca por hectárea y derrama económica superior a los 28.5 millones (SIAP, 2020). El interés por la siembra de la calabaza chihua fuera de la milpa es menor a 10 años; sin embargo, han sido suficientes para detectar la necesidad de afinar algunos componentes tecnológicos para mejorar la productividad y rentabilidad, que, hoy en día, exige cualquier cultivo o sistema de producción para mantenerse en el gusto de los productores. El INIFAP tiene en marcha varios proyectos de investigación a fin de coadyuvar en la problemática actual y futura que puedan poner en riesgo los beneficios económicos y sociales relacionados con el cultivo de la calabaza chihua en los tres estados la península de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS.

El sitio experimental fue el Campo Experimental Chetumal, ubicado en el Km 25 carretera Chetumal-Bacalar, Xul-Ha, OPB, Quintana Roo. El tipo de suelo se relaciona con los Luvisoles crómicos y son conocidos localmente como Ya'ax-hom. Las poblaciones evaluadas fueron cuatro de Quintana Roo (Xul-Ha, Cacao, Caobas y Chetumal), cuatro de Campeche (Becal, Carrillo Puerto, Edzná y Pixoyal) y dos de Yucatán (Yucatán norte y local Yucatán). La siembra se realizó el día 13 de junio de 2018, colocando 2 a 3 semillas por punto de siembra separados a 1.5 m y 3.0 m entre surcos. El manejo nutricional y fitosanitario fue de acuerdo al paquete tecnológico que el INIFAP recomienda en la entidad. Los tratamientos se acomodaron en un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Cada parcela se integró de cuatro surcos de 10.5 m de largo y 3 m entre ellos. En cada tratamiento se seleccionaron al azar tres frutos por tamaño y peso (grande, mediano y chico), a los cuales se les tomaron los datos considerados en el proyecto. De la semilla obtenida en cada uno de ellos se eligieron al azar 10 semillas por fruto y calidad, a las que se les midió de manera individual las siguientes variables cuantitativas: Largo de semilla, ancho de semilla, grosor de semilla, margen de semilla, cáscara de semilla, pepita de semilla y peso total de la semilla. Todos los resultados fueron analizados en el programa estadísticos SAS y se obtuvo ANOVA y comparación de medias de Tukey al 95% de probabilidad. También se midió el grado de asociación que guardan las variables en estudio a través de la correlación de Pearson (r).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En el cuadro 1 se muestran los resultados del ANOVA a que fueron sometidas las variables morfométricas de las semillas, pero agrupadas según la calidad del fruto (grande, mediano y chico). En este caso todas las variables tuvieron diferencias estadísticas ($Pr \leq 0.01$); es decir, el tamaño del fruto afectó la expresión de las variables morfométricas de la semilla de la calabaza chihua que siembran los productores de los tres estados de la Península de Yucatán, México. La diversidad genética encontrada en esta especie de calabaza coincide con lo reportado por Valdés *et al.* (2014) y Ruelas *et al.* (2015), quienes señalan alta variabilidad dentro *C. argyrosperma*.

Cuadro 1. Resultados del ANOVA a las siete variables morfométricas de la semilla de calabaza agrupadas por calidad del fruto y colectadas en los tres estados de la Península de Yucatán, México. INIFAP-CIRSE-C. E. Chetumal. P-V 2018.

| Variables | LS | AS | GS | MS | CS | PPS | PTS |
|---------------|----------|----------|---------|---------|---------|--------|---------|
| Significancia | ** | ** | ** | ** | ** | ** | ** |
| CV (%) | 8.49 | 10.73 | 16.28 | 12.48 | 14.39 | 13.73 | 11.19 |
| Media | 23.35 mm | 10.48 mm | 1.91 mm | 2.32 mm | 0.091 g | 0.22 g | 0.305 g |
| CM | 106.279 | 25.51 | 3.87 | 1.83 | 0.0059 | 0.053 | 0.094 |
| Error | 3.94 | 1.26 | 0.096 | 0.084 | 0.0002 | 0.0009 | 0.0012 |

**= Significativo al 1%; CV= Coeficiente de variación; CM= Cuadrado medio; LS= Largo de semilla; AS=Ancho de semilla; GS=Grosor de semilla; MS=Margen de semilla; CS= Cáscara de semilla; PPS=Peso de la pepita de semilla; PTS= Peso total de semilla.

En general, es apreciable un comportamiento muy similar entre las siete variables morfométricas de las semillas con respecto al tamaño del fruto, clasificando, en todos los casos, a los frutos categoría grande con los valores más altos, seguido por los frutos medianos y, por último, a los frutos chicos con los datos más bajos; sin embargo, de acuerdo a la prueba de medias Tukey, los frutos grandes fueron estadísticamente mejores en el 85% y 100% de las variables con respecto a las categorías mediano y chico, en forma respectiva. En forma específica, las diferencias entre frutos grandes y pequeños superaron el 14% en longitud de semilla, equivalente a 14.74 mm; en ancho de semilla el 16% y representó 1.84 mm; en grosor de semilla se generó una diferencia de 0.72 mm; es decir, 31% y en el margen de semilla se produjo cerca de medio mm de diferencia, alrededor del 18%. En lo que se refiere al peso de cáscara esta diferencia fue del 26%, proporción que es igual a 0.03 g entre ambas calidades de fruto. La mayor brecha se alcanzó en la variable pepita con un valor casi del 33%, o bien, 0.084 g; finalmente, el peso total de la semilla tuvo una diferencia arriba del 31%, lo cual representó 0.112 g (Cuadro 2).

Cuadro 2. Resultados de la prueba de medias Tukey realizado a siete variables morfométricas de la semilla de calabaza chihua agrupadas por calidad del fruto y colectadas en los tres estados de la Península de Yucatán, México. INIFAP-CIRSE-C. E. Chetumal. P-V 2018.

| Variables morfométricas | Categoría de frutos | | |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|
| | Grande | Mediano | Chico |
| Largo de semilla (mm) | 24.96 ^a | 23.83 ^a | 21.28 ^b |
| Ancho de semilla(mm) | 11.446 ^a | 10.378 ^b | 9.609 ^b |
| Grosor de semilla (mm) | 2.273 ^a | 1.895 ^b | 1.555 ^c |
| Margen de semilla (mm) | 2.586 ^a | 2.265 ^b | 2.099 ^b |
| Peso de cáscara de semilla (g) | 0.105 ^a | 0.091 ^b | 0.077 ^c |
| Peso de pepita de semilla (g) | 0.259 ^a | 0.219 ^b | 0.175 ^c |
| Peso total de semilla (g) | 0.359 ^a | 0.308 ^b | 0.247 ^c |

Medias con letras iguales en una columna no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)

Dado que en este tipo de calabaza la semilla es el producto más cotizado, adicionalmente y, mediante correlación fenotípica, se midió el grado de asociación que existe entre las siete variables consideradas en esta investigación. Según lo mostrado en el Cuadro 3, el largo de la semilla destaca su correlación media positiva con el peso de la cáscara. El ancho de la semilla, aunque se asoció con grosor, pepita y peso total resalta por magnitud con el margen de la misma, indicando que éste último crece conforme la semilla es más ancha. En el grosor de la semilla sobresale la alta y significativa correlación con el peso total, peso de cáscara y peso de la pepita. Con respecto al margen que desarrolla este tipo de semilla, llama la atención la correlación más alta y significativa que guardó con el ancho de la misma, mencionado anteriormente. El peso de la cáscara se distinguió por el alto y significativo grado de asociación con el peso total, grosor, peso de pepita y largo de semilla. Por otra parte, el peso de la pepita acentuó la estrecha asociación positiva y significativa con el peso total, grosor de la semilla y peso de cáscara. Finalmente, el peso total de la semilla, mostró asociación positiva y significativa con las seis variables restantes, sobresaliendo por magnitud la correlación con el peso de la pepita, peso de la cáscara y el grosor de la semilla. Es muy

importante tomar en cuenta que en estos resultados también están presentes los efectos genéticos y ambientales, no medidos, que pudieran modificar la dirección y la magnitud encontrada, tal y como reporta Espitia *et al.* (2005) al correlacionar fenotípica, genética y ambientalmente los resultados de dos dialélicos en *C. moschata*.

Cuadro 3. Correlaciones fenotípicas (r) entre variables morfométricas de la semilla de calabaza chihua obtenidas en poblaciones criollas de los tres estados de la Península de Yucatán, México. INIFAP-CIRSE-C. E. Chetumal. P-V 2018.

| Caracteres | Correlación (r) | Caracteres | Correlación (r) | Caracteres | Correlación (r) |
|------------|-----------------|------------|-----------------|------------|-----------------|
| LS, CS | 0.646** | AS, PPS | 0.529** | GS, PTS | 0.802** |
| LS, PPS | 0.369* | AS, PTS | 0.548** | MS, PTS | 0.439** |
| LS, PPT | 0.546** | GS, MS | 0.392* | CS, PPS | 0.723** |
| AS, GS | 0.530** | GS, CS | 0.768** | CS, PTS | 0.825** |
| AS, MS | 0.852** | GS, PPS | 0.748** | PPS, PTS | 0.895** |

*= Significativo al 5%; **=significativo al 1%; LS= Largo de semilla; AS=Ancho de semilla; GS=Grosor de semilla; MS=Margen de semilla; CS= Cáscara de semilla; PPS=Peso de la pepita de semilla; PTS= Peso total de semilla.

CONCLUSIONES.

El tamaño del fruto alteró la expresión de las siete variables cuantitativas medidas en la semilla de *Cucurbita argyrosperma*; siendo los caracteres métricos grosor, peso de cáscara, peso de pepita y peso total de la semilla los de mayor variación. Coincidentemente estas variables destacaron por tener alto, positivo y significativo grado de asociación entre ellas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA.

La información presentada fue generada en el proyecto fiscal "Evaluación de materiales de calabaza chihua (*Cucurbita* sp) en la Península de Yucatán", financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- Espitia C.M., Vallejo C.F.A. y Baena G.D. 2005. Correlaciones fenotípicas, genéticas y ambientales en *Cucurbita moschata* Duch. Ex Poir. Acta Agronómica. 54 (1) 2005. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. Consulta 26 de junio de 2021. ISSN:0120-2812. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169920336001>.
- Ruelas H.P.G., Aguilar C.J.A., García P.J.D., Valdivia B.R., y López G.G.G. 2015. Diversidad morfológica de especies cultivadas de calabaza (*Cucurbita* spp.) en el estado de Nayarit. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 6 (8), 2015, p. 1845-1856.
- SIAP. 2020. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (consultado el 02 de junio de 2020).
- Valdés R.M.P., Ortiz G.S., Vallejo C.F.A., y Baena G.D. 2014. Variabilidad en frutos y semillas de *Cucurbita moschata* Duch. y *Cucurbita argyrosperma* subsp. *sororia* L. H. Bailey Merrick & D.M. Bates. Acta Agronómica. 63 (2) 2014, p 282-293. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.

Sección: Mejoramiento y recursos genéticos.

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE CRUZAS EXPERIMENTALES DE TRIGO BAJO SISTEMA DE RIEGO LIMITADO

Genny Llaven Valencia^{1*}; Elizabeth García León²; Alberto Borbón Gracia³, Aidé Hernández Hernández⁴

¹Campo Experimental Valle del Fuerte, Sinaloa. Km. 1609, Carretera México - Nogales, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa.

llaven.genny@inifap.gob.mx – 6878871995

²Instituto Tecnológico Superior de Guasave, Carr. Internacional entronque la Brecha S/N, Guasave Sinaloa.

Resumen

La incertidumbre de las precipitaciones, obliga a realizar estudios encaminados a buscar tecnología para optimizar el uso del agua en las zonas de riego, principalmente en las áridas. Este estudio se realizó en el campo experimental del VALLE DEL FUERTE-INIFAP, ubicado en Juan José Ríos, Sinaloa. La presente propuesta tiene como objetivo principal seleccionar germoplasma avanzado de los programas de mejoramiento del CIMMYT, que manifieste características sobresalientes de tipo agronómico, rendimiento, calidad y/o resistencia a enfermedades, mismas que permitirán la identificación de líneas de trigo cristalino y harinero que posean alguna ventaja sobre alguna de las variedades actualmente disponibles para su purificación y subsecuente liberación como variedad comercial. Se determinó la respuesta del trigo al régimen de humedad del suelo. Los tratamientos consistieron de dos calendarios de riego distribuidas en función a etapas fonológicas del cultivo bajo sistema de riego normal con cuatro riegos de auxilio y tres riegos de auxilio. Los tratamientos se distribuyeron en forma aleatoria en un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas en los tratamientos fueron floración, altura de planta, días a madurez, porcentaje de roya lineal, porcentaje de acame y rendimiento de grano. El análisis estadístico indica que los genotipos RASCON_37/9/USDA595/3/D67.3/RAB, 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7, CALERO/7/HUBEI//SOOTY_9/RASCON y CBC 509 CHILE/ECO/CMH76A.722// mostraron respuesta muy favorable en ambas modalidades de riego, rendimientos muy competitivos con cuatro riegos de auxilio y tres riegos de auxilio por lo tanto pueden ser opciones de nuevas variedades que compitan con las presentes actualmente en la zona.

Palabras claves: estrés, rendimiento, calidad, tolerancia.

Introducción

Durante el ciclo reciente, en Sinaloa se sembraron 41 mil 676 hectáreas de trigo, de donde se obtuvo una cosecha de 241 mil 523 toneladas, para un rendimiento medio de 5.790 toneladas por hectárea, posicionando a la entidad como la cuarta más productora, después de Guanajuato, Sonora y Michoacán.

La sequía conjuntamente con la salinidad de los suelos es un grave problema, que afectan el rendimiento de los cultivos y la sostenibilidad de la agricultura. Cerca del 10 % de la superficie del planeta está afectada por estos problemas y unos 10 millones de hectáreas se abandonan debido a ello. Una solución parcial a este problema es la implantación de cultivos y variedades más tolerantes a la sequía, lo que implica conocer dicha tolerancia de forma precisa y consistente, y evaluar el mayor número de especies posibles. El efecto negativo del déficit hídrico en la planta se agudiza en presencia de otros factores abióticos desfavorables como las temperaturas altas o calor, temperaturas bajas o heladas, salinidad y baja fertilidad del suelo, y factores bióticos desfavorables como plagas y enfermedades. Una forma de mejorar el rendimiento de grano bajo condiciones de estrés puede lograrse a través de la selección de genotipos mejor adaptados y con tolerancia genética a factores bióticos y abióticos desfavorables.

Materiales y Métodos

Desarrollo del trabajo experimental.

El estudio se desarrolló en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) en Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa, durante el ciclo agrícola OI/2019-2020 con fecha de siembra del 29 de diciembre 2019. Se establecieron dos ensayos de Trigos compuestos por 27 líneas experimentales de trigos cristalinos más tres testigos, un ensayo con calendario de riego de 4 riegos de auxilio y otro con 3 riegos de auxilio. El cultivo se expuso a condiciones de estrés hídrico mediante la omisión de un riego de auxilio aportando únicamente humedad al suelo en dos períodos de desarrollo de trigo: a) vegetativa, que comprende desde la siembra del cultivo hasta inicio de floración, y b) reproductiva, va del inicio de floración a madurez fisiológica, cubriendo la mayor parte del rango de la humedad aprovechable del suelo para la mayoría de los cultivos comerciales.

Análisis de datos

Todos los datos se analizaron a través de ANAVA y test de comparaciones múltiples LSD Fisher empleando el programa estadístico Infostat (2008).

Resultados y Discusión

La variación respecto al rendimiento en grano entre genotipos vario desde una reducción de 4 a 8% y un aumento de 2 a 22 % para algunos tratamientos como muestra el cuadro 4.

Al promediar rendimiento de grano en ambos ensayos se observó que al menos 10 genotipos fueron estadísticamente iguales pero los más sobresalientes fueron RASCON_37/9/USDA595/3/D67.3/RAB, 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7, CALERO/7/HUBEI//SOOTY_9/RASCON y CBC 509 CHILE/ECO/CMH76A.722// en las dos modalidades de riego.

Cuadro 4. Comparación de medias en rendimiento (kg. Ha), entre 30 líneas de trigo cristalino bajo riego limitado y normal.

| Tra. | Genotipos | Rendimiento en RL | Rendimiento en RN | % Resp. RN, RL |
|------|-------------------------------------|----------------------|-------------------|----------------|
| 1 | CIRNO C2008 (testigo 1) | 6452 AB | 7494 A | 86 |
| 2 | QUETCHEHUECA ORO C2013 (testigo 2) | 6366 AB | 6617 AB | 96 |
| 3 | CENEB ORO C2017 (testigo 3) | 7387 ^a AB | 7235 AB | 102 |
| 4 | RANCO//CIT71/CII/3/COMDK/4/TCHC | 6196 AB | 6367 AB | 97 |
| 5 | GUAYACAN INIA/POMA_2//SNITAN/4 | 6216 AB | 6517 AB | 95 |
| 6 | HUBEI//SOOTY_9/RASCON_37/3/2*S0 | 6250 AB | 5847 AB | 107 |
| 7 | CBC 509 CHILE/ECO/CMH76A.722// | 5877 AB | 6569 AB | 89 |
| 8 | HUBEI/7SOOTY_9/RASCON_37/3/2*S0 | 6230 AB | 6031 AB | 103 |
| 9 | AJAIA_12/F3LOCAL(SEL.ETHIO.135.85) | 5881 AB | 6063 AB | 97 |
| 10 | CBC509CHILE/6/ECO/CMH76A,722// | 6252 AB | 6370 AB | 98 |
| 11 | SILVER_14MOEWE//BISU_1/PATKA_ | 5855 AB | 6111 AB | 96 |
| 12 | CALERO/7/HUBEI//SOOTY_9/RASCON | 6941 AB | 6563 AB | 106 |
| 13 | SOOTY_9/RASCON_37//JUPARE C 200 | 5872 AB | 5983 AB | 98 |
| 14 | SOOTY_9/RASCON_37//GUAYACAN.. | 5817 AB | 5801 AB | 100 |
| 15 | R 84/860137//YAZI_1/4/LIS_8/FILLO_6 | 6577 AB | 5933 AB | 111 |
| 16 | AM_3/6/BAROYECA ORO C2013/7/WID | 6312 AB | 6598 AB | 96 |
| 17 | 12/2*RASCON_21/9//ISLON_1/DUKEM | 6381 AB | 5864 AB | 109 |
| 18 | 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7 | 6326 AB | 5748 AB | 110 |
| 19 | 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7 | 5595 B | 6064 AB | 92 |
| 20 | 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7 | 5952 AB | 5850 AB | 102 |
| 21 | 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7 | 7658 AB | 6282 AB | 122 |
| 22 | 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7 | 6389 AB | 5653 AB | 113 |
| 23 | R_1//SOMAT_3/10/CBC 509 CHILE/6/B | 6286 AB | 5905 AB | 106 |
| 24 | SOMAT_3/8/CAMAYO//HIDRANASSA | 6605 AB | 5712 AB | 116 |
| 25 | SOMAT_3/8/CAMAYO//HIDRANASSA | 5857 AB | 6129 AB | 96 |
| 26 | DR_1//SOMAT_3/7/CBC 509 CHILE/5/2 | 6200 AB | 5398 B | 115 |

| | | | | |
|----|--|---------|---------|-----|
| 27 | RASCON_37/9/USDA595/3/D67.3/RAB | 7358 AB | 6807 AB | 108 |
| 28 | RASCON_37/9/USDA595/3/D67.3/RAB | 6045 AB | 6152 AB | 98 |
| 29 | RASCON_37/9/USDA595/3/D67.3/RAB | 6678 AB | 6911 AB | 97 |
| 30 | ANRRIKSE_6.2//1 ^a -1D 2+12-5/3*WB88 | 6713 AB | 5526 AB | 121 |
| | Media | 6320 | 6203 | 86 |
| | CV (%) | 8.19 | 8.91 | 96 |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

De acuerdo a los resultados obtenidos se observa que un nivel de estrés moderado muchas veces un genotipo de alto rendimiento potencial presenta mayor rendimiento que el obtenido por un genotipo resistente a sequía, esto coincide con lo expuesto por Bidinger et al, (1987a, 1987b) el rendimiento de genotipos bajo estrés hídrico es función de su rendimiento potencial y de su fenología, son factores que explican aproximadamente la mitad del rendimiento bajo estrés. Así también según Arauz et al. (2002) desde una perspectiva eco fisiológica los cambios que ocurren como respuesta al estrés abiótico pueden ser divididos en dos categorías: a) aquellos que confieren a las plantas la capacidad de tolerar eventos de estrés extremo (sobrevivencia) y b) aquellos que maximizan la productividad bajo un rango relativamente amplio de condiciones no tan extremas.

Conclusiones

Los genotipos RASCON_37/9/USDA595/3/D67.3/RAB, 3//QFN/AA_7/3/ALBA-D/5/AVO/HUI/7, CALERO/7/HUBEI//SOOTY_9/RASCON y CBC 509 CHILE/ECO/CMH76A.722// mostraron respuesta muy favorable en ambas modalidades de riego, rendimientos muy competitivos con cuatro riegos de auxilio y tres riegos de auxilio por lo tanto pueden ser opciones de nuevas variedades que compitan con las presentes actualmente en la zona. Los resultados anteriores indican que existe variabilidad fenotípica entre genotipos de trigo cristalino que podría ser de utilidad para identificar líneas avanzadas sobresalientes para ser incorporadas en un programa de mejoramiento genético o para recomendación en siembra comercial.

Referencias Bibliográficas

- Fuentes C., H. Saucedo, L. Rendón. 2012. Capítulo 7. Diseño de Riego por Gravedad. En Riego por Gravedad. Editores Carlos Fuentes y Luis Rendón. Universidad Autónoma de Querétaro. 321-358.
- SILVA, P., J. KOLOPP, y E. ACEVEDO. 2007a. Calidad de trigo candeal, fisiología y manejo agronómico. pp. 77-86. In: E. Acevedo y P. Silva, (Ed.). Trigo candeal: calidad, mercado y zonas de cultivo. Santiago, Chile. 2007. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 182p.
- Araus L.A. 2002. Plant breeding and drought in C3 cereals: What should we breed for?. Ann.Bot., 89:925-940.

Fischer R.A. 2011. Wheat physiology: a review a recent development. *Crop Pasture Sci.*,62:95-114.

Cattivelli L., Rizza F., Badeck F., Mazzucotelli E., Mastrangelo A.M., Francia E., Mare C.,

Tondelli A. and Stanca A.M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: A integrated view from breeding to genomics. *Field Crop Res.*, 105:1-14.

Munns R. and Richards R.A. 2007. Recent advances in breeding wheat for drought and salt stresses. En: *Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops*,(eds.). Jenks, M.A.; Hasegawa, P.M. and Jain, S.M., The Netherlands, pp. 565-585.

Sección e) Mejoramiento y recursos genéticos.

DIVERSIDAD DEL GERMOPLASMA DE FRIJOL CRIOLLO E INTRODUCIDO EN EL SUR DE NUEVO LEÓN

Efraín Acosta Díaz¹, Isidro Humberto Almeyda León^{2*}, José Saúl Padilla Ramírez³.

¹Investigador Asociado al CE General Terán-CIRNE-INIFAP; ²CE General Terán-CIRNE-INIFAP; ³CE Pabellón-CIRNOC-INIFAP.

almeyda.isidro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, colectas, variabilidad genética

INTRODUCCIÓN

El frijol es originario de América, donde puede encontrarse una amplia diversidad genética guardada en diferentes especies del género *Phaseolus*. Los hallazgos arqueológicos y las evidencias científicas demuestran que existen dos centros primarios de domesticación y diversidad genética del frijol común, que son el mesoamericano y el andino (Hernández, *et al.*, 2013). Los restos arqueológicos más antiguos de frijol fueron encontrados en la Cueva de Guitarrero en Perú (8000 a 10000 años a. C.) y en Tehuacán, Puebla, en México (6000 años a. C). Por esta razón, México es reconocido como centro primario de domesticación y diversidad genética del frijol (Gepts and Debouck, 1991). Se conoce como frijol a diferentes especies del género *Phaseolus*, y las de mayor importancia económica son: frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), frijol ayocote (*P. coccineus* L.), frijol lima (*P. lunatus* L.) y frijol tépari (*P. acutifolius* L.). Con base en estudios sobre la diversidad genética del frijol común se han identificado tres razas del acervo mesoamericano (Durango, Jalisco y Mesoamericana) y una del andino (Nueva Granada) (Singh *et al.*, 1991). Las razas fueron definidas como poblaciones similares en la morfología de la planta y semilla, adaptación a determinadas regiones y presencia de ciertos tipos de faseolina, una proteína del grano de frijol (Singh *et al.*, 1991). Para la evaluación de la diversidad genética del frijol se han utilizado descriptores morfológicos, agronómicos y de rendimiento, así como marcadores bioquímicos y moleculares. En el programa de mejoramiento genético de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias "INIFAP", se ha utilizado la diversidad genética del frijol para realizar cruzamientos entre variedades cultivadas y de frijol silvestre, de esta manera, se han generado más de cien variedades mejoradas de uso comercial. No obstante, lo anterior, se considera que la diversidad genética del frijol ha sido subutilizada (Acosta *et al.*, 1996), dado que las variedades criollas que aún se cultivan en algunas áreas rurales de México y que son apreciadas únicamente en mercados locales (parraleño, rebosero, morado, etc.) han sido poco estudiadas y por consiguiente su utilidad en el mejoramiento genético ha sido limitada. En Nuevo León, la diversidad de frijol criollo está representada por variedades criollas de *Phaseolus* de diferente estatus genético que los agricultores han mantenido en sus sistemas tradicionales de producción a través del tiempo. La variabilidad genética se ha estado perdiendo debido a diferentes factores, tales como: a) La demanda de los consumidores, comerciantes y la industria del frijol que han fomentado la uniformidad de las clases comerciales más importantes en México y b) Los cambios en el hábito de consumo por parte de la sociedad como consecuencia de la urbanización, migración e incursión de más mujeres en el trabajo fuera del hogar, así como el incremento de los costos de los combustibles para su cocción, lo que ha reducido su uso. Otro factor limitante es el cambio climático, que ha originado desastres climatológicos como la irregularidad en el inicio de las lluvias y las heladas tempranas, daños severos de plagas y enfermedades, así como las hambrunas, por las cuales, los agricultores de subsistencia tienen la necesidad de consumir la semilla que utilizan para la siembra. El objetivo del presente trabajo fue coleccionar y estudiar la diversidad de variedades criollas e introducidas del germoplasma de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en la región sur del estado de Nuevo León.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recorridos para explorar la diversidad y distribución de los frijoles criollos en los municipios de la región sur del estado de Nuevo León, estableciendo las siguientes actividades:

1). Sitios de colecta. El área de muestreo y colecta abarcó los municipios pertenecientes al Distrito de Desarrollo Rural de Galeana (23° 55' y 24° 55' de latitud norte y los 99° 56' y 100° 27' de longitud oeste, con una altura que varía entre los 1,400 a 1,800 msnm). El clima predominante es templado semiárido, con temperaturas promedio que varían de 10° a 25 C y la precipitación promedio es de 300 a 400 mm anuales. Estas condiciones climáticas han favorecido la conservación *in situ* de las variedades criollas en la región sur de Nuevo León. **2). Rutas de colecta.** Se plantearon cinco rutas de colecta cubriendo las comunidades ejidales, en los cinco municipios de la región sur del Estado (Galeana, Aramberri, Dr. Arroyo, Ignacio Zaragoza y Mier y Noriega). **3). Colectas.** La exploración se realizó a nivel de casa, las colectas se numeraron y se colocaron en bolsas de papel para su traslado y procesamiento en el Campo Experimental General Terán, municipio de General Terán, cada sitio de colecta fue georreferenciado. En total se realizaron 60 colectas, con las siguientes características: 100 a 200 gramos por muestra, aunque en algunos casos, se colectó menos cantidad por la falta de disponibilidad. La información de cada muestra se recopiló en formatos pasaporte. Se tomaron fotografías de las muestras de semilla. **4). Conservación de germoplasma.** Las muestras de 20 colectas fueron enviadas por duplicado al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (SINAREFI) del Sistema Nacional de Certificación de Semilla (SNICS) para su conservación en el banco de semillas ortodoxas ubicado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad de frijol criollo en el estado de Nuevo León es amplia pero su distribución se limita a la región sur, en las zonas del Altiplano Semiárido y de los Valles Altos de la Sierra Madre Oriental, las cuales, se ubican en los cinco municipios donde se realizó la colecta. La diversidad genética determinada por las formas de tipo de grano del frijol criollo en Nuevo León está representada por 60 muestras que se dividen en dos grupos, uno compuesto por 34 variedades nativas y otro por 26 variedades introducidas (Cuadro 1). Los municipios con mayor número de colectas correspondientes a variedades nativas fueron, Dr. Arroyo y Aramberri, mientras que los municipios con el menor número de muestras de este tipo de materiales fueron, Ignacio Zaragoza y Mier y Noriega; Galeana, se puede considerar como un municipio intermedio. De las 34 variedades nativas colectadas en los municipios de la región sur del estado de Nuevo León, 11 no habían sido reportadas previamente (Rodríguez *et al.*, 1985); estas variedades son: Rojo, Negro pequeño, Huevo de chico, Almohadilla rojo alto-1, Almohadilla rojo alto-2, Amarillo alto-1, Amarillo alto-2, Bayo-2, Crema alto, Pinto boleado y Amarillo mantequilla.

Cuadro 1. Número de colectas de frijol criollo e introducido obtenidas en cinco municipios del sur de Nuevo León.

| Núm. de colectas | Municipio | Variedad |
|---------------------------|------------------|---|
| <i>Frijol criollo</i> | | |
| 10 | Aramberri | Quipincillo alto-1, Quipincillo alto-2, Flor de mayo-1, Flor de mayo-2, Flor de mayo-3, Pinto-1, Pinto-2, Blanco, Color de rosa, Rojo. |
| 5 | Galeana | Canelo-1, Canelo-2, Canelo-3, Caña morada, Negro pequeño; |
| 16 | Dr. Arroyo | Almohadilla bayo alto-1, Almohadilla bayo alto-2, Huevo de chico, Quipincillo alto-3, Negro brillante, Pinto guadalupano, Almohadilla rojo alto-1, Almohadilla rojo alto-2, Amarillo alto-1, Ojo de liebre, Flor de mayo-6, Bayo-2, Crema alto, Pinto Boleado, Garrapata, Huevo de viejita. |
| 2 | Ignacio Zaragoza | Saguin y Amarillo mantequilla. |
| 1 | Mier y Noriega | Amarillo alto-2 |
| <i>Frijol introducido</i> | | |
| 8 | Aramberri | Pinto americano-1, Pinto americano-2, Pinto americano-3, Flor de mayo-4, Pinto Saltillo-1, Bayo gordo-1, Rojo americano y Pinto texano. |
| 15 | Galeana | Pinto-3, Pinto-4, Pinto-5, Pinto-6, Pinto-7, Flor de mayo-5, Pinto Saltillo-2, Pinto Saltillo-3, Rebosero-1, Rebosero-2, Rebosero-3, Peruano, Bayo gordo-2, Ojo de cabra y Pinto-8. |
| 3 | Dr. Arroyo | Rebosero-4, Pinto americano-4 y Cacahuate. |

El grupo de variedades nativas, posiblemente se ha sembrado desde hace mucho tiempo en la región sur del estado de Nuevo León. Sin embargo, como no existen antecedentes al respecto, se especula que su cultivo se ha realizado por lo menos desde hace 53 a 73 años, esto de acuerdo con la estimación realizada con base en los datos reportados por Rodríguez *et al.* (1985), así como de los comentarios vertidos por los productores de la región donde se realizó la colecta. Por otra parte, en lo que respecta a las variedades introducidas, los municipios con mayor número de colectas, fueron Galeana y Aramberri, mientras que el municipio con el menor número de colectas, fue Dr. Arroyo (Cuadro 1). Del total de 26 variedades introducidas colectadas en el presente trabajo, cinco no habían sido reportadas previamente (Rodríguez *et al.*, 1985); estas variedades son: Pinto Saltillo-1, Pinto Saltillo-2, Pinto Saltillo-3, Rojo americano y Peruano. Los resultados obtenidos permiten inferir que estas últimas variedades se han incorporado recientemente al sistema de cultivo de frijol de temporal por los propios agricultores y los comerciantes provenientes de otros estados del país, como Zacatecas, Coahuila y San Luis Potosí.

CONCLUSIONES

Existe una amplia variabilidad genética del germoplasma de frijol criollo e introducido en la región de estudio, que puede ser utilizada en los programas de mejoramiento genético para generar nuevas variedades, con características de interés como es mayor rendimiento y/o tolerancia a sequía, plagas y enfermedades. La cantidad de semilla colectada de las variedades nativas fue variable y escasa, lo cual, es un indicio de que existe una fuerte erosión genética ocasionada probablemente por las condiciones climáticas adversas que prevalecen en la zona de colecta, donde el frijol se cultiva bajo condiciones marginales de temporal, con exposición a sequías recurrentes y bajas temperaturas, lo anterior, es una amenaza latente para que el germoplasma nativo desaparezca del sistema de producción de frijol bajo condiciones de temporal en la región sur del Estado de Nuevo León.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al Sistema Nacional de Recursos Fitogenéticos (SINAREFI) coordinado por el Sistema Nacional de Inspección y Certificación de Semilla (SNICS), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), por el financiamiento que hizo posible la realización del presente trabajo a través del Proyecto BI-FRI-02-1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta GJA, Muruaga MJS, Cárdenas F, y Khairallah MM. Estrategias para la utilización de germoplasma de *Phaseolus* en el mejoramiento genético. *Ciencia* 1996; 47:149-160.
2. Hernández LVM, Vargas VML, Muruaga MJS, Hernández DS, y Mayek PN. Origen, domesticación y diversificación del frijol común. *Avances y perspectivas*. *Rev. Fitotec. Mex.* 2013; 36:95-104.
3. Gepts P. and Debouck DG. 1991. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.), en A.V. Schoonhoven y O. Voysest (eds.), *Common beans: Research for crop improvement*. CIAT-C.A.B. International, Wallingford, Oxon, UK, pp. 7-53.
4. Rodríguez CR, Rodríguez TS, Aguilar SM, and Debouck DG. *Phaseolus* Germoplasm Collection in México. *Plant Genetic Resources*. 1985; 69:30-38.
5. Singh SP, Gepts P, and Debouck DG. Races of common bean (*Phaseolus vulgaris* Fabaceae). *Economy Botany*. 1991; 45:379-396.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

DIVERSIDAD DEL GERMOPLASMA DE AGUACATE CRIOLLO EN EL SUR DE NUEVO LEÓN

Efraín Acosta Díaz¹, Isidro Humberto Almeyda León^{2*}, María Genoveva Alvarez Ojeda³, Carlos Miguel Ramos Cruz².

¹Investigador Asociado al CE General Terán-CIRNE-INIFAP; ²CE General Terán-CIRNE-INIFAP; ³CE Río Bravo-CIRNE-INIFAP.

almeyda.isidro@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Persea americana*, variabilidad genética, caracterización

INTRODUCCIÓN

El aguacate (*Persea americana* var. *drymifolia*) pertenece a la familia Laurácea, y muchos botánicos consideran que se encuentra entre la más primitivas de las plantas dicotiledóneas. El centro de origen del aguacate se encuentra en las áreas montañosas del centro y este de México y en las tierras altas de Guatemala, de donde se ha dispersado al resto del mundo. Con base en los hallazgos de aguacates primitivos en áreas de la Sierra Madre Oriental de la región sur del Estado de Nuevo León, se considera que esta zona forma parte del centro de origen primario de *Persea americana* var. *drymifolia* o aguacate mexicano (Sánchez, 1999). En la actualidad se reconocen tres razas de aguacate: la mexicana (*Persea americana* var. *drymifolia*), la guatemalteca (*Persea americana* var. *guatemaltensis*) y la antillana (*Persea americana* var. *Americana*), todas ellas con características específicas tanto en calidad como en adaptación climática. Las múltiples hibridaciones ocurridas en diferentes ambientes ecológicos de México y Centroamérica originaron el aguacate criollo comestible en las regiones americanas, en donde se cultiva desde tiempos precolombinos; la producción proviene de fuentes distintas de árboles nativos o criollos y cultivares selectos reproducidos asexualmente, en las cuales el sabor y los valores nutritivos varían según la raza botánica (Mijares y López, 1998). La raza mexicana incluye variedades criollas, conocidas con nombres locales, cuyos frutos se consumen y comercializan localmente, cultivadas en la mayoría de los estados de México. A nivel mundial la producción de aguacate se estima en 4.1 millones de toneladas, y los principales países productores son México, Estados Unidos, Indonesia y Chile (FAO, 2020). En México la superficie plantada con aguacate es de 241,140 hectáreas, con una producción de 206,466 toneladas de fruta, y Michoacán es el Estado líder a nivel nacional con una aportación del 96 % de la producción. El cultivo del aguacate criollo se realiza en la mayoría de los Estados de la República Mexicana, desde Baja California Norte hasta Yucatán, tanto en huertos comerciales como en traspatios. En la región sur del estado de Nuevo León, los sistemas de producción de aguacate criollo están considerados como centros importantes de experimentación, introducción y mejoramiento genético empírico, así como refugios de diversidad genética única que alberga genes que aún no han sido estudiados en su totalidad (Gutiérrez *et al.*, 2009). Además, las variedades locales no se han recolectado en forma sistemática, y por ser una especie recalcitrante contiene semillas que no sobreviven en condiciones de sequedad y frío cuando son conservadas *in situ*. Por lo tanto, el objetivo del trabajo fue determinar la diversidad y la caracterización morfológica del germoplasma de aguacate criollo en la región sur de Nuevo León, para promover su conservación *ex situ* y aprovechamiento comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron recorridos de campo en los huertos y traspatios de aguacate criollo en los municipios de Aramberri e Ignacio Zaragoza pertenecientes a la región sur del Estado de Nuevo León para determinar la diversidad y caracterización de los aguacates criollos presentes, para lo cual se realizaron las siguientes actividades: **1) Diversidad genética presente.** Esta actividad se efectuó en coordinación con los propietarios de los huertos y el personal adscrito al Programa de Sanidad Vegetal de la Corporación para el Desarrollo Agropecuario del Estado de Nuevo León en los dos municipios citados, respectivamente (27° 49' latitud norte, 98° 26' longitud oeste y 1,160 msnm). Estos municipios se caracterizan por presentar un clima semiseco (BS), con un régimen de lluvias en verano que varía de 300 a 500 mm anuales de precipitación pluvial. Los suelos pertenecen a los tipos Xerosol y Rendzinas, con afloraciones pedregosas, de textura calcárea, con más de 1 m de profundidad, pH ligeramente alcalino (7.3) y pobres en materia orgánica (1.5%). Los huertos son de característica familiar de traspatio, con uso de tecnologías tradicionales de bajos insumos agrícolas y riego por inundación. La distancia entre hileras y entre árboles varía en las huertas; es común la siembra intercalada de cultivos como maíz y sorgo, así como plantaciones de nogal entre las hileras de los árboles de aguacate. **2) Caracterización morfológica.** Durante la etapa de inicio de madurez del fruto, se cosechó una muestra de seis frutos por cada variedad, los cuales se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas y se trasladaron inmediatamente para su caracterización en las instalaciones del Campo Experimental General Terán. Se registraron cuatro características del fruto, las cuales corresponden a los descriptores mencionados por el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI, 1995). La madurez fisiológica del fruto se definió como la fecha a partir cuando los primeros frutos estuvieron listos para su cosecha. Se incluyeron las características morfológicas tales como: forma, color y peso del fruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La diversidad del aguacate criollo en el sur del Estado de Nuevo León es amplia, pero su distribución se limita a los municipios de Aramberri e Ignacio Zaragoza. De acuerdo con la fecha de madurez fisiológica del fruto, las variedades se clasificaron en tres grupos: Las de ciclo temprano, con un período de inicio de cosecha del 19 de junio al 15 de julio; las de ciclo intermedio, del 16 de julio al 14 de agosto y las de ciclo tardío, del 8 de octubre al 5 de noviembre (Cuadro 1). En el primer grupo se ubicaron 17 variedades, en el segundo ocho y en el tercero cuatro. Todas las variedades de ciclo temprano e intermedio se caracterizan por tener frutos de color negro a la madurez. Entre las variedades de ciclo temprano están: Plátano temprano, María Elena, Huevo de paloma, Todo el año, De agua, Criollo-1, Tamaulipas y Plátano grueso-2, entre otras; mientras que en las variedades de ciclo intermedio se ubicaron: Plátano grueso-1, Criollo boleado, Cuerno, Hule, Pato Criollo bola, Huevo de toro y Plátano grueso-3, esta última variedad es la única de los materiales intermedios que tiene frutos verdes a la madurez. En contraste, todas las variedades de ciclo tardío poseen frutos color verde a la madurez: Mantequilla, Calabo, Pahuita y Crema.

Cuadro 1. Número de variedades de aguacate criollo de tres ciclos de cosecha obtenidas en dos municipios del sur de Nuevo León.

| Núm. de materiales | Municipio | Variedad |
|-----------------------------------|-----------|--|
| <i>Ciclo temprano[†]</i> | | |
| 15 | Aramberri | Plátano temprano, María Elena, Campeón, Huevo de paloma, Todo el año, De agua, Criollo-1, Plátano delgado, De peluquería, Salvador, Criollo boleado grande, Criollo boleado muy grande, Amarillo, Leonor, Verde limón. |
| 2 | Zaragoza | Tamaulipas, Plátano grueso-2 |
| <i>Ciclo intermedio</i> | | |
| 6 | Aramberri | Plátano grueso-1, Criollo boleado, Cuerno, Hule, Pato, Criollo bola |

| | | |
|---|-----------|----------------------------------|
| 2 | Zaragoza | Huevo de toro, Plátano grueso-3. |
| | | <i>Ciclo tardío</i> |
| 2 | Aramberri | Mantequilla, Calabo |
| 2 | Zaragoza | Pahuita, Crema. |

[†]temprano = del 19 de junio al 15 de julio; intermedio = del 16 de julio al 14 de agosto; tardío = del 8 de octubre al 5 de noviembre.

En lo que respecta a la forma del fruto las variedades se clasificaron en tres grupos: Uno está compuesto por 18 variedades que presentan frutos en forma ovalada, aquí se ubicaron a: Plátano temprano, María Elena, Campeón, Huevo de Paloma, Todo el Año y De Agua, entre otros. El segundo está integrado por cuatro variedades que tienen frutos de forma esférica, aquí se ubican: Mantequilla, Verde Limón, Leonor y Criollo Bola. El tercero está constituido por siete variedades con frutos alargados, aquí se ubicaron a: Calabo, Plátano Delgado, Huevo de Toro, Plátano Grueso-2, Salvador, Pato y Amarillo. Con base en el peso del fruto de los diferentes materiales, se identificaron tres grupos: Un primer grupo conformado por 13 variedades que presentan los pesos más altos (de 107.4 a 354.7 g), donde destacan Crema, Calabo, Pahuita y Huevo de toro, con pesos de 354.7, 249.4, 283.8 y 205.9 g, respectivamente, y nueve variedades más entre las cuales se encuentran: Pato, Plátano grueso-3, De agua y Plátano grueso-2. Un segundo grupo constituido por 10 variedades que presentan pesos intermedios (de 76.5 a 106.8 g), en este grupo se ubicaron a Criollo boleado grande, Campeón, Huevo de paloma y Todo el año, con pesos de 106.8, 106.1, 100.8 y 100.7 g, respectivamente. En el tercer grupo se registraron seis variedades con los pesos más bajos (de 28.8 a 80.6 g), aquí se ubicaron al Verde Limón y Amarillo que fueron los materiales que presentaron los frutos con menor peso (28.8 y 48.3 g, respectivamente).

En términos generales, se establece que la variabilidad genética del aguacate criollo en el Estado de Nuevo León es amplia y debe ser aprovechada en mayor proporción a como se realiza actualmente. Contar con materiales que presentan características de madurez fisiológica en diferentes épocas (temprana, intermedia y tardía), así como diversidad de forma, tamaño y color de fruto, se constituyen como alternativas para llegar a generar variedades que permitan ofertar la producción de aguacate en un periodo de tiempo más amplio y dejar la dependencia de una o dos variedades, que en gran medida debido al periodo tan corto que presentan para su cosecha, disminuyen el precio de la producción y dificultan su comercialización. Por otra parte, en virtud a que estos materiales han sido resguardados *in situ* en los huertos de los propios productores, se corre el riesgo de que estos puedan desaparecer por diversos acontecimientos climatológicos como sucedió durante el mes de febrero en los años 2011 y 2021, cuando se registraron fuertes heladas que dañaron seriamente los árboles y su producción. También es importante hacer notar que estas variedades están expuestas a una erosión genética, principalmente cuando la población está compuesta por un número reducido de individuos; por lo tanto, es necesario implementar estrategias para su conservación *ex situ* a través del establecimiento de bancos de germoplasma bajo condiciones controladas.

CONCLUSIONES

Existe una gran diversidad genética de aguacate criollo en la región sur del Estado de Nuevo León, la cual, se puede utilizar en programas de mejoramiento genético y explotar todo su potencial para generar variedades con características de interés comercial, además, se dejaría de depender de una o dos variedades, que en muchas ocasiones trae como consecuencia que la producción tenga un valor muy bajo en el mercado.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto no. 4556887A: “Selección de materiales criollos de aguacate de Nuevo León mediante el uso de marcadores moleculares”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO. 2020. Las principales frutas tropicales. Análisis del mercado 2018. Roma. pp. 18.
2. Gutiérrez DA, Martínez de la CJ, García ZEA, Iracheta DL, Ocampo MJD, y Cerda IM. Estudio de la diversidad genética del aguacate en Nuevo León, México. Rev. Fitotec. Mex. 2009; 2(1):9-18.
3. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 1995. Descriptors for avocado (*Persea* spp.). International Plant Genetic Resources Institute. Rome, Italy. 52 p.
4. Mijares O, y López LL. Variedades de aguacate y su producción en México. Departamento de Fitotecnia. Memoria de la Fundación Salvador Sánchez Colín. Centro de Investigaciones y Tecnológicas del Aguacate en el Estado de México. Coatepec de Harinas, México. 1988; 88-99 pp.
5. Sánchez de la LPJ. Recursos genéticos de aguacate (*Persea americana* Mill.) y especies afines en México. Rev. Chapingo. S. Hort. 1999; 5:7-18

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CARACTERES CUANTITATIVOS DE PLANTAS M₁ DE TRES GENOTIPOS DE CHILE APAXTLECO POR LA IRRADIACIÓN GAMMA

Oscar Martín Antúnez Ocampo^{1*}; Juan Elías Sabino López²; Mariana Espinosa Rodríguez²; Manuel Sandoval Villa³

¹INIFAP. Campo Experimental Iguala. km 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Iguala de la Independencia, estado de Guerrero. México. C.P. 40000.

²UAGro. Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Ambientales. km 2.5 Carr. Iguala-Tuxpan, Iguala de la Independencia, estado de Guerrero. México. C.P. 40101.

³COLPOS. Campus Montecillo. Posgrado Edafología. km 36.5 Carr. México-Texcoco, Montecillo, Estado de México. México. C.P. 56230.

antunez.oscar@inifap.gob.mx

Palabras clave: chile apaxtleco, irradiación, mutagénesis.

INTRODUCCIÓN

En México, se han identificado más de 60 tipos diferentes de chiles en estudios *in situ* y de información de productores, la mayoría corresponden a *C. annuum* L., y exhiben gran diversidad de formas, tamaños, colores y pungencia (Valadez, 1998). El estado de Guerrero cuenta con gran diversidad genética de chiles criollos con alto potencial para su aprovechamiento en el desarrollo de la economía regional y local, así como, en la gastronomía (Vera-Sánchez *et al.*, 2016). Tal es el caso de los chiles apaxtlecos, que son utilizados para guisos típicos de la región Norte; sin embargo, la variabilidad fenotípica de estos chiles ha disminuido por el método de selección que utilizan los productores afectando el rendimiento y la calidad del fruto (López, 2003). Por otro lado, se tienen escasos estudios relacionados con su diversidad, manejo y mejoramiento genético, pues solo se tiene información del crecimiento de la plántula (Vázquez-Casarrubias *et al.*, 2011).

El mejoramiento de genotipos de chiles autóctonos va en aumento por la importancia que tienen como recurso genético y fuente de ingreso para los productores; es por ello, que resalta el uso de métodos que incrementen la variabilidad genética y su producción (Urrea y Ceballos, 2005). Una alternativa es la mutagénesis inducida, que permite inducir la variabilidad en diferentes caracteres cuantitativos en corto tiempo (Reddy y Dhaduk, 2014). La irradiación de semillas ejerce efectos estimulantes en aspectos morfológicos, tiempo de floración, rendimiento y la capacidad de la planta para resistir condiciones ambientales adversas (Melki y Marouani, 2010). Por lo anterior, el objetivo fue evaluar los efectos de diferentes dosis (0 a 300 Gy) de radiación gamma en los caracteres morfológicos y el rendimiento de plantas de tres genotipos de chile apaxtleco provenientes de semillas irradiadas.

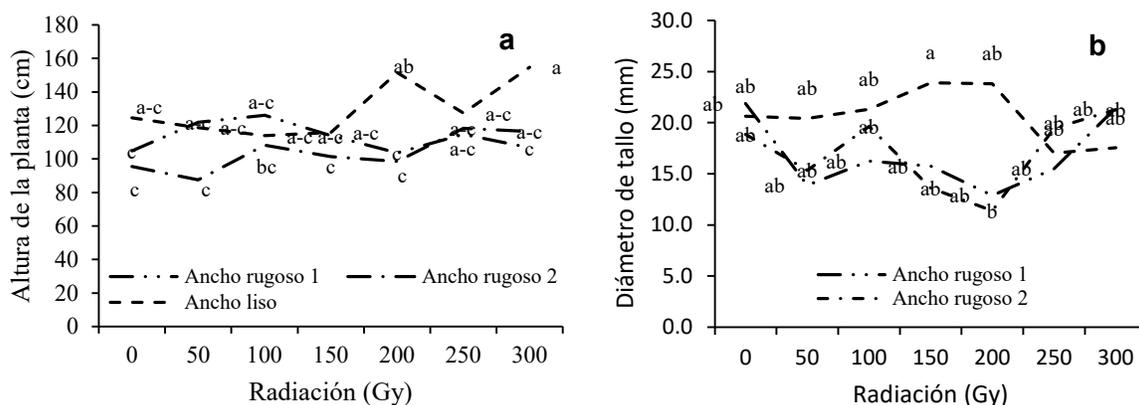
MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron semillas de tres genotipos de chiles apaxtlecos (*Capsicum annuum* L.), las cuales se irradiaron con el equipo LGI-01 Transelektro, en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ). Los factores en estudio fueron dosis de irradiación (0, 50, 100, 200, 250, 300 Gy de rayos gamma ⁶⁰Co) y genotipo de chile (ancho rugoso 1 y 2, y ancho liso); los tratamientos resultaron de

la combinación de estos dos factores, y se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con seis repeticiones; la unidad experimental fue una planta M_1 representativa de cada dosis en cada genotipo, trasplantada en bolsa negra de polietileno de 9 L de volumen, con tepojal como sustrato. Las semillas se sembraron en charolas de poliestireno con turba como sustrato y se regaron con agua potable (pH: 7.6 y CE: 0.5 dS m^{-1}) dos veces al día desde su emergencia hasta su trasplante. El trasplante se realizó en invernadero, seleccionando seis plantas vigorosas por cada dosis en cada genotipo. La nutrición consistió de la solución Steiner al 50 % (pH: 6.0) (Steiner, 1984). Las variables morfológicas que se midieron fueron: altura (cm) con un flexómetro, desde el sustrato hasta la rama más larga; diámetro de tallo (mm) mediante un vernier, a 2 cm de la base del tallo y el número de ramas presentes en la planta. El rendimiento se determinó con el número de frutos y su peso (g) fresco acumulado (de cuatro cosechas), con una báscula digital. Por otro lado, en cinco frutos cosechados y al azar se determinó el diámetro (mm) ecuatorial y polar, con un vernier digital. Con el valor de los cinco frutos se obtuvo un promedio por repetición. Se aplicó un análisis de varianza combinado para cada variable cuyas fuentes de variación fueron Dosis, Variedad y la interacción Dosis \times Variedad. Las medias se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). Los análisis se efectuaron con el programa estadístico SAS, versión 9.1 (SAS Institute, 2002).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características morfológicas (altura, diámetro del tallo y número de ramas) de las plantas M_1 de los tres genotipos de chile apaxtleco (Figura 1) presentaron una respuesta similar con las dosis de radiación (0 a 300 Gy), y solamente el genotipo Ancho Liso mostró una respuesta favorable en el porte y grosor del tallo de la planta M_1 , cuando las semillas se irradiaron con 150 a 200 Gy, respectivamente (Figura 1a-b). El número de ramas no fue afectado por el efecto de la radiación y genotipo de chile. En cuanto al número de frutos, los genotipos Ancho Rugoso 1 y Ancho Liso y provenientes de semillas irradiadas con 100 Gy (Figura 1c) fueron las que tuvieron la mayor productividad; sin embargo, el peso fresco de los frutos no varió significativamente por las dosis de radiación, pero si por efecto del genotipo; los valores más altos se presentaron en frutos de Ancho Rugo 1 y 2, en comparación con los frutos de Ancho Liso (Figura 1d).



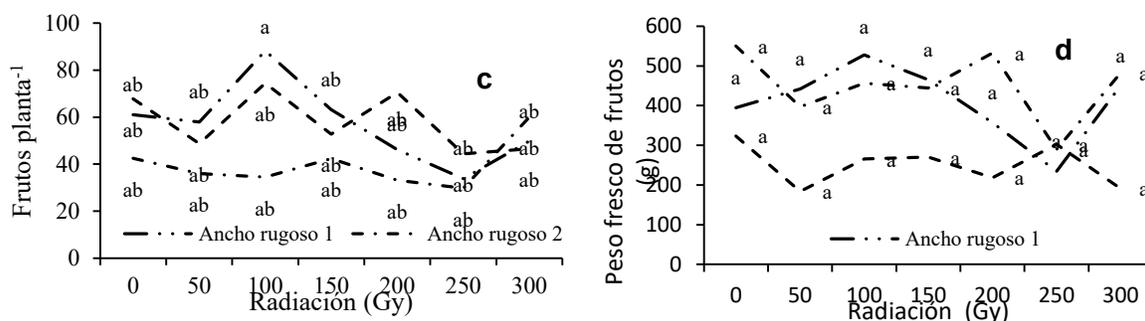


Figura 1. Efecto de la dosis de radiación en parámetros del crecimiento y rendimiento de tres genotipos de chiles apaxtleco. Letras iguales en cada parámetro son estadísticamente iguales ($p \leq 0.05$).

La escasa respuesta de los rasgos de crecimiento de los genotipos de chile apaxtleco a la irradiación gamma se puede relacionarse con varios factores, algunos ligados con las características de la planta (*i.e.*, especie, cultivar, etapa de desarrollo, arquitectura de tejidos y organización del genoma) y otros con las características de la radiación (*i.e.*, dosis, duración, tipo de mutágeno) (De Micco *et al.*, 2011). En cuanto al mutágeno, los rayos gamma provocan distintos cambios (*i.e.*, hormonales, alteración enzimática y modificación del ciclo celular) (Melki y Marouani, 2010); que son en respuesta a la dosis aplicada; sin embargo, la planta tiene la capacidad para reparar el daño causado por la radiación; por lo tanto, los cambios se pueden expresar en mejora de la progenie ya sea en aspectos del vigor y crecimiento de la planta mutante, o en otros caso no ser expresados (Taheri *et al.*, 2014; Lanier *et al.*, 2015). En el caso de esta investigación, ninguna dosis estimulo o limito las características de crecimiento y rendimiento de los tres genotipos de chile (Figura 1).

CONCLUSIÓN

La irradiación de la semilla con dosis de 100 a 400 Gy, no alteraron los aspectos morfológicos y parámetros del rendimiento de las plantas M₁; sin embargo, cada genotipo de chile presento un comportamiento diferente en cada variable evaluada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De Micco V., C. Arena, D. Pignalosa and M. Durante. 2011. Effects of sparsely and densely ionizing radiation on plants. *Radiation and Environmental Biophysics* 50: 1-19.
2. Melki M., and A. Marouani. 2010. Effects of gamma rays irradiation on seed germination and growth of hard wheat. *Environ. Chem. Lett.* 8: 307-310
3. Vázquez-Casarrubias G., Escalante-Estrada J. A. S., Rodríguez-González Ma. T., Ramírez-Ayala C. y Escalante-Estrada L. E. 2011. Edad al trasplante y su efecto en el crecimiento y rendimiento de chile apaxtleco. *Rev. Chapingo Ser. Hortic.* 17: 61-65.
4. Vera-Sánchez K. S., Cadena I. J., Latournerie M. L., Santiaguillo H. J. F., Rodríguez C. A. Basurto P. F. A., Castro L. D., Rodríguez G. E. y López L. P. 2016. Conservación y utilización sostenible de las hortalizas nativas de México. Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, México. 132 p.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento (Agrícola)

CONTENIDO DE ANTOCIANINAS EN ELOTE DE CRUZAS DE MAÍZ MORADO CULTIVADAS EN DOS LOCALIDADES

Salinas-Moreno Yolanda¹, Alemán-de la Torre Ivone^{1*}, Esquivel-Esquivel Gilberto², Ramírez-Díaz José Luis¹; Bautista-Ramírez Edgardo¹, Ledesma-Miramontes Alejandro¹

¹ Programa de maíz. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Km. 8 Carretera Tepatitlán-Lagos de Moreno, Municipio Tepatitlán de Morelos, Jalisco C.P. 47600, A.P. 56. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). ² Recursos Genéticos. Campo Experimental Valle de México. Coatlinchán, Méx. INIFAP.

aleman.ivone@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays* L., pigmentos, extracción

INTRODUCCIÓN

El maíz morado es una fuente importante de pigmentos para su uso en alimentos. En México se tiene poca diversidad de maíces con características favorables para la extracción de pigmentos, pero en países como Ecuador y Perú se tiene diversidad de materiales para este propósito (Salinas *et al.*, 2016). Dado que en el germoplasma de maíz morado los pigmentos (antocianinas) se presentan tanto en el grano como en el elote, existe la posibilidad de su extracción a partir de elote, que es un producto consumido por el hombre, sin que hasta ahora se haya reportado algún efecto negativo sobre la salud. Por otro lado, la altura a la cual se cultiva el maíz morado tiene efecto sobre la acumulación de antocianinas. El objetivo del presente estudio fue determinar el contenido de antocianinas en el elote de cruvas obtenidas entre germoplasma nacional y exótico cultivadas en dos localidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron tres cruvas (C1, C2 y C3) de maíz morado. La C1 proviene del cruzamiento de una población de maíz morado nacional y una de maíz morado exótico; las cruvas C2 y C3 son producto del cruzamiento entre dos poblaciones exóticas. Se establecieron parcelas de 10 surcos, con longitud de 15 m, a una densidad de 45 mil plantas por ha, con tres repeticiones, en las localidades de Coatlinchán (COAT), México (19°26'56"N 98°52'20"O, situada a una altitud de 2300 msnm) y Tepatitlán (TEPA), Jalisco (20°49'01"N 102°43'59"O, ubicada a una altitud de 1800 msnm). El experimento se condujo bajo condiciones de temporal, con riegos de auxilio cuando fue necesario en el caso de la localidad de Coatlinchán; en Tepatitlán fue temporal estricto. De cada parcela, la mitad se utilizó para el muestreo en elote, la otra mitad se conservó para obtener el dato de porcentaje de mazorcas con el color morado deseable (color objetivo) a la cosecha. Este dato se utilizó para estimar el rendimiento de elotes con color objetivo. El muestreo se realizó en la etapa de grano lechoso-masoso. Se obtuvieron 16 elotes de grano morado por repetición. Se tomó una porción de la parte media del elote, que se molió en una licuadora doméstica y a partir de esta muestra se realizó la cuantificación de antocianinas totales (CAT). Se determinó el peso (PE) y la humedad del elote (HE). Los datos se analizaron bajo un diseño completamente al azar. Se realizó análisis de varianza y pruebas de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) del contenido de pigmentos entre cruvas y entre localidades.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El CAT en el elote de las cruzas varió entre elotes y repeticiones. Este patrón se observó en las dos localidades de estudio. El CAT del elote en las tres cruzas, en las dos localidades de estudio, fue mayor de 0.2 %, que sería el mínimo necesario para su uso en la extracción de pigmentos. De las variables determinadas, el peso promedio del elote fue más elevado en la localidad COAT con relación a TEPA atribuido a los riegos de auxilio que se suministraron en esta localidad. En el resto de las variables, los valores observados entre ambas localidades fueron parecidos. En TEPA se presentaron condiciones climáticas que incrementaron fuertemente el acame de las plantas, lo que afectó el número de plantas totales y con ello, el rendimiento de pigmento por ha (Cuadro 2). La cruzada con el mayor CAT, independientemente de la localidad, fue C3, seguida de C1 y C2. Se esperaba que el CAT del elote en las cruzas cultivadas en COAT fuera mayor que al ser cultivadas en TEPA, que está situada a menor altitud que COAT, dado que se ha reportado efecto de altitud sobre esta variable en poblaciones de maíz morado (Jing et al. 2007). Sin embargo, no ocurrió así, posiblemente debido a que la diferencia de alturas entre localidades no fue lo suficientemente grande.

La extracción de antocianinas a partir de elote tiene la ventaja de que no se requiere probar la inocuidad del extracto a partir de esta materia prima, ya que los elotes se han consumido ancestralmente, sin efectos adversos a la salud. Dado que las antocianinas son solubles en agua, la extracción industrial requeriría únicamente ajustar la relación muestra solvente, que se recomienda sea de 1:20 y acidificar el medio de extracción.

Cuadro 1. Contenido de pigmentos en elote, peso y humedad de elote, mazorcas totales, proporción de mazorcas con el color objetivo y rendimiento de pigmento por ha obtenido a partir de elote para las cruzas cultivadas en Coatlínchán, México.

| Cruzas | CAT (mg/100 g) MH | PPE (kg) | HE (%) | MT | Proporción mazorcas color objetivo (%) | Rendimiento de pigmento (kg/ha BH) |
|--------|-------------------------|----------|---------|---------|---|--|
| C1 | 301.4 ab | 0.145 b | 70.9 ab | 145.8 a | 60.8 b | 7.7 b |
| C2 | 266.7 b | 0.170 a | 68.6 b | 144.8 a | 82.2 a | 11.2 ab |
| C3 | 339.8 a | 0.153 ab | 72.0 a | 181.8 a | 79.9 a | 15.8 a |
| DMS | 54.4 | 0.019 | 2.99 | 98.5 | 10.2 | 7.65 |

CAT: contenido de antocianinas totales; PPE: peso promedio del elote; HE: humedad de elote; MT: mazorcas totales; BH: base húmeda.

Cuadro 2. Contenido de pigmentos en elote, peso y humedad de elote, mazorcas totales, proporción de mazorcas con el color objetivo y rendimiento de pigmento por ha obtenido a partir de elote para las cruzas cultivadas en Tepatlán, Jalisco.

| Cruzas | CAT (mg/100 g) MH | PPE (kg) | HE (%) | MT | Proporción mazorcas color objetivo (%) | Rendimiento de pigmento (kg/ha BH) |
|--------|-------------------------|----------|--------|---------|---|--|
| C1 | 307.2 a | 0.137 a | 69.6 b | 85.0 b | 64.7 b | 4.7 b |
| C2 | 280.4 a | 0.168 a | 68.0 b | 97.7 ab | 81.6 a | 7.9 a |
| C3 | 331.5 a | 0.141 a | 74.3 a | 120.3 a | 85.0 a | 10.0 a |
| DMS | 104.1 | 0.03 | 3.63 | 28.5 | 9.2 | 2.8 |

CONCLUSIONES

Las tres cruzas evaluadas presentaron un contenido de antocianinas en elote adecuado para la extracción comercial de pigmentos, que es de 0.2 % base húmeda. Por su elevada proporción de mazorcas con color objetivo, y alto contenido de antocianinas, la cruza C3 serían la mejor para este uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Jing P, V Noriega, S J Schwartz, M M Giusti. Effects of growing conditions on purple corn cob (*Zea mays* L.) anthocyanins. *J. Agric. Food Chem.* 2007, 55:8625-8629.
2. Salinas MY, Esquivel EG, Ramírez DJL, Alemán de la Torre, I. (2016). Selección y evaluación de poblaciones nativas de maíz con potencial para la extracción de pigmentos. Folleto Técnico No 7. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. INIFAP. 44 p.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

MEJORAMIENTO CONVERGENTE MASIVO EN LÍNEAS TROPICALES Y SUBTROPICALES DE MAÍZ

Noel O. Gómez Montiel¹, César del A. Hernández Galeno¹, Miguel A. Cantú Almaguer¹, Luis A. Ramírez Casimiro², Margarita Tadeo Robledo³, Enrique I. Canales Islas⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala,
²Tesista de la Universidad Autónoma de Guerrero, ³FES Cuautlán-Universidad Nacional Autónoma de México, ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Santiago Ixcuintla.

gomez.noel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays* L., mejoramiento convergente, línea recobrada.

INTRODUCCIÓN

En la obtención de híbridos de maíz, se parte al menos de dos poblaciones contrastantes, de las que se derivan líneas, avanzan en endogamia, se forman y evalúan cruza de prueba y seleccionan líneas de buena aptitud combinatorio general y específica (ACG, ACE) con las cuales se forman los híbridos para liberación comercial (Bauman, 1977). En este proceso tradicional se definen las líneas elite que producen híbridos de alto potencial productivo; sin embargo, pudieran tener baja producción de semilla, susceptibilidad a alguna enfermedad o sequias, mazorca alta, grano pequeño, etc., características que se pueden cambiar con el mejoramiento de líneas; como ejemplo, de la línea B-73 de EUA se han obtenido más de 100 versiones, (Hallauer, 2010); de esta manera, en el programa de maíz del INIFAP-Guerrero, se inició en 2015 el mejoramiento convergente masivo de 15 líneas elite obtenidas en diferentes periodos y programas de mejoramiento genético; de manera que los objetivos de esta investigación fueron, mejorar el rendimiento de grano y semilla, la resistencia genética a enfermedades y acame y características agronómicas, manteniendo la ACG y ACE de cada uno de los progenitores bajo mejoramiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de mejoramiento de líneas que se realiza en el Campo Experimental de Iguala del INIFAP; inició en 2015 y aunque ha habido interrupciones en el proceso, se han acumulado siete ciclos de siembra. Participan ocho líneas de INIFAP de los programas: de Chiapas, MH-561, Veracruz, LT-154, LT-156, Jalisco, B41, Edo. de México, GNF e Iguala, T-47, T-48, T-49 y del CIMMYT: CML-264, CML-269, CML-311, CML-549, CML-550, CML-576, CLRWN-96, todas seleccionadas en su momento por su buena ACG; además, entre ellas se distinguen contrastes que aseguran obtener una alta heterosis (Bauman, 1981). La metodología utilizada fue el mejoramiento convergente (Richey, 1927), que consiste en mejorar líneas de un híbrido simple por el retrocruzamiento hacia ambos progenitores, con el propósito de mejorar su apariencia sin modificar su ACG; en esta investigación se realiza un mejoramiento convergente masivo, con el propósito de acumular características favorables en un progenitor, provenientes de varias fuentes de germoplasma, conservando la individualidad del padre recurrente. Las variables de selección son, rendimiento de grano y semilla, resistencia a enfermedades y acame, mazorca baja y mayor tamaño de grano y mazorca. Se formarán cruza de prueba en S4 a S5 (Bauman, 1977) en lotes aislados, donde el macho sería la línea original y las hembras las líneas recobradas obtenidas de varios progenitores, incluyendo la línea recobrada con la cual forma un par heterótico. Después de evaluar las cruza de prueba se seleccionarán los progenitores promisorios para formar los nuevos híbridos con las líneas recobradas. Como prueba, se hizo una evaluación *per se* de cuatro líneas recobradas con 64 y 100 entradas, dos repeticiones, parcelas de un surco de 5.0 m de largo, bajo el diseño experimental de látice simple, en las localidades de Iguala y Quechultenango, Gro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Esta investigación se contempla hacer a mediano y largo plazo y a la fecha, ya se tienen las líneas recobradas con más del 98 % de endogamia y para 2021/22 OI se formarán las primeras cruces de prueba. En cada ciclo de retro cruzamiento y/o autofecundación se seleccionan más de 100 líneas por su sanidad de planta y mazorca, tamaño de grano, resistencia al acame. En 2020 PV, por ejemplo, se seleccionaron 150 líneas recobradas de seis diferentes fuentes, para cruzarse con su contraste T49 original, y lo mismo se hizo para T48, CML549, CML576, LT156, LT154 y CML311, entre otras. A la fecha se hizo una evaluación *per se* de cuatro líneas recobradas, de las cuales solo se presentan dos como ejemplo y se observó que varias de ellas superaron a la línea original en rendimiento de grano, calificación de planta, mazorca y enfermedades, Cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Líneas recobradas sobresalientes T49 vs original. Dos localidades, 100 Tratamientos. 2019PV.

| Tratamiento | Calificación | | | | % Mz podr | % gr | Long Mz |
|------------------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | Rend | PI | Enf | Mz | | | |
| 7 | 3.1* | 2.0 | 2.3* | 2.1* | 2.3 | 86.6* | 13.6* |
| 9 | 3.6* | 2.1 | 2.4* | 2.2* | 1.6 | 86.1* | 12.9* |
| 23 | 4.2* | 2.3 | 1.9 | 2.1* | 7.9 | 85.6* | 15.3* |
| 27 | 3.7* | 2.0 | 1.9 | 2.0 | 5.1 | 85.9 | 14.0* |
| 39 | 3.9 | 2.1 | 1.9 | 2.1* | 3.5 | 84.4* | 14.6* |
| 45 | 3.2* | 2.2 | 2.3* | 2.1* | 7.3 | 85.8* | 13.1* |
| 54 | 3.5* | 2.2 | 2.3* | 2.2* | 7.7 | 86.1 | 14.9* |
| 55 | 4.0* | 2.1 | 2.1* | 2.0 | 0.5 | 86.8 | 14.5* |
| 66 | 3.8* | 2.3 | 2.4* | 2.1* | 4.6 | 85.8 | 13.6* |
| 86 | 3.9 | 2.1 | 2.2* | 1.9 | 2.5 | 84.3 | 13.9* |
| 100 (T-49 original) | 0.4 | 3.0* | 2.8* | 3.1* | 29.6* | 76.4* | 9.2 |
| Media | 2.2 | 2.5 | 2.5 | 2.5 | 13.7 | 84.6 | 12.9* |
| DMS | 3.4 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 17.0 | 12.9 | 3.7 |
| CV (%) | 49.2 | 14.7 | 14.5 | 14.6 | 40.0 | 4.9 | 9.3 |

*significancia al 0.05 de error-En las calificaciones, los valores más bajos son los deseables

Cuadro 2. Líneas recobradas sobresalientes CML-549 vs original. Dos Localidades, 64 Tratamientos. 2019 PV.

| Tratamiento | Calificación | | | | % Mz podr | % gr | Long Mz |
|--------------------------|--------------|------------|------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
| | Rend | PI | Enf | Mz | | | |
| 14 | 3.9* | 2.6* | 2.5 | 2.3* | 5.9 | 83.8* | 13.6* |
| 38 | 3.6* | 2.3 | 2.5 | 2.1* | 1.9 | 84.3* | 12.5* |
| 39 | 3.0* | 2.5* | 2.7* | 2.1* | 0.0 | 83.9* | 13.0* |
| 9 | 2.8* | 2.6* | 2.7* | 2.2* | 1.3 | 80.9* | 13.8* |
| 22 | 2.8* | 2.2 | 2.5 | 2.2* | 4.8 | 82.1* | 13.6* |
| 64 (CML-549 original) | 2.7* | 2.6* | 2.7* | 2.4* | 6.3 | 82.1* | 12.5 |
| Media | 2.1 | 2.7 | 2.7 | 2.5 | 10.1 | 80.9 | 12.4 |
| DMS | 2.2 | 0.7 | 0.6 | 1.2 | 23.6 | 8.7 | 3.3 |
| CV (%) | 34.0 | 8.8 | 8.0 | 15.7 | 77.6 | 3.6 | 9.0 |

*significancia al 0.05 de error-En las calificaciones, los valores más bajos son los deseables

CONCLUSIONES

Se propone un método de mejoramiento convergente masivo que amplía la oportunidad de conjuntar en el progenitor recurrente, características favorables de varias fuentes de germoplasma de progenitores donantes.

En la evaluación *per se* de cuatro líneas de maíz, sometidas a mejoramiento convergente masivo, se identificaron líneas recobrada con mayor tamaño y rendimiento de grano, sanidad de planta y mazorca y tolerancia a enfermedades.

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIERA:

Al CIMMYT (MasAgro) e INIFAP (Proyecto Fiscal), que fueron las fuentes financieras de los proyectos: "obtención de híbridos y variedades de maíz para áreas de temporal en el Trópico de México" y "selección y registro de maíces tolerantes a factores bióticos y abióticos en el Trópico y Sub trópico bajo de México", respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bauman, L.F. 1977. Improvement of established maize inbreds. *Maydica* 22: 213-222.

Bauman, L.F. 1981. Reiew of methods used by breeders to develop superior inbreds. *Proc corn Sorghum Ind. Res. Conf.* 36:199-208.

Hallauer, A.R. 1990 Methods used in devolping maize inbreds. *Maydica* (35:1-16),

Hallauer, A.R., M. Carena, and J.B. Miranda Fo.2010. *Quantitative Genetics in maize breeding* Springer-Vorlag New York Inc. 664P.

Richey, F.D. 1927. The Convergent improvement of selfed lines of corn. *American Nauralist* 61: 430-449.

Sección:

Mejoramiento y Recursos genéticos

Presentación oral

EVALUACIÓN DE DIFERENTES GENOTIPOS DE MAÍZ EN EL SUBTRÓPICO DE GUERRERO

Miguel Ángel Cantú Almaguer^{1§}, Noel Orlando Gómez Montiel¹, César del Ángel Hernández Galeno¹, Erik Secundino Valladares²

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Iguala,

² Tesista de la Universidad Autónoma de Guerrero

§ cantu.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Zea mays* L., maíces mejorados, híbridos INIFAP, variedades INIFAP.

INTRODUCCIÓN

El maíz es la principal fuente de alimento y el cultivo que mayor superficie ocupa en México. En el estado de Guerrero existe gran diversidad de regiones agroecológicas que se distinguen por su altitud, temperatura, tipo de suelo, distribución de lluvias, donde los agricultores siembran híbridos, variedades y poblaciones nativas de maíz bajo condiciones de riego y temporal (Matsuoka *et al* 2002, Gómez 2010). En la actualidad se siembran en promedio 450 mil hectáreas, el 95 % en condiciones de temporal con un rendimiento medio de 2.5 t ha⁻¹, de éstas el 70 % se siembran con materiales criollos. Esta gran riqueza de variabilidad genética, es la base del Programa de Mejoramiento Genético con sede en el Campo Experimental de Iguala que tiene entre sus líneas de investigación la conservación y el mejoramiento de los criollos regionales. El objetivo del presente trabajo fue identificar materiales sobresalientes de maíz para la montaña baja de Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El germoplasma evaluado corresponde a doce genotipos de maíz, generados por el Programa de Mejoramiento Genético con sede en el Campo Experimental Iguala, de éstos, cinco son híbridos trilineales (H-516, H-562, H-563, H-565, y H-568), un híbrido varietal, HV-240 (criollo x mejorado) y cinco variedades nativas mejoradas de polinización libre (V-234, V-235, V-236 P, V-237 AN y V-239 AZ), como testigo se utilizó el criollo del productor cooperante. Estos materiales fueron evaluados en tres localidades de la montaña baja (Ahuacatitlán, Olinalá y Zitlala) del estado de Guerrero, bajo un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones. La parcela experimental fue de cuatro surcos de cinco metros de longitud separados a 80 cm, utilizando una densidad de población de 60 mil plantas por hectárea, la parcela útil correspondió a los dos surcos centrales, eliminando medio metro de cada extremo para evitar el efecto de orilla. Se cuantificaron las principales variables agronómicas, así como el rendimiento de grano. La información se analizó con el paquete SAS (SAS Institute, 2008) y la comparación de medias se realizó mediante la prueba, diferencia mínima significativa a un nivel de 0.05 de probabilidad de error.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Solo se presentan los resultados de rendimiento de grano; en las localidades de evaluación se detectaron diferencias significativas para todas las variables cuantificadas en los genotipos, siendo Zitlala, la localidad con los más altos rendimientos de grano promedio con 6.05 t ha⁻¹, seguida por Olinalá y Ahuacatitlán con 4.43 y 3.70 t ha⁻¹ respectivamente; algunos criollos mejorados y el criollo regional que actualmente está utilizando el agricultor igualaron o superaron el rendimiento de grano de los híbridos comerciales. En el Cuadro 1 se muestra el efecto de los genotipos de maíz evaluados en las tres localidades; en Ahuacatitlán se obtuvieron los rendimientos de grano más bajos, fluctuando éstos de 2.47 a 4.96 t ha⁻¹, el híbrido H-562 presentó el rendimiento más alto siendo similar estadísticamente a las variedades V-237 AN y al criollo regional, así como a los híbridos H-516 y H-565; en la localidad de Olinalá se observaron resultados similares, siendo los más sobresalientes el criollo regional y la variedad de polinización libre V-237 AZ con rendimientos de 5.10 y 5.06 t ha⁻¹, respectivamente; solo tres variedades criollas mejoradas se ubicaron fuera del primer grupo de significancia. Los resultados obtenidos en la localidad de Zitlala mostraron los

más altos rendimiento de grano; las variedades criollas mejoradas, V-234 y la V-235 tuvieron rendimientos de 7.68 y 7.18 t ha⁻¹, respectivamente. Los resultados obtenidos de estos trabajo indican que los híbridos de maíz en el área subtropical de la montaña baja de Guerrero, tienen un buen comportamiento, tanto los híbridos como el criollo regional y las variedades nativas mejoradas; por lo tanto, habría que promover el uso más intensivo de los maíces nativos regionales y mejorados, porque tienen mejor calidad de grano y un costo de semilla más bajo; sin embargo, si algún productor tiene preferencia por los híbridos por su mejor aspecto de planta, puede recurrir a la siembra de, H-562, H-565, que mostraron consistencia de su buen comportamiento en las tres localidades. Considerando el promedio de las tres localidades sobresalieron, V-235, que tiene germoplasma de la raza Pepitilla, V-237AN criollo mejorado de la raza ancho, el criollo del productor de la raza pepitilla y prácticamente todos los híbridos a excepción del H-563.

Cuadro 1. Rendimiento medio (t ha⁻¹) de variedades mejoradas e híbridos de maíz en el Sub trópico bajo de Guerrero. P.V. 2020

| Genotipo | Localidades | | | Promedio |
|------------------|--------------|---------|---------|----------|
| | Ahuacatitlán | Olinalá | Zitlala | |
| H-562 | 4.96 | 4.03 | 5.26 | 4.75 |
| V-237 AN | 4.52 | 5.06 | 5.03 | 4.87 |
| H-516 | 4.11 | 4.00 | | 4.05 |
| Criollo Regional | 4.06 | 5.10 | 5.03 | 4.73 |
| H-565 | 3.85 | 4.80 | 6.25 | 4.96 |
| H-568 | 3.74 | 4.16 | 6.68 | 4.86 |
| V-236 P | 3.56 | 3.60 | | 3.58 |
| HV-240 | 3.46 | 4.63 | 5.61 | 4.56 |
| V-235 | 3.46 | 4.63 | 7.18 | 5.09 |
| H-563 | 3.25 | | 4.73 | 3.99 |
| V-239 AZ | 3.01 | 3.70 | | 3.35 |
| V-234 | 2.47 | 3.80 | 7.68 | 4.65 |
| DMS | 1.17 | 1.14 | 2.62 | |
| CV (%) | 14.39 | 15.34 | 2.33 | |
| Media | 3.70 | 4.43 | 6.05 | |

DMS= Diferencia mínima significativa, CV= Coeficiente de variación; *valores superiores se ubican en el primer grupo de significancia

CONCLUSIONES

- Sobresalieron los criollos regionales y mejorados, V-237AN, V-235 y los híbridos H-562, H-565 y H-568.
- En general, los híbridos no superaron significativamente al criollo del productor ni a algunos criollos mejorados.
- Habría que definir en una evaluación ambiental masiva, que maíces, ya sea híbridos o criollos, se recomendarían en la Montaña baja de Guerrero.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A los productores cooperantes en las diferentes localidades y al financiamiento del Proyecto fiscal Selección y registro de maíces tolerantes a factores bióticos y abióticos en el trópico y sub trópico bajo de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gómez-Montiel, N. O., B. de J. Coutiño-Estrada, A Trujillo-Campos (2010) Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, Segunda etapa 2008-2009. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Informe final SNIB-CONABIO proyecto N° FZ016 México D. F. 21 p.

Matsuoka Y., Y. Vigouroux, M. M. Goodman, J Sánchez G., E. Buckler, J. Doebley. (2002) A single domestication for maize show by multi locus micro satellite genotyping. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 99: 6080-6084.

SAS Institute (2008) (SAS/STAT) 2008. Ver. 9.2 SAS Institute Inc. Cary. USA 429p.

Sección:
Recursos genéticos y mejoramiento
Presentación oral

“PLÉYADES”, VARIEDAD DE AJO BLANCO TIPO PERLA”

Luis Martín Macías Valdez* y Luis Humberto Maciel Pérez. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo Experimental Pabellón. macias.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Allium sativum* L., rendimiento, mejoramiento.

Introducción

Una de las principales limitantes de los productores de ajo es la falta de variedades adaptadas a cierta área geográfica, esto los ha obligado a usar semilla proveniente de sus propias parcelas de producción, de la cual utilizan bulbos de bajo calibre como semilla, provocando la disminución progresiva del potencial genético del cultivo, a este proceso se le conoce como “selección negativa” (Reveles *et al.*, 2011; Burba, *et al.*, 2005). Por lo anterior, es necesario, a través de trabajos de investigación generar variedades de ajo que tengan como características principales altos rendimientos y buena calidad de bulbo, esta última dada por bulbos con bajo número de dientes, además, buen tamaño de bulbo y sanidad de las plantas (Heredia y Heredia, 2000) El bulbo de ajo (*Allium sativum* L.) está formado por pequeños bulbillos o segmentos llamados dientes. Debido a que el ajo es propagado exclusivamente de forma vegetativa, el método de mejoramiento por selección clonal es el más importante para obtener variedades mejoradas al aplicarlo en los tipos específicamente explotados en cada región productora (Agrawal *et al.*, 2003). El objetivo de este trabajo es dar a conocer la variedad de ajo Pléyades generada a través de un programa de mejoramiento genético por selección individual, y por sus características agronómicas sobresalientes pueda ser utilizado por los agricultores de la región.

Materiales y Métodos

El trabajo para obtener la variedad de ajo Pléyades fue a través de un proceso de mejoramiento genético por selección individual que se realizó en el Campo Experimental Pabellón (CEPAB), que pertenece al Centro de Investigación Regional (CIR) Norte Centro, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); cuya localización geográfica es 102° 17' 43" de longitud Oeste, 21° 09' 54" de latitud Norte y a una altitud de 1912 metros sobre el nivel medio del mar. La variedad de ajo Pléyades es del tipo Perla, cuyas características principales son producir bulbos de color blanco aperlado, ser de cuello blando ya que no emite vástago floral. Se derivó del clon C-3-1/25, cabe aclarar que el programa de mejoramiento genético está trabajando y evaluando una serie de clones de diferentes tipos los cuales tienen características específicas cada uno de ellos. Pléyades, es un material genético que posee alto rendimiento y calidad de bulbo. Tiene un ciclo vegetativo de aproximadamente 210 días de siembra a madurez fisiológica, posee de 14 a 16 dientes por bulbo cubiertos por 6 a 7 túnicas, lo cual hace que sea muy atractivo para el mercado de exportación. Se adapta bien a las condiciones agroclimáticas de riego de la zona productora de ajo del estado de Aguascalientes y áreas colindantes de Zacatecas.

Resultados y Discusión

Durante 20 años de generación y evaluación de este clon, se observó un comportamiento constante en su rendimiento y calidad a través del tiempo. La variedad Pléyades se validó en el Rancho Vista Hermosa del Ejido San Luis de Letras, municipio de Pabellón de Arteaga, Aguascalientes, dentro del Distrito de Riego 001 Pabellón, durante el ciclo otoño-invierno 2020-2021. Esta variedad obtuvo un rendimiento de 17.1 t/ha, comparado con las variedades liberadas por el INIFAP; Orión con 16.3 t/ha y San Marqueño 15.3 t/ha. Con el uso de esta variedad, los productores de la región, podrán incrementar el rendimiento por hectárea hasta en un 30% comparado con el promedio estatal que es de 12.5 t/ha actualmente.

El rendimiento esperado, puede variar dependiendo de las condiciones climáticas y de manejo del cultivo (riego, nutrición, control de los organismos dañinos, entre otros). Por sus características, esta variedad de ajo reúne las características que demanda el mercado de exportación.

Se establece en el ciclo de cultivo otoño-invierno, y la fecha óptima para su siembra es del 1º al 31 de octubre, es necesario realizar la desinfección de la semilla con productos químicos que contengan fungicidas, insecticidas-acaricidas y nematocidas. Su producción es bajo condiciones de riego por goteo, con un promedio de 120 a 150 horas de riego, de acuerdo a la presencia de lluvias de invierno, siendo su máxima demanda a partir del 15 de febrero y hasta antes de la cosecha. los tratamientos de fertilización son: 50-50-50 como fertilización base a la siembra y 300-70-100 a través del agua de riego. Se recomienda sembrar en terrenos libres de enfermedades, la plaga principal que se presenta son los trips al final del ciclo de cultivo. La densidad de población óptima es de 247 000 pl/ha, que se obtiene al separar los surcos a 81 cm y las plantas a 10 cm, con doble hilera por surco espaciadas a 20 cm. Se recomienda que, en cada ciclo de cultivo, el productor tenga su propio lote de producción de semilla, que debe tener un manejo más cuidadoso que el lote de producción comercial, por la importancia que este tiene para la conservación de las características fenotípicas de la variedad y su pureza. Además, se debe tener especial cuidado al seleccionar los bulbos y dientes, ya que estos influyen directamente sobre el rendimiento y calidad en la cosecha, se deben escoger los bulbos de buen tamaño, mejor formados y sanos, luego se deben colocar en cajas de plástico o de madera y almacenar en un lugar sombreado, fresco y ventilado.

Conclusiones

Con el uso de esta variedad, los productores de la región, podrán incrementar el rendimiento por hectárea de 30 a 40% aproximadamente y pasar de 12 t/ha que se obtienen actualmente a 16 o 17 t/ha. El rendimiento esperado, puede variar dependiendo de las condiciones climáticas y de manejo del cultivo (riego, nutrición, control de los organismos dañinos, entre otros). Por sus características, esta variedad de ajo reúne las características que demanda el mercado de exportación.

Agradecimientos

Al Consejo de Productores de Ajo del Estado de Aguascalientes, A.C. y al Sistema Producto Ajo de Aguascalientes, A.C., así como a la Fundación Produce Aguascalientes A.C.

Fuente Financiadora

Consejo de Productores de Ajo del Estado de Aguascalientes, A.C.
Fundación Produce Aguascalientes, A.C.

Referencias Bibliográficas

- Agrawal, M. K., M.S. Fageria and R. S. Dhaka. 2003. Garlic breeding – a review. *Agric Rev.* 24(1): 70-74,2003.
- Burba, J.L., Portela A. and Lanzavechia S. 2005. Argentine garlic I: A wide offer of clonal cultivars. *Acta Hort. (ISHS)* 688. P. 291-296.
- Heredia Z., A. y E. Heredia G. 2000. Mejoramiento genético de ajo en el INIFAP. *In.* El ajo en México, origen, mejoramiento genético, tecnología de producción. Libro técnico Núm 3. SAGAR-INIFAP-CIR Centro. P. 30.
- Revels-Hernández, M., R. Velásquez-Valle, M. D. Alvarado N. y S. Rubio-Díaz. 2011. "CEZAC 06": Nueva variedad de ajo tipo jaspeado para la región norte centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* Vol. 2, Núm. 4. Pp. 601-606.

Sección: e) Recursos genéticos y mejoramiento

EVALUACIÓN AGRONÓMICA Y RENDIMIENTO DE GRANO EN GENOTIPOS DE CEBADA IMBERBE

Miguel González González*¹, María Florencia Rodríguez García¹, Alma Velia Ayala Garay, Salomón Solano Hernández²

¹CE Valle de México CIRCE-INIFAP; ²CE Bajío CIRCE-INIFAP

gonzalez.miguel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Líneas, productividad, temporal

INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebada en México por su rusticidad y ciclo de cultivo corto, ha sido una alternativa para los productores de México. Del total de la producción nacional obtenida, alrededor del 80% se destina para la elaboración de malta y producción de cerveza; sin embargo, la limitante principal para su comercialización para este sector es la calidad del grano, la cual es afectada por diversos factores tanto bióticos como abióticos. El aprovechamiento de la producción de este importante cereal en otros sectores en México es limitado, una opción viable es destinarla para su aprovechamiento como forraje en el sector ganadero del país ya que, además de las características mencionadas, posee un alto contenido energético y puede obtenerse forraje de calidad en menor tiempo comparado con otros cultivos. De acuerdo con el SIAP (2021) el potencial de rendimiento promedio es de 24.88 ton ha⁻¹; rendimientos superiores han sido reportados en genotipos imberbes (González *et al.*, 2020); mientras que el rendimiento de grano es de alrededor de 2000 kg ha⁻¹ (González *et al.*, 2019). Para lograr impactar en este sector, es necesario generar variedades adecuadas para las diferentes regiones productoras del país, con altos rendimientos tanto de forraje como de grano y con la calidad demandada por los productores. Con base en lo anterior, se planteó el objetivo de evaluar el comportamiento y potencial de rendimiento de grano en líneas avanzadas de cebada capuchona, generados por el programa de cebada del INIFAP como alternativa viable para los productores cebaderos de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo de temporal primavera-verano de 2019 se evaluaron en el Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX-INIFAP), bajo un diseño bloques al azar, 27 genotipos de cebada capuchona, con cuatro repeticiones. El ensayo fue conformado por 26 líneas de cebada imberbe y como testigo se utilizó la línea denominada Carlota*. La fertilización se realizó con la fórmula 60-40-30 (N-P-K) aplicado al momento de la siembra. La unidad experimental estuvo constituida por 4 surco de 2 metros de longitud y 0.3 m de separación. Las variables medidas fueron días a espigamiento, días a madurez fisiológica, altura de planta, acame, rendimiento de grano y peso hectolítrico. Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SAS v9.3 donde se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos del análisis estadístico, los genotipos evaluados tuvieron el siguiente comportamiento: variación de 47 a 58 días para el espigamiento (Cuadro 1); las líneas LIN12 y LIN13 fueron los genotipos más precoces, mientras que la más tardía fue la LIN19. Con relación a la madurez, esta se presentó en promedio a los 96 días con valores de 89 a 105 días. La LIN19 fue la más tardía estadísticamente, mientras que la línea LIN12 fue la de mayor precocidad. Los valores observados para estas dos variables muestran que los genotipos son de ciclo precoz a intermedio. Con respecto a la variable altura, no se detectaron diferencias estadísticas entre los materiales evaluados, siendo las dimensiones de planta inferiores a 1m de altura. No se observó acame de planta en los genotipos evaluados probablemente por las dimensiones de planta observados, ya que en materiales con mayor porte es común observar esta problemática (González *et al.*, 2016).

El rendimiento de grano mostró valores muy contrastantes y se distribuyó entre los 1725.0 a 4183.4 kg ha⁻¹, la línea LIN8 fue la de mayor rendimiento superando al testigo en 89%. Únicamente las líneas LIN26 y LIN3 tuvieron rendimiento inferior a Carlota*, aunque sus valores fueron similares estadísticamente. Del total de genotipos evaluados, 13 líneas mostraron un rendimiento superior a los 3000 kg ha⁻¹. Este

comportamiento muestra el potencial de rendimiento de grano de los materiales evaluados como producto del mejoramiento genético aplicado ya que esta productividad puede ser comparada con los obtenidos en materiales aristados y contrasta con González *et al.* (2019), quienes reportan rendimientos inferiores a los aquí obtenidos. aunque que estos materiales son de mayor potencial para su producción de forraje verde que las cebadas aristadas (Colín *et al.*, 2007; González *et al.*, 2019), al tener además altos rendimientos de grano, son susceptibles de ser aprovechados para doble propósito: forraje en verde o grano. El peso hectolitrico se distribuyó entre 46.6 y 53.6 kg hL⁻¹, siendo las líneas LIN17, LIN25, LIN4 y LIN7 los genotipos con mayor peso específico del grano. Este parámetro es un carácter que se relaciona con la calidad del grano y no está relacionado con el rendimiento como se aprecia en los resultados obtenidos, aunque es deseable tener genotipos con alto peso hectolítrico además de buen rendimiento como la línea LIN17.

Cuadro 1. Comportamiento agronómico y rendimiento de grano promedio en líneas de cebada capuchona bajo condiciones de temporal.

| GENOTIPO | DE (dds) | DM (dds) | AP (cm) | REND (kg ha ⁻¹) | PH (kg hL ⁻¹) |
|----------|-------------|-------------|------------|--------------------------------|------------------------------|
| LIN8 | 52 bcde | 97 abc | 87 a | 4183.4 a | 46.6 ef |
| LIN22 | 48 fg | 95 bc | 77 a | 3610.4 ab | 49.6 abcdef |
| LIN24 | 51 bcdefg | 94 bc | 92 a | 3591.7 abc | 48.2 bcdef |
| LIN11 | 53 bcd | 99 ab | 85 a | 3539.6 abcd | 50.4 abcdef |
| LIN5 | 51 bcdef | 99 ab | 89 a | 3522.9 abcd | 51.0 abcdef |
| LIN19 | 58 a | 105 a | 77 a | 3452.1 abcd | 51.0 abcdef |
| LIN10 | 52 bcdef | 95 bc | 80 a | 3373.0 bcde | 47.6 cdef |
| LIN17 | 52 bcde | 97 abc | 85 a | 3329.2 bcdef | 53.6 a |
| LIN1 | 55 ab | 98 abc | 82 a | 3264.6 bcdefg | 51.4 abcde |
| LIN16 | 51 bcdefg | 92 bc | 86 a | 3235.5 bcdefg | 48.6 abcdef |
| LIN13 | 47 g | 91 bc | 82 a | 3206.3 bcdefgh | 45.8 f |
| LIN2 | 52 bcdef | 96 abc | 75 a | 3156.3 bcdefghi | 47.0 def |
| LIN14 | 52 bcde | 93 bc | 82 a | 3139.6 bcdefghi | 50.2 abcdef |
| LIN12 | 47 g | 89 c | 76 a | 2939.6 bcdefghij | 46.6 ef |
| LIN20 | 50 defg | 95 bc | 74 a | 2852.1 cdefghij | 48.4 abcdef |
| LIN23 | 48 efg | 93 bc | 83 a | 2822.9 defghij | 49.4 abcdef |
| LIN18 | 51 bcdef | 95 bc | 79 a | 2814.6 defghij | 51.2 abcde |
| LIN4 | 54 abc | 98 abc | 86 a | 2643.8 efg hij | 52.4 abc |
| LIN25 | 50 cdefg | 93 bc | 76 a | 2589.6 fghij | 53.2 ab |
| LIN9 | 52 bcde | 96 abc | 82 a | 2558.4 ghijk | 47.0 def |
| LIN7 | 51 bcdefg | 99 ab | 86 a | 2483.4 hijk | 52.2 abcd |
| LIN6 | 52 bcdef | 99 ab | 83 a | 2423.0 ijkl | 51.0 abcdef |
| LIN21 | 51 bcdefg | 96 abc | 75 a | 2362.5 jkl | 48.2 bcdef |
| LIN15 | 51 bcdef | 96 abc | 91 a | 2331.3 jkl | 47.4 cdef |
| CARLOTA* | 51 bcdef | 99 ab | 85 a | 2208.4 kl | 48.6 abcdef |
| LIN26 | 53 bcd | 98 abc | 80 a | 1820.9 kl | 52.4 abc |
| LIN3 | 50 cdefg | 94 bc | 80 a | 1725.0 l | 48.4 abcdef |
| CV | 1.95 | 2.36 | 6.57 | 6.23 | 2.59 |
| DMSH | 4.10 | 7.54 | 22.12 | 751.86 | 5.28 |
| Media | 51.04 | 95.61 | 81.78 | 2932.60 | 49.53 |

DE: Días a espigamiento; DM: Días a madurez; AP: Altura de planta; PH: Peso hectolítrico; REND: Rendimiento de grano. Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

Las líneas de cebada imberbe evaluadas, fueron de ciclo de precoz a intermedio. Las mejores 13 líneas superaron en al menos 40 % el rendimiento de grano del testigo, haciéndolas ideales para su aprovechamiento en la producción de grano. Las cinco líneas con mayor rendimiento fueron: LIN8, LIN22, LIN24, LIN11 y LIN5. Se observaron valores de peso hectolítrico bajos; las líneas LIN17, LIN25, LIN4 y LIN7 fueron las de mayor peso específico del grano.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Los resultados son parte del proyecto “Mejoramiento genético de cebada para obtener líneas forrajeras de alta productividad y tolerantes a enfermedades”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Colín RM, Zamora VVM, Lozano RAJ, Martínez ZG y Torres TMA. Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Técnica Pecuaria en México* 2007; 45(3):249-262.
2. González GM, Rodríguez GMF y Solano HS. Productividad de líneas experimentales de cebada imberbe. *In: Memoria del VII Congreso Internacional y XXI Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas*, del 23 al 26 de abril de 2019. Chapingo, Estado de México, México. 200-201 pp.
3. González GM, Rodríguez GMF, Solano HS y Delfín RJ. Comportamiento agronómico y potencial productivo en líneas de cebada forrajera. *In: Memoria del VIII Congreso Internacional y XXII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas*, del 6 al 9 de abril de 2020. Chapingo, Estado de México, México. 232-233 pp.
4. González GM, Zamora DM y Solano HS. Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 2016; 7(1):159-171.
5. SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consulta: 15 julio 2021.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE LA ESPECIE *Gossypium hirsutum* EN EL ESTADO DE OAXACA

Manuel Flores Zárate¹, Claudia Pérez Mendoza^{2*}, Romualdo Vásquez Ortiz³, Ma. del Rosario Tovar Gómez²

¹INIFAP-CIR-Pacífico Sur-Campo Experimental Iguala, Guerrero. Hasta Diciembre, 2013; ²INIFAP-CIR-Centro-Campo Experimental Valle de México, Estado de México; ³INIFAP-CIR-Pacífico Sur-Campo Experimental Iguala

perez.claudia@inifap.gob.mx

PALABRAS CLAVE: Conservación *in situ*, Algodón, Fibra, Usos.

INTRODUCCIÓN

En México, el conocimiento del algodón data de siglos antes de la llegada de los europeos a América. Rodríguez (1976) menciona que durante los primeros viajes de los españoles a México encontraron que los nativos utilizaban la fibra de algodón para hacer telas y otros productos ornamentales y utilitarios. En ese contexto, Smith y Stephens (1971) mencionan que, en excavaciones arqueológicas realizadas en Coxcatlán, Puebla, encontraron fragmentos de tela y cápsulas de algodón que datan de 5500 años A.C., mientras que, en las cuevas ubicadas en el municipio de Mitla, Oaxaca, se descubrieron restos de algodón con antigüedad de 700 a 1300 años A.C.

El conocimiento, evaluación y preservación de la variabilidad genética de las especies son actividades estratégicas que deben ser incluidas en los planes de desarrollo agrícola de cualquier país, ya que representan un recurso natural de riesgo continuo (Ulloa *et al.*, 2006; Pérez *et al.*, 2011). En los casos de las especies de las cuales México es centro de origen, estas actividades requieren especial atención por parte del gobierno e instituciones de investigación ya que los estudios sobre la conservación de los recursos genéticos son limitados, especialmente en el género *Gossypium*. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue documentar el conocimiento campesino sobre la percepción del uso y manejo de la especie semidomesticada de algodón (*Gossypium hirsutum*), por los habitantes del estado de Oaxaca.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó de enero a septiembre del año 2013 en distintas áreas ecológicas del Estado de Oaxaca. El tamaño de la muestra fue calculado tomando como universo el número de colectas realizadas en el Estado de Oaxaca por la USDA y reportadas por Norris (2002) y sumando las reportadas por la Red Algodón desde el año 2009. La metodología utilizada para el cálculo de la muestra fue con base a la fórmula propuesta por Rendón y González (1999).

$$n = N K^2 / (N-1) \delta^2 + K^2$$

Dónde:

δ = precisión relativa con respecto a la desviación estándar poblacional, cuyo valor está entre 0 y 1; K = valor de tablas de z o t, cuando la distribución del estimador es normal o aproximadamente normal.

De esa manera, se obtuvo el tamaño de muestra para el estudio etnobotánico que fue de 36 encuestas en total.

Para obtener la información se aplicó una entrevista semi-estructurada que buscó conocer el uso, nombre vulgar e historia de los algodones encontrados, registrar el uso local conocido de las plantas, tomar las coordenadas geográficas de cada localidad de colecta, unidad de producción o caserío, entre otras.

Las entrevistas se caracterizaron por: 1) ser una conversación con un propósito definido, acompañada de explicaciones etnográficas y 2) por el uso de preguntas descriptivas, estructuradas y de contraste, con repetición, estimulando la ampliación de la explicación. Al momento de realizar la entrevista, se tomaron notas adicionales, fotografías y observaciones que complementaron cada entrevista, de acuerdo a lo recomendado por Alexanides (1996).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los estudios etnobotánicos sobre los conocimientos del algodón en el estado de Oaxaca mostraron que el 32.1% de los entrevistados ha convivido con esta especie por más de cinco años, y otros han heredado a sus descendientes el cuidado de estas plantas. Los encuestados mencionaron que conservan las plantas de algodón principalmente porque utilizan la fibra o les gusta la planta (Figura 1).

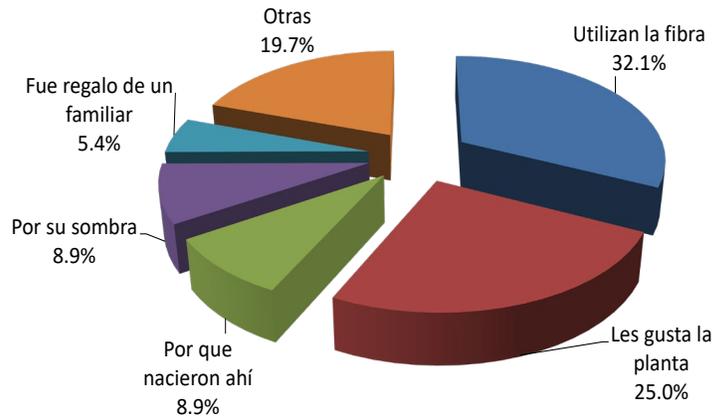


Figura 1. Principales razones por las que los encuestados conservan plantas de algodón.

Por otra parte, el algodón es considerado útil por el 91.1% de las personas entrevistadas, las cuales mencionaron seis usos diferentes de la planta, como para su fibra, destacando los siguientes: ornato, material de curación, material de relleno, sombra, textil y medicinal. Los menos frecuentes fueron su uso cosmético, para elaborar pabilos de lámparas de aceite, alimenticio, sustrato para germinar semillas, cerco vivo, curar de "espanto", jarciería y material acojinado para imágenes religiosas. Es importante mencionar, que el uso del algodón sólo se registró en la región de la Costa y Mixteca Baja.

Es sustancial recalcar que la mayoría de las personas entrevistadas pertenecen a las etnias de los Amuzgos, Mixtecos, Chatinos y Zapotecos. Estas etnias conservan en sus predios plantas de algodón de fibra blanca, fibra café (*coyuche*) o ambas (Figura 2). En el 16.1% de las entrevistas no fue determinado (ND) el color de la fibra, esto es debido principalmente a que era el primer año de vida de las plantas (Figura 3). Se observó que las plantas de algodón que conservan los agricultores en forma *in situ* presentan diferencias en la forma de la hoja y en la presencia de manchas purpuras en las flores. Las personas entrevistadas mencionaron que no les proporcionan muchos cuidados a sus plantas de algodón, reduciéndose prácticamente a la aplicación de riegos y podas de formación.

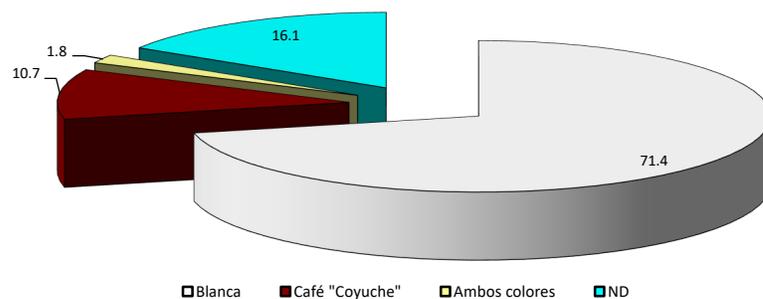


Figura 2. Porcentaje del color de fibra de las plantas en los predios de los productores de algodón en el Estado de Oaxaca.

Finalmente es primordial comentar, que las instancias del gobierno encargadas de salvaguardar los recursos genéticos del país deben establecer mecanismos para conservar el algodón nativo por el valor social que tiene para las personas tal es el caso, de las comunidades indígenas del Estado de Oaxaca.

El algodón al ser una planta originaria de México que se ha utilizado por siglos, encierra muchos conocimientos y prácticas para su uso y aprovechamiento, pero también está presente, junto con la planta, parte de la historia de los pueblos que aprendieron a utilizarla y que al tejer sus textiles (huipiles, morrales y otras prendas), representan tanto su historia personal y su cultura que los identifica por sus modos de vestir que tiene gran relevancia en cada una de las regiones de estudio (Pérez *et al.*, 2012).

CONCLUSIONES

Los entrevistados mencionaron que han convivido con la planta de algodón por más de cinco años y han heredado a sus descendientes el cuidado de estas plantas. Los principales usos encontrados por este estudio son: ornato, material de curación, material de relleno, sombra, textil y medicinal. Las instancias del gobierno encargadas de salvaguardar los recursos genéticos del país deben establecer mecanismos para conservar el algodón nativo de México por el valor social que tiene para las personas en las comunidades indígenas de Oaxaca.

LITERATURA CITADA

1. Alexanides, M. 1996. Selected guidelines for ethnobotanical research: A Field Manual Advances in Economic Botany Vol. 10.
2. Norris, RA, ed. 2002. Plant Inventory No. 211. Plant Materials Introduced January 1 to December 31, 2002, Nos. 628614 to 632416. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
3. Pérez M. C., M.R Tovar G., M.V. Avilés Q., M. Tovar G., J. Guzmán M. 2012. *Kuimuxa*: algodón nativo de México. Publicación especial Núm. 2. Centro Nacional de Recursos Genéticos. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. 80 p.
4. Pérez, M.C., M.R. Tovar G., Q. Obispo G. 2011. Conservación y aprovechamiento de los recursos fitogenéticos del algodón en México. Desplegable Informativa Núm. 2. Campo Experimental Iguala. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. 6 p.
5. Rendón, S.G. y J.V. González. 1999. Calculo Simplificado de Tamaños de Muestra y Valores Tabulados. Serie Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática. Vol. 3, Núm. 2. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, México.
6. Rodríguez, V.J. 1976. *Ixtlatl*. El algodón mexicano. Fondo de Cultura Económica.
7. Smith, C.E., S.G. Stephens. 1971. Critical identification of mexican archeological remains. *Economics Botany* 25 (2): 160-168.
8. Ulloa, M., J. McD. Stewart, E. A. García C., S. Godoy A., A. Gaytán M. and S. Acosta N. 2006. Cotton genetic resources in the western states of México: *in situ* conservation status and germplasm collection for *ex situ* preservation. *Genetic Resources and Crop Evolution* 53: 653-668.

PRODUCCIÓN DE PEPITA DE ACCESIONES NATIVAS DE CALABAZA EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Israel Rojas Martínez^{1*}, Rogelio Fernández Sosa¹.

¹SE Tlaxcala CIRCE-INIFAP

rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ambiente, rendimiento, fruto, semilla.

INTRODUCCIÓN

La calabaza para la producción de pepita es un cultivo milenario desarrollado en la evolución con la asociación en el maíz, debido a su aprovechamiento de guías, flores, frutos y semillas en la alimentación de la población (Ayvar *et al*, 2007), así como el cultivo actúa como un bioseguro para mitigar riesgos climáticos. Actualmente por el precio de venta de la semilla se ha incrementado el interés de los productores en sembrar mayor superficie de la calabaza en el sistema monocultivo. En México los estados con mayor superficie sembrada de calabaza son Zacatecas, Campeche y Guerrero (Rodríguez, 2009) con 43,720 hectáreas que representan el 67.9% de la superficie nacional sembrada con un rendimiento promedio de 0.65 t ha⁻¹. Superando a la producción nacional de 0.61 t ha⁻¹. En el estado de Tlaxcala se siembra una superficie de 1,525 ha con un rendimiento promedio de 1.07 t ha⁻¹, inferior al producido en Jalisco y Morelos con 1.21 t ha⁻¹ y superior a la media nacional con 0.65 t ha⁻¹ (SIAP, 2016). No obstante, a la antigüedad de su siembra, existe insuficiente información tecnológica para la producción de pepita en el sistema de unicultivo e incluso las siembras son con variedades nativas las cuales se tienen que identificar morfológica y agrónomicamente para adecuarlas para un manejo agronómico apropiado que permita mayores rendimientos, calidad y por ende una rentabilidad financiera en la producción de pepita. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es identificar accesiones nativas con mayor producción de pepita de calabaza en el estado de Tlaxcala.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la colecta de 52 accesiones en localidades representativas, donde se estableció un ensayo en el ciclo agrícola PV 2019 en condiciones de temporal en terrenos de productores colaboradores en las localidades de Santa María Las Cuevas municipio de Alzayanca y Espíritu Santo municipio de Ixtacuixtla ubicadas en las regiones del oriente y poniente de la Entidad, respectivamente. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones. La parcela experimental en Espíritu Santo fue 1 surcos de 18 m de longitud con separación de 4 m de ancho, depositando dos semillas por mata espaciada a 1.5 m, lo que equivale a 12 matas (1,667 plantas/ha); en Santa María Las Cuevas la parcela experimental fue de dos surcos de 9 m de largo con separación de 0.8 de ancho con separación entre matas de 1.5 m dando un total de 11 matas (8, 375 plantas/ha), lo anterior, debido al sistema de siembra convencional de cada región. La parcela útil cosechada fue de 5 matas. El manejo agronómico del cultivo fue considerando el manejo convencional de los productores. Las variables registradas fueron rendimiento de fruto (RF), rendimiento de pepita (RP), peso de cien semillas (PCS) y peso volumétrico (PV). Con las variables registradas se realizó un análisis de varianza combinado y la comparación de medias (Tukey 0.05) utilizando el programa SAS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA combinado presentó para todas las variables significancia estadística ($P < 0.01$) en los factores localidad (LOC) y colecta (COL) y así como para la interacción LOC x COL. El Coeficiente de Variación (CV) osciló de 8.4 hasta 40.2% debido a la variabilidad entre frutos y su contenido de pepita. Con respecto al rendimiento de pepita (RP) se tuvo un promedio de 1,061 kg/ha y un rendimiento de fruto (RF) de 37.4 ton/ha. El peso promedio de cien semillas (PCS) fue de 24.1 g, asociando al tamaño intermedio de semilla. El peso promedio volumétrico (PV) fue de 311.0 g/L. La comparación de medias (Tukey, 0.05) de las variables se presentan en el Cuadro 1 donde se reafirma la significancia en todas las variables. La mejor respuesta promedio en las variables evaluadas se tuvo en Espíritu Santo, debido a que es un ambiente más favorable para el cultivo porque tiene mayor temperatura, precipitación y una textura migajón arcilloso, comparativamente con Santa María Las Cuevas que tiene suelos con textura arenosa, la cual propicia un mayor estrés hídrico de la planta. En la Figura 1 se presenta el contraste de temperaturas medias entre 14.5 y 15.2°C donde se ubica Espíritu Santo, mientras que en el rango de 13.7 a 14.5 °C se localiza Santa María Las Cuevas, teniendo entre ambas localidades un diferencial de 1°C.

Cuadro 1. Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables registradas en dos localidades de Tlaxcala.

| LOCALIDAD | RP | RF | PCS | PV |
|----------------------------|----------|---------|---------|---------|
| Espíritu Santo | 1225.6 a | 43.79 a | 26.85 a | 338.5 a |
| Sta. Ma. Las Cuevas | 896.3 b | 31.0 b | 21.42 b | 283.5 b |
| DSH | 98.4 | 3.39 | 0.712 | 5.92 |

Variables con la misma letra no presentan diferencia estadística. RENS= rendimiento promedio de semilla en kg/ha, RENF= Rendimiento promedio de frutos en ton/ha., PCS= Peso de cien semillas en g, PV= Peso promedio volumétrico en g/L.

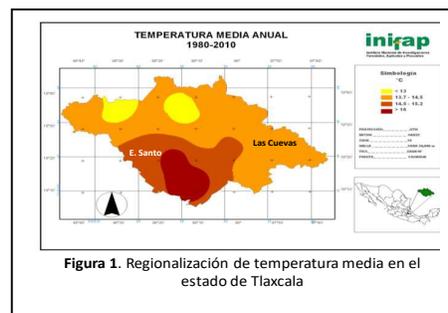


Figura 1. Regionalización de temperatura media en el estado de Tlaxcala

Las colectas 2, 26 y 34 son de Santa Cruz el Porvenir y San Antonio Atotonilco municipio de Ixtacuixtla y San Francisco Tetlanohcan municipio de Tetlanohcan, respectivamente, presentaron en ambas localidades un rendimiento promedio de pepita superior a los 1,700 kg/ha superado al rendimiento promedio de la Entidad en 58.9% que equivale a 630 kg/ha. La comparación de medias de las 52 colectas agrupo por localidad a 5 colectas sobresalientes por la variable RP donde las colectas 32 y 34 sobresalieron por rendimiento de pepita en ambas localidades, sin embargo, en Espíritu Santo se observan los mayores rendimientos con la colecta 2 que logro una producción de pepita de 3,396 kg/ha como se observa en el Cuadro 2, en tanto que en Santa María Las Cuevas la colecta con mayor rendimiento fue la 26 con 2,033 kg/ha como se aprecia en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Comparación de medias del ensayo de calabaza en E. Santo, Ixtacuixtla

| Colecta | RP | RF | PCS | PV |
|------------|-------------|-------------|----------|-------------|
| 2 | 3.395 a | 104.13 ab | 18 abc | 316 bcdef |
| 14 | 2.777 ab | 84.29 bcd | 16.8 abc | 385.3 ab |
| 43 | 2.500 abc | 90.25 abc | 23.6 ab | 341.3 bcdef |
| 23 | 2.120 abcd | 74.01 bcdef | 19.3 abc | 318.7 bcdef |
| 22 | 2.038 abcde | 78.86 bcde | 21.7 abc | 326.7 bcdef |
| DSH | 1.8 | 63.7 | 11.3 | 76.5 |

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.05) del ensayo de calabaza en Santa María Las Cuevas, Altzayanca.

| COLECTA | RP | RF | PCS | PV |
|---------|----|----|-----|----|
|---------|----|----|-----|----|

| | | | | |
|------------|--------------|----------------|-------------|----------------|
| 26 | 2033.3 a | 75.19 a | 25.07 abc | 322.67 abcd |
| 37 | 1752.1 ab | 57.063 abc | 23.8 abc | 316 abcde |
| 34 | 1629.9 abc | 63.11 ab | 25.1 abc | 301.33 abcdefg |
| 27 | 1607.6 abcd | 52.52 abcde | 24.85 abc | 328 abc |
| 48 | 1454.2 abcde | 42.38 bcdefghi | 22.99 abc | 288 abcdefg |
| DSH | 988.2 | 32.8 | 11.5 | 3.2 |

En la Figura 2 se ilustra el rendimiento de pepita comparativamente de las 10 colectas sobresalientes entre localidades donde la mayor respuesta de las colectas fue en Espíritu Santo con un rango de rendimiento de 1,727 a 3,396 kg/ha asociadas a las colectas 49 y 2 respectivamente.

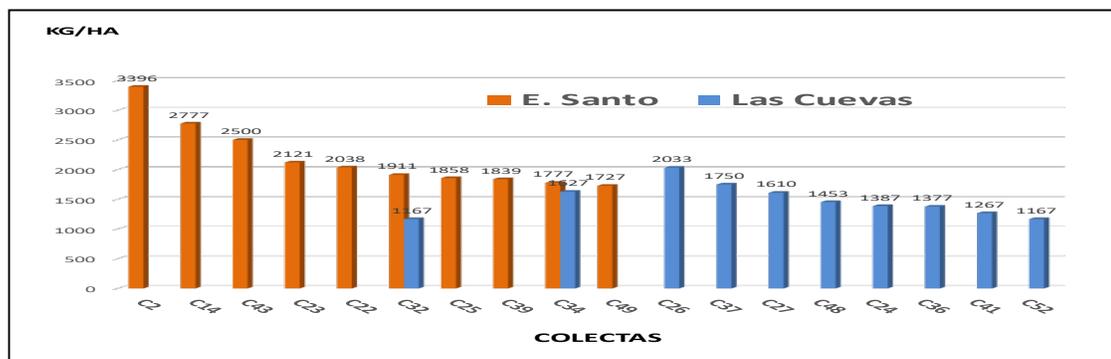


Figura 2. Rendimiento promedio de pepita por colecta sobresaliente y localidad

CONCLUSIONES

El mejor comportamiento de las colectas evaluadas se tuvo en Espíritu Santo, con las colectas 2, 14, 43 que produjeron 3,396, 2,777 y 2,500 kg/ha, que son nativas de Santa Cruz el Porvenir, Santa Inés Tecuexcomac municipio de Ixtacuixtla y Francisco Villa municipio de Huamantla respectivamente, mientras que en Las Cuevas las mejores colectas fueron 26, 37, 34 con un rendimiento de 2033, 1750, 1627 kg/ha de origen en San Antonio Atotonilco municipio de Ixtacuixtla, Santa Isabel Tetlatlahuca y San Francisco Tetlanohcan en ese orden. De las 52 colectas evaluadas sobresalieron en rendimiento de pepita la 32 y 34 en ambas localidades de evaluación y de origen en Santa Inés Tecuexcomac y San Francisco Tetlanohcan, respectivamente, lo cual indica que tienen mayor adaptabilidad.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Colección y caracterización de accesiones nativas de calabaza para la producción de pepita en el estado de Tlaxcala"

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayvar S., S.; A. Mena B.; J. A. Duran R.; R. Cruzaley S. y N. O. Gómez M. 2007. La calabaza pipiana y su manejo integrado. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala Guerrero, Méx. 27 pp.
2. Rodríguez, A. R., Montes, H. S., Rangel L. J. A.; Mendoza, E. M. y Latournerie, M. L. 2009. Caracterización morfológica de la calabaza pipiana (*Cucurbita argyrosperma* huber). Agricultura Técnica en México Vol. 35 Núm.4 1 de octubre-31 de diciembre 2009 p. 378-388.
3. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Consultado 18-04-2017 en [http](http://).

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

DIVERSIDAD GENÉTICA BASADA EN RASGOS MORFOLÓGICOS EN ACCESIONES DE RAZAS DE MAÍZ PIGMENTADO

Odilon Gayosso Barragán¹*, Deli Nazmín Tirado González¹, Griselda Chávez Aguilar¹, José Ángel Marroquín Morales², Ulises Aranda Lara³.

¹Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Agricultura Familiar-INIFAP. Ojuelos de Jalisco, Jal., México. ²Campo Experimental Norman E. Borlaug-INIFAP, Cd. Obregón, Sonora, México. ³Campo Experimental Rio Bravo, INIFAP. Rio Bravo, Tamaulipas, México.

gayosso.odilon@inifap.gob.mx

Palabras clave: Diversidad fenotípica, maíz nativo, recursos fitogenéticos.

INTRODUCCIÓN

México es reconocido como centro de origen y domesticación del maíz, por lo que existe gran diversidad de tipos que se han adaptado a condiciones ambientales y socioculturales específicas. Esta diversidad es producto de milenarias prácticas agrícolas vinculadas al conocimiento tradicional de los pueblos indígenas de México, principales herederos, custodios y mejoradores del germoplasma nativo (Turrent *et al.*, 2010). Las numerosas variedades de maíces nativos se utilizan para elaborar además de la tortilla, una enorme cantidad de preparaciones culinarias tradicionales, lo que hace del maíz uno de los elementos fundamentales de la cocina nacional; estos maíces son el sustento de miles de familias rurales mexicanas. Para entender la diversificación genética, se ha estudiado la diferenciación morfológica entre las poblaciones nativas de maíz aplicando el concepto de raza (Anderson y Cutler, 1942), por lo tanto, para lograr una valoración racial acertada, es necesario conocer la variación existente entre las razas, con el propósito de diseñar el aprovechamiento de algunas formas dentro de la diversidad genética regional de la especie; considerando que la conservación de la biodiversidad se ve amenazada por la expansión de los sistemas modernos de producción agrícola (incluidas las variedades mejoradas), la urbanización, el cambio climático, la degradación ambiental, los cambios en las preferencias de los consumidores, los desastres naturales y los conflictos sociales. México ha contribuido significativamente a las colecciones de bancos de germoplasma y actualmente mantiene importantes reservas de agrobiodiversidad *in situ*. El objetivo de este trabajo fue estudiar la diversidad genética de 40 accesiones representativas de ocho razas de maíz, además, evaluar su potencial de rendimiento bajo temporal en una región semiárida del Altiplano Central Mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se caracterizaron 40 accesiones de maíz pertenecientes a 8 razas de México (Arrocillo amarillo, Bofo, Cacahuacintle, Cónico, Cónico Norteño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales y Mushito). La semilla fue obtenida del banco de germoplasma del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). El experimento se estableció en la localidad Santo Domingo, en Ojuelos de Jalisco, Jal. (21°41'10" N y 101°36'37" W, 2248 msnm); la siembra se realizó bajo condiciones de temporal, en surcos separados a 0.80 m y a 0.20 m entre planta y planta, con una densidad de plantación de 60,000 plantas por hectárea, bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con tres repeticiones.

En la etapa final del desarrollo vegetativo, en cinco plantas por genotipos se registraron las variables altura de planta (AP), altura a la mazorca (AMZ) y diámetro de tallo (DT). En floración, se registraron los días a floración femenina (FF) y masculina (FM) después de la siembra, la primera cuando 50% de las plantas de la unidad experimental presentó estigmas expuestos y la segunda cuando 50% de las plantas presentaron emisión de polen, sincronía floral (SF) y la relación AMZ/AP. Para caracteres de la mazorca se midió la longitud (LM), diámetro (DM) y número de hileras (NHM), también se estimó la relación LM/DM. En caracteres de grano, las mazorcas se desgranaron en forma individual y de la parte central se tomó una muestra de 10 granos por mazorca para medir el ancho (AG), longitud (LG), espesor (EG) las tres variables en mm y relación AG/LG, se tomó otra muestra de 100 granos, para medir el peso (P1000S, g).

Se realizó análisis de varianza, componentes principales y análisis de conglomerados utilizando el coeficiente de distancias euclidianas y el método de agrupamiento de la media aritmética no ponderada (UPGMA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del análisis de varianza para los 40 genotipos, muestra diferencias estadísticas significativas para todas las variables evaluadas, evidenciando la diversidad genética presente en las accesiones evaluadas (Hortelano *et al.* 2012).

El análisis de componentes principales, muestra que los primeros cinco componentes explican 81% del total de la variación observada y los dos primeros cerca del 60%. Las variables que presentaron mayores valores absolutos en los coeficientes de los vectores propios de los dos primeros componentes, y que determinan de manera relevante la dispersión racial, así como la formación de grupos fueron: para el componente uno AMZ, AP, DT y DFF y para el componente dos AG, EG, AG/LG y P1000S. La dispersión de las accesiones de acuerdo con los dos primeros componentes principales permite diferenciar tres grupos, Grupo 1: integrado por 50% de las accesiones de la raza Bofo y 16.6% respectivamente para Mushito, Elotes Occidentales y Elotes cónicos. Grupo 2, con presencia de accesiones de diversas razas, sin embargo, predominan accesiones de la raza Cónico. Los genotipos presentes en el grupo 3 pertenecen a las razas Elotes cónicos, Elotes occidentales, Cónico, Arrocillo amarillo, predominando la presencia de accesiones de la raza Cónico norteño.

Para rendimiento de grano, las razas de maíz Elotes occidentales y Cónico norteño presentaron el potencial de rendimiento más alto con 1643 y 1642 kg ha⁻¹ respectivamente (Figura 1). En México, el rendimiento de grano promedio por hectárea en condiciones de temporal es de 2.2 ton; sin embargo, las razas de maíz criollo poseen grandes beneficios alimentarios, ecológicos y ambientales. En este sentido, las y los agricultores son los principales custodios y mejoradores del germoplasma nativo, de variedades adaptadas a diversas regiones agroecológicas. Por la importancia que se merece para la sociedad, la conservación de las variedades de maíz debe ser considerada como estrategia básica para lograr la soberanía y seguridad alimentaria, ya que, de ello depende la subsistencia de millones de mexicanos.

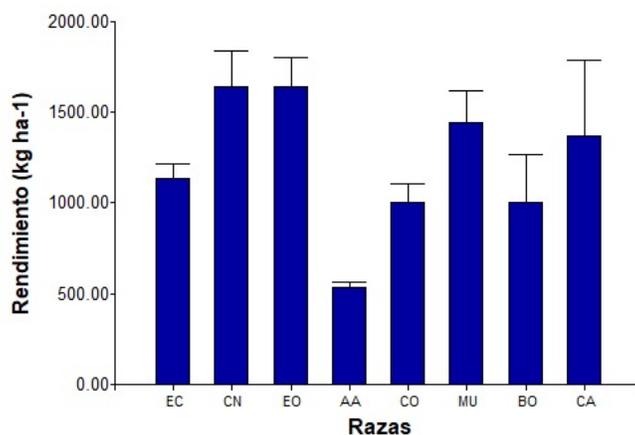


Figura 1. Rendimiento de grano de 8 razas de maíz evaluadas en Ojuelos de Jalisco, Jal. Ciclo primavera-verano 2020. Dónde: EC= Elotes Cónicos, CN= Cónico Norteño, EO= Elotes Occidentales, AA= Arrocillo Amarillo, CO= Cónico, MU= Mushito, BO= Bofo, CA= Cacahuacintle.

CONCLUSIONES

Se observó alta diversidad fenotípica para los caracteres evaluados en las accesiones de 8 razas de maíz, diferenciándose las razas Bofo, Cónico y Cónico norteño, mientras que Elotes cónicos, tiende a agruparse en pequeños conglomerados. Elotes occidentales, Mushito, Cacahuacintle y Arrocillo amarillo, no se definen en ningún grupo, por lo que es recomendable realizar estudios posteriores para estas razas con un mayor número de accesiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Anderson, E., Cutler, H.C. (1942). Races of *Zea mays* L. Their recognition and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 29:69-88.
2. Hortelano, S.R.R., Gil, M.A., Santacruz, V.A., Miranda, C.S., Córdova, T.L. (2008). Diversidad morfológica de maíces nativos del Valle de Puebla. *Agric. Téc. Méx.* 34:189-200.
3. Turrent-Fernández A, J I Cortés-Flores, A Espinosa-Calderón, H Mejía-Andrade, J A Serratos-Hernández. (2010). ¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 1:631-646.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE GRANO Y CALIDAD TORTILLERA EN POBLACIONES DE MAÍZ DE LA SIERRA DE MANANTLÁN, JALISCO

Diana Laura Valdez Reyes², Yolanda Salinas Moreno^{1*}, Edgardo Bautista Ramírez¹, María Margarita Gutiérrez Llanos¹, Mario Antonio Vega Loera ¹

salinas.yolanda@inifap.gob.mx

1 Campo Experimental Centro Altos de Jalisco CIRPAC-INIFAP. 2 Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo

Palabras clave: maíces nativos, tortilla, calidad.

INTRODUCCIÓN

El maíz en forma de tortilla, es uno de los principales componentes de la dieta del pueblo mexicano. El consumo promedio de tortilla en el país es de 12.3 millones de toneladas, 84 Kg per cápita, de las cuales el 64 % se elaboran a través del método tradicional de maíz-masa-tortilla y 36 % a través de la industria harinera (Sierra *et al.*, 2010). Sin embargo, la cantidad de preparaciones culinarias tradicionales a partir de maíz se extiende mucho más allá de la tortilla, lo que hace de este cereal uno de los elementos fundamentales de la cocina nacional.

La calidad del grano de maíz para el procesamiento alcalino está determinada por sus características físicas y su composición química. Esta calidad es importante para los procesadores de grano a nivel industrial, aunque no para las amas de casa de las áreas rurales, quienes seleccionan el maíz de acuerdo a sus preferencias particulares y utilizan cantidades de cal para el proceso de nixtamalización conforme a sus costumbres o gustos (Jiménez *et al.*, 2018). Actualmente existe una revalorización de los maíces nativos por parte de los consumidores, quienes aprecian su origen ancestral y en muchos casos su transformación artesanal, esta corriente puede ser aprovechada para posicionar en el mercado productos provenientes de comunidades que durante siglos han sido custodias de los maíces nativos y que se han encargado de conservarlos, como es el caso de las comunidades de la Sierra de Manantlán. El objetivo del trabajo fue determinar la calidad física del grano y evaluar variables de nixtamalización y elaboración de tortillas a partir de maíces de las razas Reventador (REV), Serrano de Jalisco (SJ) y Elotero de Sinaloa (ES), colectadas en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, Jalisco.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se colectaron seis genotipos de maíz en las comunidades de Ayotitlán y Quiroma, pertenecientes al municipio de Cuautitlán de García Barragán en el estado de Jalisco, con base en su representatividad dentro de la diversidad de maíces del sitio. Dos de las accesiones pertenecen a la raza Reventador (Güino) de grano blanco, dos a Elotero de Sinaloa (Negro) de grano azul morado, y dos de la raza Serrano de Jalisco, también de grano blanco, denominado como "Güino gordo". Se incorporaron dos referencias que fueron: el híbrido H-155 para el bloque de maíces de grano blanco, y una población de la raza Elotes cónicos (EC) para comparar los maíces de la raza Elotero de Sinaloa (ES). El tamaño de muestra fue de 5 kg por accesión, provenientes de la cosecha otoño-invierno 2020.

Las características físicas del grano se determinaron por triplicado en granos de cada una de las accesiones evaluadas conforme a lo descrito en el manual de Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera-tortillera en maíz, de

Salinas y Vázquez, (2006). Estas incluyeron: Humedad de grano (H), peso hectolítrico (PH), dureza expresada como índice de flotación (IF), color, distribución por tamaño de grano, peso de cien granos (PCG), dimensiones del grano, densidad y textura por disección.

Para la nixtamalización y elaboración de tortillas, se determinó el tiempo de nixtamalización (TN) de cada una de las muestras a través del IF, posteriormente se pesaron 100 g de grano con 1 g de óxido de calcio y 200 mL de agua destilada que fueron mezclados en vasos de precipitados de 600 mL y calentados hasta ebullición (92 °C), según el TN calculado. El grano nixtamalizado se reposó por cerca de 16 horas a temperatura ambiente. Los vasos con el grano nixtamalizado se colocaron en una hielera para hacer más lento el enfriado de la muestra. El nixtamal se lavó con agua corriente y se molió en un molino de piedras. La masa se amasó con agua potable y las tortillas se elaboraron a partir de porciones de 20 g en una prensa manual. Se cocieron en una plancha metálica a temperatura promedio de 270°C (Salinas y Vázquez, 2006). Se determinaron los contenidos de humedad de nixtamal (HN), masa (HM) y tortilla (HT), así como los rendimientos maíz:masa y maíz:tortilla. El diseño experimental utilizado para el análisis de datos fue uno completamente al azar con tres repeticiones, para la comparación de medias entre genotipos y entre grupos se utilizó la Prueba de Tukey ($p \geq 0.05$). Los resultados se analizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso hectolítrico (PH) del grano osciló entre 73.70 (H-155) y 83.45 (Güin1) kg/hL en las poblaciones de grano blanco, destacando también una de las poblaciones de la raza SJ (GüinG2); los valores de PH en las muestras Neg1 y Neg2, de la raza ES, fueron parecidos a los observados en las muestras GüinG1 y GüinG2, de la raza SJ. El maíz de la raza EC, utilizado como referencia para las muestras de ES, presentó un PH bajo y parecido al del H-155. El PCG osciló entre 18.16 (Güin1) y 30.72 g (GüinG2) para las poblaciones de maíz blanco, siendo SJ el de mayor valor, mientras que en el caso de los pigmentados los valores van desde 22.63 (Neg2) hasta 33.87 g (Neg1), ambas poblaciones de la raza ES. La dureza de las muestras de maíz, medida a través del método indirecto de índice de flotación, arrojó que el maíz de grano más suave es el H-155 (38 %), seguido de las poblaciones GüinG1 (21 %) y GüinG2 (9 %) pertenecientes a SJ, en tanto que el más duro se encuentra en Güin1 de la raza REV. La dureza del grano expresa las proporciones de los endospermos harinoso y córneo; cuando predomina el endospermo harinoso, el grano se describe como suave, mientras que, si el endospermo córneo es dominante, entonces el grano tiene una textura dura. En cuanto a la proporción de endospermo harinoso y córneo, se observó en los materiales blancos mayor porcentaje de endospermo córneo (21.43-34.11 %), principalmente para las poblaciones de la raza REV, en las que se tuvieron los menores IF. Las accesiones de SJ mostraron mejor balance en las proporciones de los dos tipos de endospermo que las poblaciones de REV. Para los maíces de ES se obtuvieron porcentajes de endospermo harinoso superiores respecto a los granos blancos (~30-80%). La proporción de endospermos fue muy variable entre poblaciones y razas.

El peso de 100 granos es un indicador del tamaño y la densidad del grano, característica importante para los productores de harina, ya que los granos grandes contienen mayor proporción de endospermo que los granos pequeños, de modo que tienen mayor rendimiento de harina (Mauricio *et al.*, 2004), por lo que sobresalen las accesiones de la raza SJ, con los granos más pesados y grandes de las razas evaluadas, siendo también significativo el valor de EC, utilizado como referencia para los maíces negros del experimento. Para el experimento no se cumplió el hecho de que el PCG está proporcionalmente relacionado con el tiempo de cocción, puesto que los materiales de la REV con el menor PCG requirieron el mayor tiempo de cocción, mientras que Neg2 con el mayor PCG fue de los materiales con menor tiempo de cocimiento, esto debido a la dureza de los materiales, así que para el estudio el PCG no se encuentra directamente relacionado con el tamaño y dureza del grano.

Cuadro 1. Variables de caracterización física de grano de maíces nativos de la Sierra de Manantlán, Jalisco

| Accesión | Color de grano | H | PH | IF | D | PCG |
|----------|----------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------|
| Güin1 | Blanco | 10.63 ± 0.23 ^c | 83.45 ± 0.60 ^a | 5 ± 1.00 ^a | 1.28 ± 0.01 ^a | 18.16 ± 0.11 ^f |
| Güin2 | Blanco | 11.03 ± 0.06 ^a | 82.69 ± 0.65 ^{ba} | 6 ± 1.00 ^a | 1.27 ± 0.01 ^{ba} | 18.93 ± 0.07 ^f |
| GüinG1 | Blanco | 10.77 ± 0.06 ^c | 79.94 ± 0.19 ^{bc} | 21 ± 3.05 ^c | 1.26 ± 0.00 ^b | 29.50 ± 0.04 ^{dc} |
| GüinG2 | Blanco | 11.13 ± 0.11 ^a | 80.19 ± 0.72 ^{bac} | 9 ± 3.05 ^c | 1.27 ± 0.00 ^{ba} | 30.72 ± 0.13 ^{bc} |
| H-155 | Blanco | 10.50 ± 0.00 ^d | 73.70 ± 0.09 ^d | 38 ± 1.41 ^d | 1.22 ± 0.00 ^c | 27.40 ± 0.46 ^d |
| Neg1 | Morado | 10.97 ± 0.21 ^c | 78.50 ± 0.19 ^c | 16 ± 1.53 ^c | 1.23 ± 0.00 ^c | 33.87 ± 0.08 ^a |
| Neg2 | Morado | 10.97 ± 0.15 ^c | 80.70 ± 0.19 ^{bac} | 16 ± 4.00 ^c | 1.25 ± 0.00 ^b | 22.63 ± 0.04 ^e |
| EC | Azul-Morado | 11.20 ± 0.00 ^a | 72.70 ± 3.16 ^d | 75 ± 1.00 ^d | 1.17 ± 0.00 ^d | 31.28 ± 0.17 ^{ba} |

H: humedad del grano (%); PH: peso hectolítrico (kg/hL); PCS: peso de cien semillas (g); D: densidad verdadera del grano (g/cm³); IF: índice de flotación (%); EH: Endospermo harinoso (%). Valores con la misma letra, en la misma columna, no son estadísticamente diferentes según Tukey (p ≥ 0.05).

Los valores de las proporciones de las principales estructuras del grano observadas en los maíces analizados coinciden con lo informado por otros autores (Jiménez *et al.*, 2015) por lo que se encuentran dentro de los rangos establecidos. La adecuada magnitud de estas proporciones permite una favorable conversión de maíz en tortilla, así como la expresión de atributos de calidad en la misma. Por ejemplo, aunque el pericarpio no es eliminado totalmente durante la nixtamalización, esta fracción hidrolizada se transforma en gomas que otorgan calidad a la tortilla mediante la retención de agua y desarrollo de una textura adecuada.

La HN al final del reposo debe encontrarse entre 48 y 50 % para realizar la molienda con facilidad y lograr una textura de masa adecuada para elaborar las tortillas. Esta condición sólo se alcanzó en la muestra de EC (Cuadro 2), debido a que el resto de los maíces fueron de elevada dureza. La HM varió entre 56.13 y 59.4 %, con los valores más bajos en la masa de los maíces de color. La HT de todos los maíces fue mayor a 45 %, que permite obtener rendimientos maíz:tortilla por arriba o cercanos a 1.5 (Salinas-Moreno y Aguilar-Modesto, 2010). En cuanto a rendimiento maíz/masa se tiene que fue el bloque de los maíces de grano blanco-cremoso los que presentaron el mayor rendimiento y dentro de este grupo, las poblaciones GüinG1 y GüinG2 de la raza SJ, seguida de las poblaciones de la raza REV, y finalmente el híbrido utilizado como referencia; por otro lado, en el bloque de los maíces con color por antocianinas, el que obtuvo el mayor rendimiento tanto de maíz/masa como de maíz/tortilla fue EC.

Cuadro 2. Humedades de nixtamal, masa y tortilla, así como los rendimientos de masa y tortilla fría, y color de la tortilla de las muestras analizadas y las tortillas incorporadas como referencias en el estudio

| | HN (%) | HM (%) | HT (%) | Rend. maíz/masa | Rend. maíz/tortilla | Color de tortilla | | |
|--------|--------|--------|--------|-----------------|---------------------|-------------------|----------|-------|
| | | | | | | L (%) | Hue (°H) | Croma |
| Güin1 | 44.67 | 57.48 | 46.12 | 1.88 | 1.43 | 72.54 | 85.66 | 27.90 |
| Güin2 | 48.99 | 57.82 | 46.57 | 1.96 | 1.74 | 72.57 | 85.46 | 28.12 |
| GüinG1 | 46.16 | 58.97 | 47.06 | 2.08 | 1.45 | 71.90 | 84.81 | 28.85 |
| GüinG2 | 47.80 | 59.40 | 47.47 | 2.06 | 1.63 | 72.93 | 85.49 | 27.37 |
| H-155 | 47.62 | 58.03 | 47.29 | 1.82 | 1.45 | 69.55 | 87.29 | 25.55 |
| Neg1 | 47.70 | 56.79 | 48.19 | 2.02 | 1.64 | 54.06 | 272.16 | 4.43 |
| Neg2 | 47.13 | 56.63 | 48.39 | 1.97 | 1.69 | 51.72 | 286.45 | 3.92 |
| EC | 54.99 | 56.13 | 48.94 | 2.10 | 1.73 | 37.83 | 356.48 | 4.76 |

HN: Humedad del nixtamal; HM: Humedad de la masa; HT: Humedad de tortilla; L: luminosidad.

CONCLUSIONES

Los materiales analizados fueron diferentes en sus características físicas de grano, particularmente, tamaño y dureza de grano. Estas diferencias se manifestaron en la calidad de sus tortillas y el rendimiento de tortillas por unidad de grano. Las de mejor calidad y rendimiento provinieron de las poblaciones de la raza Serrano de Jalisco.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE DE FINANCIAMIENTO

Los resultados forman parte del proyecto de tesis de la primera autora: El trabajo se realizó con apoyo del proyecto Sigi 2-1.6-1053635249-A-M.2-2 en el que colabora la Dra. Yolanda Salinas moreno del Campo experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP.

BIBLIOGRAFÍA

1. Jiménez Y, Milán J, Mora S, Montoya A, Reyes C, Cuevas E, Reyes P, y Milán E.(2018) Características Tecnológicas y Fotoquímicas de Maíz Criollo Raza Elotero de Sinaloa. Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos, 3: 616-620.
2. Salinas M.Y., y Vázquez C.G.(2006) Metodologías de análisis de la calidad. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo experimental Valle de México. Folleto técnico núm. 23. 2006.
3. Salinas-Moreno, Y., Aguilar-Modesto, L. Efecto de la dureza del grano de maíz (*Zea mays* L.) sobre el rendimiento y calidad de la tortilla. Ingeniería Agrícola y Biosistemas, 2010; 2(1), 5-11.
4. Sierra M, Palafox G, Vázquez M, Rodríguez F, y Espinosa A. Caracterización Agronómica, Calidad industrial y Nutricional de maíz para el trópico mexicano. Agronomía Mesoamericana. 2010; 21: 21-29.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

EFFECTO DE NIVELES DE ÁLCALI EN EL CONTENIDO DE FENOLES EN TORTILLAS DE MAÍCES CON PIGMENTOS ANTOCIANO DURANTE SU ALMACENAMIENTO

María Margarita Gutiérrez Llanos¹, Yolanda Salinas Moreno^{2*}, Diana Laura Valdez Reyes¹

salinas.yolanda@inifap.gob.mx

¹ Departamento de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Autónoma Chapingo

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Campo experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos Jalisco, México.

Palabras clave: *Zea mays* L., pH, tortillas

INTRODUCCIÓN

Las tortillas elaboradas con maíces de grano azul morado (AZM) o rojo contienen mayor cantidad de antioxidantes que la tortilla de maíz de grano blanco (Salinas *et al.*, 2017) debido a la presencia de antocianinas, que son compuestos antioxidantes (Bello, *et al.*, 2016). Un mayor consumo de antioxidantes está asociado con menor incidencia de enfermedades crónico-degenerativas (Coronado *et al.*, 2015). Sin embargo, durante el proceso de elaboración de la tortilla, los maíces con pigmentos antociano pierden una cantidad importante de antocianinas (50-75 %), debido al pH elevado (11-13) y la alta temperatura durante el proceso de nixtamalización. De estos factores, el pH es el que más degrada a las antocianinas. Existe amplia información publicada sobre el efecto del pH durante la nixtamalización en la calidad de la tortilla de maíces de grano blanco, en tanto que los realizados con maíces de color son reducidos (Cortes *et al.* 2006).

Las tortillas azules están ganando mercado entre los consumidores de zonas de alto poder adquisitivo, quienes las prefieren por su mayor aporte de antioxidantes, pero también porque las asocian con un producto saludable. Las tortillas elaboradas con maíces de grano rojo son aún poco conocidas. Existe limitada información sobre la estabilidad de las antocianinas en la tortilla durante su almacenamiento bajo condiciones de refrigeración, información que sería de utilidad para el consumidor. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes niveles de álcali durante la nixtamalización de maíces de grano AZM y rojo cereza (RC) sobre el color de la tortilla y la estabilidad de sus antocianinas durante almacenamiento bajo condiciones de refrigeración.

MATERIALES Y METODOS

Se trabajó con un maíz de grano AZM de la raza Elotes Cónicos (EC) y un maíz de grano rojo cereza (RC) de la raza Elotes Occidentales (EO). El maíz AZM se obtuvo en el municipio de Ixtlahuaca Estado de México, el maíz de grano RC correspondió a una población de este maíz que se siembra en el Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Las muestras de grano de maíz se caracterizaron mediante las variables: color de grano; humedad y peso hectolítrico, peso de cien granos, densidad, dureza (método de índice de flotación), todas estas variables determinadas según Salinas y Vázquez (2006), con excepción del peso hectolítrico, que se realizó según las indicaciones del equipo.

Para la nixtamalización de las muestras. Se usaron 150 g de maíz y cuatro concentraciones de álcali: 0.5, 0.7, 1.0 y 1.5 % con relación al peso del grano. Con base en la dureza del grano, medida mediante el índice de flotación, el tiempo de cocimiento fue de 29 minutos a ebullición (90-92 °C). Se dejó en reposo por 16 horas, se enjuagó y se molió en un molino de piedras. Las tortillas se elaboraron de acuerdo con Salinas y Vázquez (2006). Como testigo para las tortillas del maíz AZM se elaboraron tortillas a partir de harina

nixtamalizada azul (HNA) de marca Maseca. Las tortillas se almacenaron en refrigeración (4°C) por 12 días, y cada 3 días se midió el color por la cara contraria a donde se forma la ampolla. Posteriormente, las tortillas se deshidrataron a temperatura ambiente y a oscuridad durante 1 día para luego molerse en un molino con malla 0.5 mm. La harina obtenida se empleó para extraer las antocianinas, para lo cual 1.0 g de harina de tortilla o grano, según fuera el caso, y 15 ml de metanol acidificado al 1% con ácido trifluoroacético se mezclaron. La mezcla se sónico por 15 minutos en un baño sonificado y se refrigeró por 105 minutos. La muestra se centrifugó por 10 minutos a 3000 rpm. Se separó el sobrenadante y se filtró con Whatman 4. El volumen de extracto se midió y se colocó en tubo de vidrio y almaceno a -20 °C protegido de la luz, hasta su análisis. A partir de este extracto se cuantificó el contenido total de antocianinas (CAT) y los fenoles solubles totales (FST) por el método Folin-Ciocalteu, El contenido de FST se calculó con base a una curva patrón de ácido gálico y los resultados se expresaron en mg equivalentes de ácido gálico (EAG) kg⁻¹ de muestra seca. El CAT se reportó en mg equivalentes de cianidina 3-glucosido (ECG) kg⁻¹ de muestra seca (MS), para esto se elaboró una curva patrón de cianidina 3-glucosido.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las características físicas del grano en las dos muestras analizadas fueron similares. Ambas son de grano harinoso y con el pigmento ubicado en la capa de aleurona. El CAT del grano fue diferente, el maíz AZM mostró 888.9 mg ECG/kg MS, en tanto que el de grano RC presentó 296.6 mg ECG/kg MS. Esto significa que el grano de maíz RC 66.6 % menos antocianinas que el grano del maíz AZM. La proporción de antocianinas en los FST del grano AZM fue 62.8 %, para el maíz RC fue significativamente menor (31.3 %).

La cantidad de álcali durante la nixtamalización del grano afectó el CAT y los FST de las tortillas (figuras 1 y 2). A mayor cantidad de álcali, menores valores en CAT. En la tortilla recién elaborada, las concentraciones bajas de álcali usadas (0.5 y 0.7 %), provocaron una pérdida de antocianinas de 39.4 y 43.31 %, respectivamente para el maíz AZM, en tanto que con las concentraciones altas (1 y 1.5 %) las pérdidas ascendieron a 76.5 y 87.8 % (Fig. 2a); para el maíz RC en concentraciones de 0.5 y 0.7%, las antocianinas se redujeron un 36.0 % y en 1 y 1.5 %, las reducciones sumaron 65.8 y 73.7 %, en ese orden (Fig. 2b). Al final del almacenamiento, las tortillas de maíz AZM elaboradas con las concentraciones bajas de álcali perdieron más antocianinas que las elaboradas con las concentraciones altas. La tortilla de HNA se comportó de manera similar que la elaborada con 1.0 % de álcali. Las tortillas de grano RC elaboradas con concentraciones bajas de álcali, al igual que las de 1.0 %, perdieron menos antocianinas durante su almacenamiento que las del maíz AZM. Sin embargo, por su bajo CAT inicial, las tortillas almacenadas de maíz RC tuvieron menos de la mitad del CAT de las tortillas de maíz AZM. Estos resultados se atribuyen al efecto del pH alcalino y la elevada temperatura durante la nixtamalización del grano (Salinas et al. 2017).

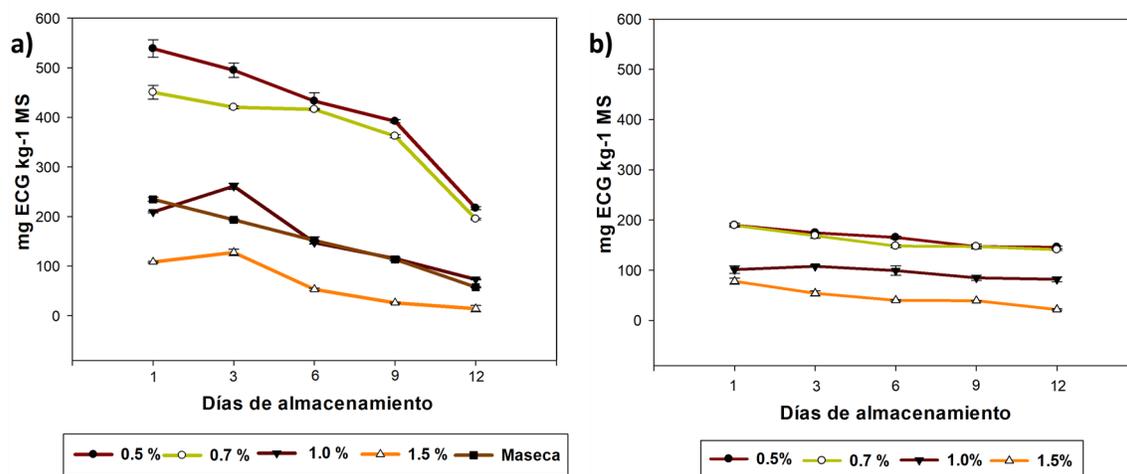


Figura 1. Comportamiento de las antocianinas totales en tortillas durante su almacenamiento bajo condiciones de refrigeración. a) tortillas de maíz AZM de la Raza Elotes Cónicos, b) tortillas del maíz RC de la Raza Elotes Occidentales.

Se observó una relación negativa entre la concentración de álcali usada en la nixtamalización y el CAT de la tortilla. Sin embargo, esta relación no se apreció durante el almacenamiento ya que las mayores pérdidas ocurrieron en las tortillas elaboradas con bajas cantidades de álcali, tanto para el maíz AZM como el RC. En el caso de este último, las tortillas elaboradas con la concentración más elevada perdieron la mayor cantidad de antocianinas.

Por otra parte, los FST también se redujeron durante el almacenamiento de las tortillas (Fig. 2, a y b), pero las pérdidas en estos compuestos fueron considerablemente menores que las observadas en antocianinas. Igual que lo observado para las antocianinas, las pérdidas más aceleradas ocurrieron en las tortillas elaboradas con los niveles bajos de álcali. Los resultados de los fenoles solubles totales se deben a que los productos de la degradación de antocianinas son compuestos que reaccionan con el reactivo de Folin.

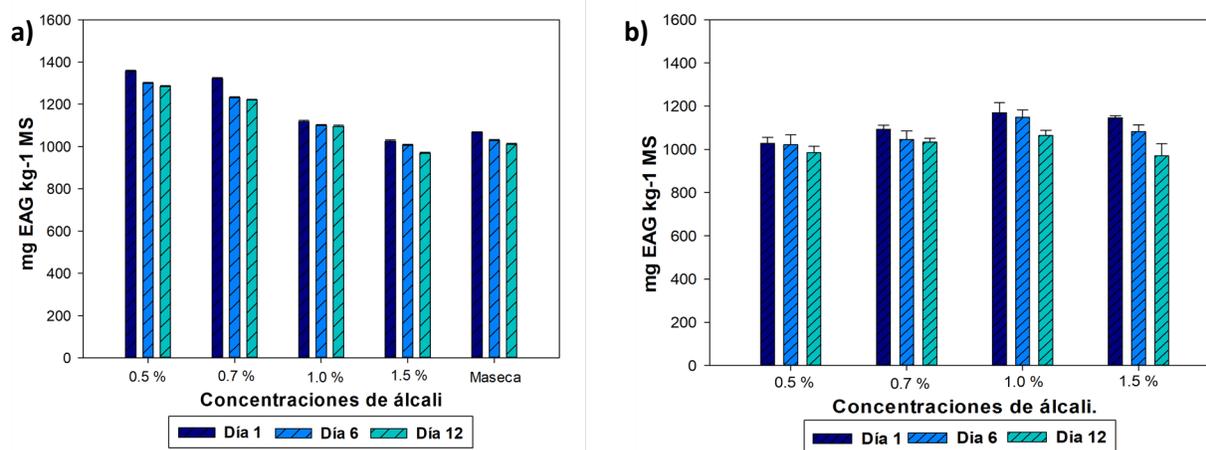


Figura 2. Comportamiento de los fenoles solubles totales (FST) en tortillas durante su almacenamiento bajo condiciones de refrigeración. a) tortillas de maíz azul morado (AZM), b) tortillas del maíz rojo cereza (RC).

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA.

Los resultados presentados son parte de la tesis de licenciatura del primer autor. Los recursos para realizar el trabajo provinieron del proyecto Sigi 2-1.6-1053635249-A-M.2-2 en el que colabora la Dra. Yolanda Salinas moreno del Campo experimental Centro Altos de Jalisco, INIFAP.

CONCLUSIONES

Las antocianinas se ven afectadas por las concentraciones de álcali usadas para la elaboración de las tortillas. Entre mayor es la concentración mayor es la pérdida de estas. Sin embargo, una mayor cantidad de álcali en la nixtamalización no ocasiona mayor degradación de antocianinas durante su almacenamiento refrigerado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Bello LA, Camelo GA, Agama, E. y Utrilla, RG. Aspectos nutraceuticos de los maíces pigmentados: digestibilidad de los carbohidratos y antocianinas. 2016, *Agrociencia*, 50(8), 1041-1063.
2. Coronado M., Vega HS., Gutiérrez, LR., Vázquez, TM., y Radilla, FC. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. 2015, *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
3. Cortes GA, Salinas MY, Martín-Martínez ES, Martínez-Bustos F. Stability of anthocyanins of blue maize (*Zea mays* L.) after nixtamalization of separated pericarp-germ tip cap and endosperm fractions. 2006, *Journal of Cereal Science* 43:57–62.
4. Salinas Y, Hernández V, Trejo LI, Ramírez JL, y Iñiguez, O. Composición nutricional y de compuestos bioactivos en tortillas de poblaciones nativas de maíz con grano azul/morado. 2017, *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1483-1496.
5. Salinas Y. y Vázquez G. (2010). Metodologías de análisis de la calidad nixtamalera -tortillera en maíz. Folleto técnico No.23. INIFAP. Campo experimental "Valle de México". Chapingo Estado de México. México 91p.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE NUEVOS HÍBRIDOS DE CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum* spp.) BAJO TEMPORAL EN LA REGIÓN DE COLIMA

Jeovani Francisco Cervantes Preciado^{1*}, Marcelino Álvarez Silva¹ y Paulo Alejandro Alcaraz Tapia².

¹Campo Experimental Tecomán CIRPAC- INIFAP. ²Ingenio Quesería S.A. de C.V. del grupo BSM.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar (*Saccharum* spp.) es la fuente principal de azúcar para los países en desarrollo. México ocupa el sexto lugar en producción con promedio de 55 millones de toneladas y se cultiva en 15 estados del país, donde más de 164 mil productores se dedican a esta actividad. Anualmente la agroindustria cañera beneficia a más de 2 millones de personas de manera directa e indirecta. En la zafra 2018/19 se cultivó una superficie aproximada de 805 mil hectáreas, con promedio de producción de 70.81 t ha⁻¹ (CONADESUCA, 2019). En el país, la obtención de nuevas variedades es una de las principales prioridades tecnológicas de los productores e industriales de la caña de azúcar. Por lo que existe la necesidad de ampliar y/o renovar el número de genotipos comerciales. Las variedades cultivadas actualmente en el ámbito comercial rebasan los 30 años de uso, por lo que presentan mayor susceptibilidad a plagas y enfermedades, desadaptación a los cambios climáticos y edáficos, tendencia a la baja productividad y como consecuencia disminución de la rentabilidad del cultivo. En este contexto, el programa nacional de mejoramiento genético del CIDCA mediante un proceso experimental comprende las etapas de hibridación y selección de variedades, con un periodo entre 14 y 15 años ininterrumpidos de evaluación (Sentíes *et al.*, 2016), se han obtenido cultivares de alto rendimiento agroindustrial para algunas zonas cañeras del país. Vera *et al.*, (2016), en Campeche mediante la evaluación agroindustrial de nuevas variedades encontraron que CP 94-1674 y SP 83-5073 superaron a las variedades comerciales en producción de caña y sacarosa, resultados similares en Jalisco encontró Álvarez *et al.*, (2020) con nuevos genotipos. El estado de Colima no destaca como uno de los mayores productores nacionales, pero presenta rendimientos superiores al promedio nacional (80 t ha⁻¹). Tanto técnicos como productores locales destacan que la media estatal de rendimiento es superable, sobre todo con el establecimiento de nuevos híbridos y/o variedades adaptadas a la zona cañera de Colima. Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar nuevos híbridos de caña de azúcar con mejor adaptación y desempeño en campo en la localidad de Ocotillo, Colima, dentro del área de abastecimiento del ingenio Quesería del grupo Beta San Miguel (BSM).

cervantes.jeovani@inifap.gob.mx

Palabras claves: Rendimiento, manejo agronómico, población de tallos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo dentro del área de abasto del Ingenio Quesería S.A. de C.V. en la localidad de Ocotillo, municipio de Cuauhtémoc, Colima, México. La parcela se ubica a 19°19'33" LN y 103°40'15" LO a 839 metros sobre el nivel del mar (msnm). Las condiciones edafoclimáticas del sitio son: tipo de suelo franco arenoso con una ligera pedregosidad a una profundidad no mayor de 30 cm., clima cálido húmedo con lluvias en verano, temperatura media anual es de 23.7 °C y precipitación pluvial anual aproximada de 1200 mm. La evaluación fue establecida en fase agroindustrial ciclo soca, incluyendo un grupo de 11 nuevos híbridos de caña de azúcar (Cuadro 1), procedentes de semilla Fuzz, generación 2005 cuyo proceso de hibridación fue realizado por el CIDCA, los cuales fueron comparados con el testigo comercial Mex 69-290. El diseño experimental fue bloques al azar con cuatro repeticiones. La unidad o parcela experimental, fue de cinco surcos de ocho metros (m) de longitud por 1.20 m de ancho. La parcela útil fue de tres surcos de ocho metros de longitud. Las características evaluadas a los 12 meses de edad de la planta fueron: población de tallos molederos y estimación de rendimiento de campo. Los valores obtenidos de las variables agronómicas se les realizó un ANOVA mediante el programa SAS®. Para la comparación de medias se utilizó la prueba de diferencias de Tukey ($p \leq 0.05$).

Cuadro 1. Relación de nuevos híbridos de caña de azúcar en evaluación en la localidad de Ocotillo, Colima, dentro del área de abasto del Ingenio Quesería S.A. de C.V.

| Híbrido y Clon | Origen | Híbrido y Clon | Origen |
|---------------------|--------|--------------------|---------|
| ColMex 05-542 (C1) | Fuzz | ColMex 05-484 (C3) | Fuzz |
| ColMex 05-627 (C10) | Fuzz | ColMex 05-147 (C9) | Fuzz |
| ColMex 05-89 (C1) | Fuzz | ColMex 05-38 (C8) | Fuzz |
| ColMex 05-129 (C3) | Fuzz | ColMex 05-897 (C6) | Fuzz |
| ColMex 05-437 (C1) | Fuzz | ColMex 05-977 (C7) | Fuzz |
| ColMex 05-38 (C9) | Fuzz | Mex 69-290 | Testigo |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Población de tallos molederos.

Es una variable que impacta directamente el potencial de rendimiento de campo, sin embargo, para lograr una alta producción de caña, se requieren altas poblaciones de plantas y diámetros de tallo gruesos. Los resultados obtenidos del análisis de varianza (ANOVA) para esta variable, nos indicó que hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos, más no así para repeticiones, con valores de 0.0001 y 0.5714 respectivamente. El Coeficiente de variación (CV) arrojado de 9.87 %, nos indica que los datos del ensayo son confiables. De acuerdo a la agrupación de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), destaca a los híbridos ColMex 05-129 y ColMex 05-38 (C8) con valores mayores de 109 mil y 108 mil tallos/ha respectivamente; sin embargo, debido a la Diferencia Mínima Significativa (DMS) arrojada que fue de 22,327 tallos, los siguientes cinco híbridos más, son estadísticamente iguales, quienes obtuvieron 95 mil tallos en promedio. El resto de los híbridos en evaluación (41.66 %), son estadísticamente inferiores, donde se encuentra el testigo comercial Mex 69-290 con cerca de 85 mil tallos/ha, menor en 24 y 23 mil tallos respectivamente a los híbridos ColMex 05-129 y ColMex 05-38 (C8) que fueron los más sobresalientes (Figura 1).

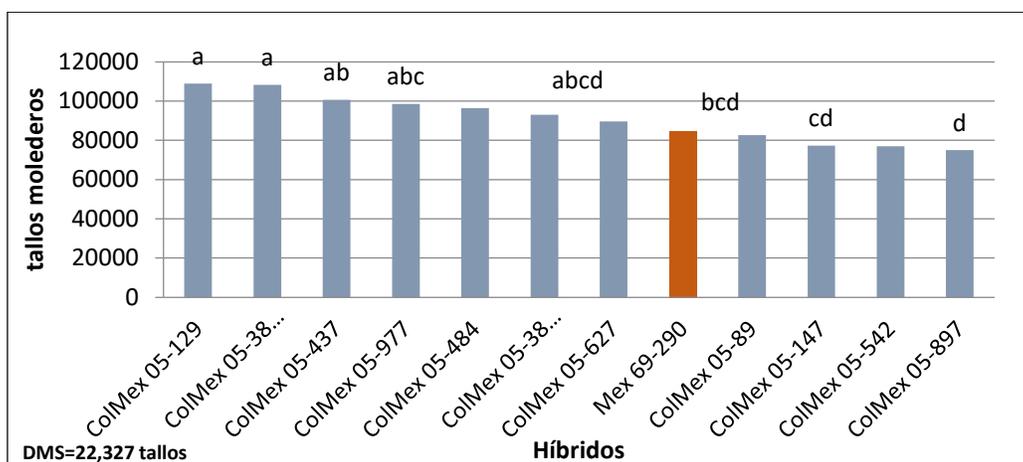


Figura 1. Población de tallos molederos por hectárea a los 12 meses de edad de la planta, en la localidad de Ocotillo, Colima.

Rendimiento de campo.

El ANOVA realizado para esta variable, nos indicó que hubo diferencia altamente significativa entre tratamientos, mas no así para repeticiones con valores de 0.0001 y 0.3812 respectivamente. El CV, nos dio un resultado de 9.90%, indicando que los resultados son confiables. La agrupación de medias por la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), en la figura 2 podemos observar y destacar a los híbridos ColMex 05-484, ColMex 05-38 (c9) y ColMex 05-627, con valores de 154, 149 y 143 t ha⁻¹ respectivamente. La DMS arrojada en el análisis fue de 28.49 t, indica que el testigo comercial Mex 69-290, con un valor de 135 t ha⁻¹, es estadísticamente igual a los antes mencionados. El resto de los híbridos en evaluación (41.66%), son estadísticamente inferiores, con un promedio de rendimiento de campo 96.97 t ha⁻¹, sin embargo, un valor por encima de 25 t ha⁻¹ al rendimiento nacional. En este sentido, Cervantes *et al.* (2017), reportaron que para el rendimiento de campo y fabrica en nuevas variedades, participan un grupo de variables de clima, suelo y manejo que tienen una influencia marcada en su comportamiento.

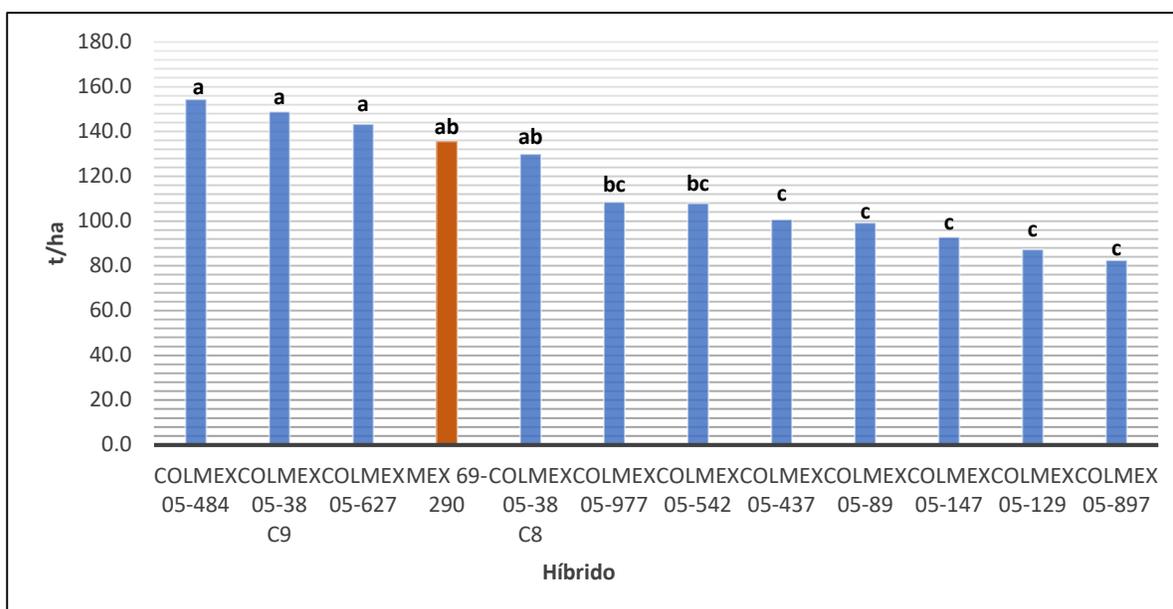


Figura 2. Estimación de rendimiento por hectárea a los 12 meses de edad de la planta, en la localidad de Ocotillo, Colima.

CONCLUSIONES

Se puede destacar a los híbridos ColMex 05-484, ColMex 05-38 (C9) y ColMex 05-62, quienes obtuvieron los mejores rendimientos de campo, con valores de 154, 149 y 143 t ha⁻¹ respectivamente. Resultado y/o combinación de diferentes variables, tales como: población de tallos, diámetro de tallo, suelo, clima y manejo agronómico.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Multiplicación, evaluación y validación de nuevos híbridos de caña de azúcar (*Saccharum* spp.) en los estados de Colima y Jalisco

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Álvarez C. M., J.F. Cervantes P. y J. C. García P. 2020. Proceso de selección de nuevas variedades de caña de azúcar y logros en el Campo Experimental Regional INIFAP Tecomán, Folleto Técnico Núm. 23 Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 40 p.

Cervantes P. J.F., Milanés R.N y García P. J.C. 2017. Trabajo en extenso “Evaluación de rendimiento de campo de 11 nuevos híbridos de caña de azúcar en la región central del estado de Veracruz”. Boca del Rio, Veracruz, México. Pág. 113- 118.

Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA). 2019. Nota informativa sobre innovaciones en materia de productividad del sector. junio de 2019. Nuevas variedades de caña de azúcar. México D.F. 16 p.

Sentíes H., H.E., F.C. Gómez M. y R. Loyo J. 2016. El Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar (*Saccharum* spp.) en México: una Historia de Éxito con Nuevos Desafíos. *Agroproductividad*. 9 (2): 9-15.

Vera-Espinosa, Carrillo Á. E., Flores Cáceres. S., Arreola E. J., Osnaya G.M. y Castillo A.C.D.C. 2016 Evaluación agroindustrial de diez variedades de caña de azúcar (*Saccharum* spp) Artículo en revista *Agroproductividad* Vol. 9 Núm. 3 pp 21-26.

VIRULENCIA DE AISLAMIENTOS DE *Fusarium* spp., ASOCIADOS A LA PUDRICIÓN DE TALLO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) EN AGUASCALIENTES, MÉX.

Dolores Briones Reyes^{1*}, Alfonso Peña Ramos², Luis Antonio Díaz García².

¹ SE Tlaxcala-CIRCE-INIFAP, ² CE Pabellón-CIRNOC-INIFAP.

briones.dolores@inifap.gob.mx

Palabras clave: virulencia, *Fusarium* spp., maíz

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades provocadas por hongos, como la pudrición de tallo por *Fusarium* spp. puede reducir considerablemente el rendimiento y la calidad del grano y/o forraje. El método más práctico y económico, para controlar las enfermedades es la obtención de variedades con resistencia genética, por lo que, el mejorador se ha dado a la búsqueda y mantenimiento de fuentes de resistencia. La principal diferencia entre el proceso para la selección de cualquier carácter y la selección de caracteres para la resistencia a enfermedades, es que ésta última es un sistema de dos variables, hospedante y patógeno, en el cual, ambos juegan un papel de igual importancia para lograr la resistencia a enfermedades.

El hongo *Fusarium* spp. presenta distribución cosmopolita, es endémico de las regiones maiceras, y puede sobrevivir por varios ciclos en restos vegetales (Desjardins *et al.*, 1994; Thomas y Buddenhagen, 1980), lo que dificulta la erradicación de éste patógeno en los terrenos de cultivo. *Fusarium* spp. Además produce micotoxinas que al ser ingeridas por humanos y animales tienen efectos cancerígenos, teratógenos, mutágenos, eméticos y estrogénicos (Ayvar-Serna, 1997; Gimeno y Martins, 2011). La incidencia de pudrición de tallo por *Fusarium* spp. en las zonas productoras de maíz en Aguascalientes, es cada vez más evidente; sin embargo, ha sido poco estudiada, al igual que la virulencia del patógeno; de ahí que, el objetivo fue conocer la virulencia de seis aislamientos de *Fusarium* spp. asociados a la pudrición de tallo de maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en PV 2018, el CE en Pabellón, localizado entre los 22° 10' LN y 102° 20' LO a una altitud de 1920 m, en el municipio de Pabellón de Arteaga, que se caracteriza por tener clima seco templado. Se utilizó un lote con bajo potencial de inóculo, el diseño experimental fue de bloques al azar con tres repeticiones y un arreglo de tratamientos factorial, dónde primer factor fue aislamientos (seis aislamientos identificados morfológicamente a nivel de género, como *Fusarium* spp. de acuerdo con Booth (1971), obtenidos de plantas con síntomas de pudrición de tallo, procedentes de Pabellón de A. y Salitrillo), el segundo factor fue genotipos de maíz (tres genotipos: M1- Susceptible 100 %; M2- Susceptible 50% y M3-Resistente, evaluados el ciclo anterior PV-2017, en un lote con alto potencial de inóculo de *Fusarium*, que permite diferenciar materiales por susceptibilidad a pudrición de tallo).

La unidad experimental (UE) fue de un surco de 5m de longitud, separados a 0.76 m, con una densidad de plantas de 85 mil por hectárea, manejados de acuerdo con el paquete tecnológico para maíz (INIFAP 2015). El incremento de los aislamientos de manera separada, se realizó utilizando como sustrato glumas de avena húmeda y previamente esterilizada en autoclave. La preparación de inóculo consistió en lavar las glumas colonizadas con agua estéril, filtrar con ayuda de gasa, contar el número de esporas con un hematocítmetro y ajustar a una concentración de 1×10^6 esporas/ml.

Inoculación: El 100% de las plantas en cada UE fueron inoculadas entre los 7 y 14 días después de la emisión de los estigmas, por medio de una jeringa hipodérmica de recarga automática, se inyectó 1 ml de la solución de esporas, en el tercer entrenudo. La evaluación se realizó 25 días después de la inoculación,

se tomó una muestra de tres tallos, los cuales se cortaron longitudinalmente para medir el área necrosada alrededor del punto de inoculación. Al momento de la cosecha, se determinó el rendimiento de grano de plantas inoculadas y no inoculadas.

Se realizó un análisis de varianza y comparación de medias de Tukey, con SAS System™.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los 25 días después de la inoculación, todos los aislamientos provocaron necrosis en los haces vasculares del tallo (Figura 1a), el ANAVA y comparación de medias, no mostró diferencias significativas ($p=0.05$) entre genotipos de maíz, ni entre aislamientos, es decir, los tres genotipos resultaron igualmente susceptibles a los diferentes aislamientos de *Fusarium* spp., y los aislamientos provocaron estadísticamente el mismo daño en los genotipos de maíz. Cabe recordar, que las enfermedades en plantas ocurren porque a lo largo de millones de años, algunos hongos han desarrollado a través de la evolución conjunta con sus hospederos, la capacidad para penetrar y colonizar los tejidos vegetales (Oliver y Schweizer, 1999); por su parte, las plantas han desarrollado mecanismos de defensa que le permiten detener, reducir o contrarrestar el ataque de los patógenos; Sin embargo, cuando inoculamos de manera artificial rompemos esos mecanismos de defensa, razón probable por la que, las diferencias de susceptibilidad entre genotipos antes observada, no se replicó. En el caso del genotipo M3, la resistencia observada en el ciclo anterior, probablemente radica en una activación rápida y eficiente de sus mecanismos de defensa iniciales, que evitan la entrada del patógeno.

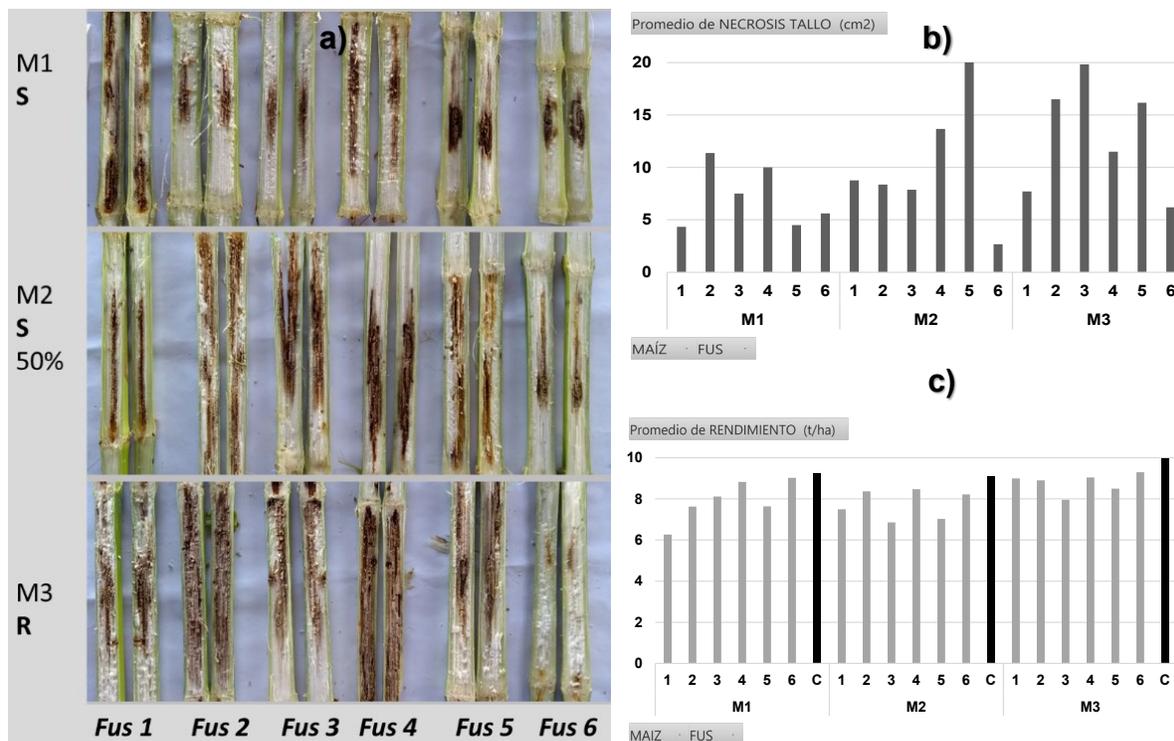


Figura 1.- a) Necrosis provocada por aislamientos de *Fusarium* spp. en tres genotipos de maíz; b) área dañada por aislamiento en cada genotipo de maíz, y c) rendimiento de grano en planta inoculada (1-6) y no inoculada (C), evaluados en PV-2018, Pabellón de Arteaga, Ags.

Todos los aislamientos fueron patogénicos, es decir, tuvieron la capacidad de causarle daño a la planta de maíz, pero no se pudieron diferenciar estadísticamente por su nivel de virulencia, característica que les permite incrementar su poder de penetración e invasión, así como evadir los mecanismos de defensa del hospedero, que, al interactuar con condiciones ambientales, genotipo del hospedero, etapa de desarrollo de la planta, entre otros, resulta en diferencias en la severidad de enfermedad. En este grupo de aislamientos evaluados, el número seis mostro cierta tendencia a ser el menos virulento, y el número cinco provoco mayor daño. Sin embargo, es necesario explorar más aislamientos en más genotipos de maíz, hasta encontrar aquellos con un grado de virulencia tal, que permita diferenciar y seleccionar genotipos de maíz por su baja susceptibilidad y/o tolerancia a *Fusarium* spp, causante de la pudrición de tallo de maíz.

Respecto al efecto del daño provocado por los aislamientos en el rendimiento de grano, se observó una respuesta diferencial, de tal manera que, en el genotipo M1 el aislamiento que más afecto el rendimiento fue el número 1 y en los genotipos M2 y M3 fue el aislamiento número 3; los aislamientos 4 y 6 mostraron tendencia a afectar en menor grado el rendimiento de manera general (Figura 1c) y eso concuerda con el menor daño observado por esos aislamientos 4 y 6 en el muestreo de necrosis de tallo (Figura 1 b). El efecto en el rendimiento de grano, es un factor importante al momento de diferenciar genotipos de maíz por su tolerancia a la enfermedad, es decir, materiales que aún con daños por el patógeno, puedan mantener un nivel de rendimiento aceptable ya que la pudrición de tallo por *Fusarium* spp. en maíz puede provocar pérdidas de 10 a 42 % (Khokhar 2014), y puede llegar a 100% en algunas áreas cuando se utilizan materiales altamente susceptibles. En esta evaluación, los tres genotipos de maíz, toleraron la necrosis causada por *Fusarium*, ya que, la diferencia entre el rendimiento de plantas inoculada y no inoculadas fue bajo (Figura 1 c).

CONCLUSIONES

Los seis aislamientos fueron patogénicos y estadísticamente igual de virulentos en los tres genotipos de maíz.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto Fiscal “Variabilidad de *Fusarium* spp. causante de la pudrición de tallo de maíz e identificación de fuentes de resistencia genética”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayvar-Serna, S. 1997. Aislamiento e identificación de las micotoxinas producidas por el hongo *Fusarium moniliforme* Sheld., en maíz y su relación con las enfermedades denominadas pudrición de la mazorca y germinación prematura. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 106p.
2. Booth, C. 1971. The genus *Fusarium*. Commonwealth Mycol. Inst. Kew, Surrey. England. 237 p.
3. Desjardins, A. E., R. D. Plattner, and P.E. Nelson. 1994. Fumonisin production and other traits of *Fusarium moniliforme* strains from maize in northeast Mexico. Appl. Environ. Microbiol. 60: 1695-1697.
4. Gimeno, A. y M. L. Martins. 2011. Micotoxinas y Micotoxicosis en Animales y Humanos. 3ª ed. Special nutrients Inc. Miami, Fl. 128 p.
5. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y Pecuarias). 2015. Agenda Técnica Aguascalientes. Manual. Sagarpa-Inifap-Senasica. 122p.
6. Khokhar MK, Hooda KS, Sharma SS, Singh V. 2014. Post flowering stalk rot complex of maize-present status and future prospects. Maydica 59(3): 226-242.
7. Oliver, R. P. and M. Schweizer. 1999. Molecular Fungal Biology. Cambridge Univ. Press, UK. 377p.
8. SAS (Statistical Analysis System). The SAS System for Windows version 9.0 (SAS Institute, Inc., Cary, NC).

9. Thomas, M. D., and I. W. Buddenhagen. 1980. Incidence and persistence of *Fusarium moniliforme* in symptomless maize kernels and seedlings in Nigeria. *Mycologia*. 72: 882-887.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

VARIACIÓN DE CARACTERES CUANTITATIVOS EN CHILES POBLANOS CRIOLLOS DEL BAJÍO

Diana Yaret Tierrablanca Plaza^{1,2}, José Luis Pons Hernández^{2*}, Brenda Zulema Guerrero Aguilar², María Guadalupe Herrera Hernández², Mario Martín González Chavira², Salvador Villalobos Reyes², Carlos Núñez Colín¹

¹Centro de Investigación Regional del Centro (CIRCE) del INIFAP. Carretera Celaya-San Miguel de Allende Km. 6.5 S/N, C.P. 38018, Celaya, Guanajuato, México. ²Universidad de Guanajuato- División Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya Av. Ing. Barrios Sierra #201 Ejido de Santa María del Refugio, C.P. 38140 Celaya Gto.,

yaret.tierrablanca@gmail.com ; *pons.joseluis@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

El género *Capsicum* está compuesto por 38 especies, es originario de América y solo 5 de sus especies han sido domesticadas por ser ampliamente cultivadas en todo el mundo (*C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. baccatum*) (Bosland & Votava, 2012). Perteneciente a la familia *Solanaceae* y representante de una de las principales hortalizas cultivadas a nivel mundial, este cultivo es fácilmente identificado por su tamaño, forma, color, grado de pungencia (Djian-Caporalino C, Lefebvre, & Sage-Dauéze, 2017) y (Pozo, Montes, & Redondo, 1991). La variación genética es la piedra angular sobre la que se cimienta la supervivencia y evolución de todas las especies. La caracterización correcta de la variación en poblaciones silvestres y criollas de *Capsicum* es útil para determinar la diversidad genética y establecer el uso potencial para futuras mejoras genéticas (Rodríguez, y otros, 2007). Siendo la caracterización morfológica el primer paso para el poder llevar a cabo el estudio de la diversidad, permitiendo la descripción de los caracteres de cada especie e identificando diferencias dentro y entre grupos genéticos (Carvalho, y otros, 2014). En 2016, González-Gómez y otros, al estudiar mediante AFLP, cuatro poblaciones de chile ancho de la región de San Luis de la Paz, Gto., reportaron que las poblaciones estudiadas presentaron un 5% de variabilidad genética que integró dos grupos a una distancia genética de 0.958 por lo tanto la diversidad en las poblaciones criollas de la región del norte del estado de Guanajuato se está perdiendo, por lo que es necesario realizar tanto la conservación de los materiales como la incorporación de variación genética. Por tanto, el presente trabajo tiene como objetivo explorar la diversidad existente entre siete poblaciones de chiles poblanos criollos que se cultivan en el Bajío, principalmente los destinados al secado (Ancho y Mulato), para su conservación *in situ* y *ex situ*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal consistió en siete poblaciones de chile poblano: cuatro de tipo ancho (32,33,35 y 56) y tres mulatos (36, 37 y 39). Las poblaciones 33 y 36 provienen del estado de Querétaro y las otras son del Norte de Guanajuato. El trabajo experimental fue realizado bajo condiciones de Invernadero (septiembre de 2020 a junio de 2021) en el INIFAP Campo Experimental Bajío. Se sembraron 20 plantas de cada población en charolas de germinación de Poliestireno, utilizando como sustrato turba (Sunshine Mezcla 3). A los 65 días después de la siembra se realizó el trasplante en macetas de 10 kg de sustrato tipo turba. Durante todo el experimento las plantas se sometieron a manejo agronómico de acuerdo con González y otros (2009).

Variables evaluadas

Para la descripción Varietal de chile (*Capsicum annuum*), (SNICS, 2014), se tomaron cinco plantas al azar. Se midieron un total de 53 variables de las cuales, 12 fueron cuantitativas, que incluyeron características

de planta en cm (Altura de tallo, Longitud de entrenudos), Hojas (Hoja: longitud, Hoja: anchura, Pecíolo: longitud, en cm), fruto (Fruto: longitud (cm), Fruto: diámetro, Fruto: relación longitud/anchura, Fruto: grosor de pericarpio, Fruto: longitud de pedúnculo, Fruto: grosor de pedúnculo, Peso de fruto maduro en gramos.

Análisis estadísticos

Para cada variable se establecieron cinco repeticiones, y se realizaron análisis de varianza bajo un modelo completamente aleatorio, se realizó comparación de media con prueba de Tukey al 5%, además, se realizó un análisis de conglomerados mediante el método de Ward y la distancia Euclidiana, utilizando para el análisis programa STATGRAPHICS® Centurión XV (Núñez y Valdez, 2010)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Tablas 1 y 2) para las variables evaluadas, muestra que en siete de ellas hay un nivel significativo de diferencias, lo que indica que aún hay variaciones entre las poblaciones para estos caracteres.

Tabla 1 Valores de F del Análisis de Varianza de 5 variables morfológicas en 7 poblaciones.

| Fuente | GL | Altura de tallo | Longitud de entrenudos | Hoja: longitud | Hoja: anchura | Pecíolo: longitud cm |
|---------------|----|-----------------|------------------------|----------------|---------------|----------------------|
| A: Población | 6 | 5.66** | 9.44** | 2.79* | 2.76* | 3.41** |
| B: Repetición | 4 | 1.15 NS | 2.36 | 1.27* | 1.98 | 1.99* |
| Residual | 24 | | | | | |
| Total | 34 | | | | | |

** : Altamente significativo, * : Significativo y NS: No se observó diferencias estadísticas significativa (P>0.05)

Tabla 2 Valores de F del Análisis de Varianza de 7 variables morfológicas en 7 poblaciones.

| Fuente | GL | Longitud Fruto | Diámetro Fruto | Relación L/D Fruto | Grosor de Pericarpio | Longitud del Pedúnculo | Grosor del Pedúnculo | Peso de Fruto |
|---------------|----|----------------|----------------|--------------------|----------------------|------------------------|----------------------|---------------|
| A: Población | 15 | 2.21NS | 1.66NS | 4.42** | 0.80NS | 3.70** | 0.82NS | 1.81NS |
| B: Repetición | 4 | 0.77 NS | 0.15 NS | 0.38 NS | 0.68 NS | 1.18NS | 0.43 NS | 0.37 NS |
| Residual | 60 | | | | | | | |
| Total | 79 | | | | | | | |

** : Altamente significativo, * : Significativo y NS: No se observó diferencias estadísticas significativa (P>0.05)

No se encontraron diferencias entre caracteres del fruto como longitud, diámetro, peso de fruto y grosor del pedúnculo, únicamente para la relación Largo de fruto/ Diámetro y Longitud del pedúnculo. En la Figura 1 se puede apreciar que las poblaciones se integran en dos grupos, en los cuales se integran plantas tanto de tipo Ancho (poblaciones 32, 33, 35 y 56), como de tipo Mulato (36, 37 y 39). Es evidente que estas variables distinguen a dos grupos, y el que plantas de Mulato se agrupen con los Anchos, es señal de que existe intercambio genético entre ellos, ya sea por la introducción de variedades o bien por la forma de producción, ya que en muchos casos los productores acostumbran establecer más de un tipo de chile (Aguilar, Corona y Morán, 2016). La usencia de diferencias estadísticas en algunas características puede

tener diferentes causas, una podría ser que han sido fijadas por la selección, o bien que ciertamente hay una pérdida de diversidad (González Gómez y otros, 2016), se continuará con el análisis de estas poblaciones utilizando marcadores tipo microsatélite para estimar algunos parámetros poblacionales.

CONCLUSIONES

Se encontró diferencias entre las poblaciones para características de hoja, y en fruto solo en la relación largo/ancho y en longitud del pedúnculo.

Se deberá enfocar al enriquecimiento de las características de fruto, tanto para el tipo Ancho como el Mulato, que son muy buscados para elaboración de moles.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al INIFAP por el financiamiento a través del proyecto SIGI 167834791

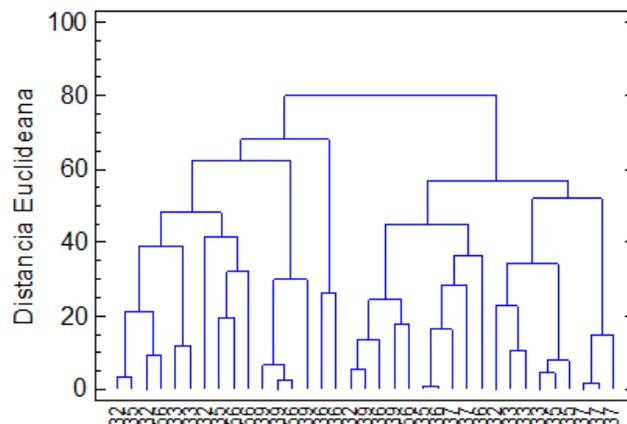


Figura 6. Dendrograma obtenido mediante el método de Ward, se utilizaron los datos individuales de las de las 12 variables medidas en 5 plantas por población.

Referencias

- Aguilar, R., V.H., Corona, T. T, Morán, B., S.H. (2006). Chiles nativos (*Capsicum* spp., Solanaceae) de los estados de Puebla y Morelos. *Avances de investigación de la red de hortalizas del SINAREFI.*, 1, 28-58.
- Alonso, R., Moya, C., Cabrera, A. P., Quiroga, R., Rosales, M., Zuart, J. (2008). Evaluación in situ de la variabilidad genética de los chiles silvestres (*Capsicum* spp.) en la región frailesca del estado de Chiapas, México. *Cultivos Tropicales*, XXIX(2), 49-55.
<http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/2641>
- Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: vegetable and spice Capsicums* (Segunda ed.). London: UK: Cabi publishes.

- Carvalho, S. L., Ragassi, L., Bianchetti, F., Reifschneider, G., Buso, C., & Faleiro, F. (2014). Morphological and genetic relationships between wild and domesticated forms of peppers (*Capsicum frutescens* L. and *C. chinense* Jacquin). *Genetics and Molecular Research*, XIII(3), 7447-7464.
- Djian-Caporalino C, V., Lefebvre, A., & Sage-Dauéze, A. P. (2017). Capsicum. In: Singh RJ, Jauhar PP (eds) Genetic resources, chromosome engineering and crop improvement. *Vegetable crops. CRC Press/Taylor and Francis Group, Boca Raton*, 3, 186-245.
- Gonzalez, C. M., Villordo, P. E., Pons, H. J., Delgadillo, F., Paredes, R., Godoy, H., . . . Rodríguez, R. (2009). *GUÍA PARA EL MANEJO AGRONÓMICO DE LA MARCHITEZ DEL CHILE EN GUANAJUATO*. Guadalajara, Jalisco: Prometeo Editorial .
- González Gómez, Mercedes, José Luis Pons Hernández, Francisco Cervantes Ortiz, Mariano Mendoza Elos, Davino Pérez Mendoza, Silvestre Torres Hernández y Moisés Ramírez Meraz. 2016. Diversidad genética de cuatro poblaciones criollas de chile ancho de San Luis de la Paz, Guanajuato. in Memorias 13va WPC, Campeche, Mx. pp143-149
- Núñez, C. C., & Valdez, M. E. (2010). *Análisis estadístico de Huellas Genómicas. Un uso práctico de los paquetes computacionales más populares*. Celaya, Guanajuato, México: Libro Científico.
- Pozo, O., Montes, S., & Redondo, E. (1991). Avances en el Estudio de los Recursos Fitogenéticos en Mexico. *SOMEFI*, 217-238.
- Rodríguez, B., Ramírez, M., & Pozo, C. (Marzo de 2003). El cultivo de chile piquín bajo diferentes sistemas de producción en el noreste de México. *Avances de investigación en tecnología de producción y uso racional del recurso silvestre.*, 1, 1-23..

Sección: e) Recursos genéticos y mejoramiento

EL BANCO DE GERMOPLASMA DE CÍTRICOS DEL CAMPO EXPERIMENTAL GENERAL TERÁN: ANTECEDENTES Y SITUACIÓN ACTUAL

Juan Martínez Medina*¹, Isidro Humberto Almeyda León¹, Carlos Miguel Ramos Cruz¹

¹Campo Experimental General Terán

martinez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Germoplasma, Cítricos, Conservación.

INTRODUCCIÓN

Los bancos de germoplasma (BG) vegetal tienen como objetivo conservar y mantener las características genéticas de especies de interés, y su uso como fuente de diversidad (Engels y Visser, 2007). La conservación de recursos genéticos involucra las actividades de adquisición, conservación y distribución, caracterización y evaluación, documentación y uso del material genético (Ramanatha, 2001). El mantenimiento y conservación de un BG es importante para asegurar la disponibilidad de variación y diversidad genética; además, se necesita un suministro constante de información exacta, confiable y actualizada, para funcionar con eficiencia. El valor de las colecciones de los bancos de germoplasma es muy importante, ya que las enfermedades y el cambio climático amenazan las zonas de producción de cítricos (Volk, G., *et al.*, 2017). El germoplasma de cítricos se conserva básicamente *ex situ* en BG establecidos en diversos lugares del mundo (Krueger y Navarro, 2007), destacando el National Clonal Germplasm Repository for Citrus and Dates (NCGRCD) en Riverside, California, USA, y el *Active Citrus Germplasm Bank* en el Centro *Sylvio Moreira* en Cordeiropolis, Brasil. En el caso de México, el establecimiento de los BG de cítricos con base a introducciones, inició en 1958 por el entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, a través del actual Campo Experimental General Terán (Ramírez, 1978). Aunque el BG se ha mantenido, su gestión en términos de adquisición, caracterización, evaluación, documentación y manejo del material genético, presenta desviaciones. El objetivo del presente estudio fue realizar una descripción de los antecedentes y la situación actual del Banco de Germoplasma de Cítricos, establecido en el Campo Experimental General Terán, en Nuevo León, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio consistió en la revisión documental de archivos existentes en el Campo Experimental General Terán, a partir de 1958, incluyendo informes analógicos y digitales, informes técnicos, “informes de labores”, libros de campo y publicaciones relacionados con el Banco de Germoplasma de Cítricos (BGC); también se realizó revisión en campo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Antecedentes. En uno de los primeros informes técnicos internos de las actividades del entonces Campo Experimental de Cítricos y Cultivos Regionales (s/f), se consigna que: *“en 1962 se inició el proyecto Introducción de distintas especies y variedades de cítricos para su evaluación como patrones de variedades comerciales. Hasta la fecha se han introducido en diferentes ocasiones más de 20 tipos de cítricos con objeto de evaluarlos como patrones. Algunos de ellos ya han sido injertados y próximamente se plantarán en lugar definitivo. Además de estos nuevos patrones, existe en el Campo un lote experimental más antiguo, donado por el Departamento de Agricultura del Estado de Texas en 1958, el cual originalmente estaba formado por un gran número de variedades y patrones en diferentes combinaciones, las que fueron severamente dañadas por heladas y otros factores. Este lote está siendo utilizado actualmente como fuente de material para otros trabajos de este tipo”*. En el resumen de labores de 1969 y 1970, se consigna que en 1965 en el Campo Experimental de Cítricos se establecieron 6 lotes experimentales, producto de introducciones y materiales locales correspondientes a naranjas tempranas, naranjas tardías, mandarinas e híbridos, toronjas, naranjas navel y limones.

Ramírez (1978), indica que el banco de germoplasma de cítricos del Campo Agrícola Experimental General Terán (CAEGET), tuvo su origen con la introducción de materiales libres de virus (Tristeza, Psorosis, Xyloporosis y Exocortis) durante el periodo de 1958 a 1965, mismos que fueron establecidos en

condiciones de campo en 1966. El autor incluye una relación compuesta por 71 materiales (26 de mandarina e híbridos, 20 de naranja, 6 de toronja, 3 de limón, 6 de kumquat e híbridos, 10 portainjertos). González (1981), hace referencia a 60 materiales del banco de germoplasma de cítricos del CAEGET, que incluye a 22 cultivares de naranja, 27 de mandarina, 6 de limón y 5 de toronja, que fueron indexados con plantas diferenciales de limón mexicano, naranja Hamlin y cidra Etrog Arizona 861, para detección de virosis.

Ramírez (1978) y González (1981) omitieron la procedencia y fecha de introducción de los materiales al banco de germoplasma; sin embargo, Padrón (s/f), incluye una relación de 50 cultivares de cítricos dulces (20 de naranja, 25 de mandarina y 5 de toronja), plantados en 1966. La procedencia fue de USA (32 de Texas, 8 de California, 5 de Florida), y 5 colectas fueron realizadas en Nuevo León.

En 1980 (Padrón *et al.*, s/f) elaboró la propuesta “Introducción y evaluación de recursos genéticos en México”, que incluyó las actividades de introducción de material genético y su cuarentena, eliminación de enfermedades trasmisibles, establecimiento del banco de germoplasma en invernadero y campo, selección de materiales prometedores y su evaluación. La propuesta se retomó en 1994, y a partir de 1996 obtuvo financiamiento por parte de la Fundación PRODUCE, Nuevo León, A. C., hasta el 2005. De acuerdo con el informe técnico final, el actual banco de germoplasma libre de enfermedades se estableció en 1985, en campo y en condiciones protegidas, con dos plantas de cada cultivar en cada condición. El informe indica la existencia de 59 cultivares de cítricos dulces del banco de germoplasma en campo, de los cuales 41 y 18 se plantaron en 1985 y 1995, respectivamente. Posiblemente, los cultivares establecidos en 1995 sean producto de introducciones realizadas en 1994, aunque existe alguna evidencia sobre el proceso para la introducción, no es posible aseverar el cumplimiento del mismo.

Durante varios años con recursos fiscales se ha operado el proyecto “Banco de germoplasma de cítricos”, cuyas actividades se han orientado a su conservación y mantenimiento. Padrón en 2017 publicó la relación de cultivares de cítricos dulces del banco de germoplasma, compuesta por 88 accesiones: 41 de naranja, 38 de mandarina e híbridos, 8 de toronja y un pomelo. En la relación se incluyen 19 cultivares (mandarina y naranja) procedentes del NCGRCD en el 2012. En la Figura 1 se muestran imágenes del banco de germoplasma en ambiente protegido y en campo.



Figura 1. Banco de germoplasma de cítricos del Campo Experimental General Terán, en condiciones protegidas (imagen izquierda) y en campo (imagen derecha).

Situación actual. Como resultado de las actividades realizadas en el 2019, se dispone de una actualización del listado de accesiones y del croquis del banco de germoplasma. En condiciones protegidas se identificaron 96 accesiones (37 naranjas, 33 mandarinas, 9 toronjas, 7 limones y 10 portainjertos). Aunque las accesiones introducidas en 2012 se establecieron solo en ambiente protegido, algunas carecían de la identificación respectiva; este material genético se ha localizado en un lote de un productor cooperante, quién realizó la donación e incorporadas al banco de germoplasma. Además, una de las conclusiones relevantes fue que la gestión del banco de germoplasma de cítricos debe mejorarse de acuerdo a los estándares internacionales. Al respecto, si bien se dispone de una base de datos mínima, la información es incompleta en relación a los datos de adquisición, caracterización y evaluación del material

genético. De igual manera, existe incertidumbre respecto a la condición sanitaria del germoplasma, ya que no se ha realizado su verificación en los últimos años, actividad que debe priorizarse para asegurar la existencia de material libre de patógenos.

CONCLUSIONES

El Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán, ha desempeñado una función importante en la citricultura regional y nacional. El suministro de material de propagación fue relevante para la rehabilitación de las huertas después de las heladas ocurridas en los años 1983 y 1989 en Nuevo León. El sistema del Banco de Germoplasma, que incluyó Lotes de Reserva, Donador de Yemas Libres de Virus y Viroides, Donador de Semilla de Portainjertos, así como la verificación de sanidad, fue el primero en el país, y en la década de 1990 fue tomado como punto de referencia para el Programa de Certificación de Cítricos, que la SAGARPA, hoy SADER, estableció posteriormente en el año 2000 a nivel nacional. Por la importancia que reviste el banco de germoplasma de cítricos, debería de recibir una mejor atención, más recursos humanos y financieros que aseguren continuar con su contribución al desarrollo de la citricultura regional y nacional.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

El presente estudio fue elaborado con base al análisis de información generada de actividades relacionadas con el Banco de Germoplasma de Cítricos del Campo Experimental General Terán, con financiamiento del entonces Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, el actual Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, así como de la Fundación PRODUCE Nuevo León, A. C.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Engels JMM and Visser, L. (eds.). 2007. Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 6. Bioversity International, Roma, Italia. 192 p.
2. Ramanatha, RV. (2001). Principles and concepts in plant genetics resources conservation and use. Pp. 1-16. In: Mohd, SS and Ramanatha, RV (eds.) Establishment and management of field genebank, a training manual. IPGRI-APO, Serdang.
3. Volk G, Samarina L, Kulyan R, Gorshkov V, Malyarovskaya V, Ryndin A, Polek M, Krueger R, and Stover E. (2017). Citrus genebank collections: international collaboration opportunities between the US and Russia. *Genet Resour Crop Evol* 65,433–447
4. Krueger R.R. and Navarro R. (2007). Citrus germplasm resources. In: Ahmad KI (ed.) Citrus Genetics, Breeding and Biotechnology. CAB International. London, UK.
5. Ramírez DJM. (1978). Cítricos. Pp. 270-283. In: Cervantes ST (ed.) Recursos genéticos disponibles a México. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A. C. Chapingo, México.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CONSERVACIÓN DE AJO (*Allium sativum* L.) VARIEDAD HUERTEÑO EN DIFERENTES CONDICIONES DE CRECIMIENTO MÍNIMO

Bibiana Tirado Pérez¹, Gabriela Sandoval Cancino^{2*}, Lily Xochilt Zelaya Molina², Luis Felipe Guzmán Rodríguez².

¹Universidad de Guadalajara (UdeG) Centro Universitario de los Altos, Av. Rafael Casillas Aceves 1200, C.P. 47600 Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

²Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) INIFAP Av. Boulevard de la Biodiversidad 400, C.P. 47600, Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México.

Autor para correspondencia: sandoval.gabriela@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ajo, Cultivo *in vitro*, Conservación

INTRODUCCIÓN

El ajo es una planta originaria de Asia central y es una de las especies más importantes del género *Allium* debido a su sabor y olor particular, así como a las propiedades benéficas en la salud humana (Abdelrahman *et al.*, 2021). De tal manera que, es indispensable la preservación de su diversidad genética en bancos de germoplasma. El crecimiento mínimo es una técnica de conservación *in vitro* utilizada para la conservación de plantas a mediano plazo, desde algunos meses hasta más de un año de acuerdo con la especie. El crecimiento vegetal es disminuido mediante reducción de nutrientes en el medio de cultivo, adición de agentes osmóticos e incubación a baja temperatura e intensidad lumínica (Panis *et al.*, 2020). Diferentes variedades de ajo y de sus parientes silvestres están conservadas a mediano y largo plazo (Ruta *et al.*, 2020). No obstante, hay variedades sobresalientes que no lo están. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue el crecimiento mínimo de ajo (*Allium sativum* L.) variedad Huerteño en diferentes medios de cultivo y temperaturas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron bulbos de ajo colectados en campo en el Banco de Germoplasma del Campo Experimental Bajío-INIFAP, Celaya, Guanajuato. Los bulbos se desinfectaron con soluciones fungicida, bactericida, etanol (70%, un minuto) y cloro comercial (30%, 20 minutos) y se cultivaron en medio basal MS con pH de 5.8 y 9 g L⁻¹ de agar durante una semana. A partir de las plantas obtenidas, se cortaron explantes de la base del tallo a un tamaño de 10 mm de longitud y 5 mm de diámetro. Los explantes se sembraron individualmente en seis medios de cultivo con pH de 5.8 y 9 g L⁻¹ de agar: M1 (BDS, 100 g L⁻¹ de sacarosa), M2 (0.25% MS, 45 g L⁻¹ de sacarosa), M3 (MS, 15 g L⁻¹ de sacarosa, 15 g L⁻¹ de manitol), M4 (MS, 72.868 g L⁻¹ de sorbitol), M5 (MS, 68.46 g L⁻¹ de sacarosa, 36.434 g L⁻¹ de sorbitol) y M6 testigo (MS, 30 g L⁻¹ de sacarosa). Las condiciones de incubación de los explantes fueron 25±1°C, 18±1°C y 5±1°C, densidad de flujo de fotones fotosintéticos de 25 µm m⁻² s⁻¹ y fotoperíodo de 16 h luz durante 365 días.

El experimento se realizó mediante un diseño aleatorizado con ocho repeticiones y la unidad experimental correspondió a un explante en un tubo de ensayo con medio de cultivo. Se midió longitud, sobrevivencia y contaminación en los explantes a 30 y 365 días. La longitud de los explantes se midió con un vernier digital y la contaminación y sobrevivencia se evaluaron de manera visual. Se realizó el análisis de varianza de las variables y la comparación de medias por el método de mínimos cuadrados con la prueba Tukey ($\alpha=0.05$) con el software de análisis de datos estadístico y gráfico Statgraphics Centurion XV.II.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de evaluar las variables de sobrevivencia, longitud y contaminación en explantes de ajo variedad Huerteño, se obtuvieron los siguientes resultados. En sobrevivencia, se observaron diferencias significativas en temperatura y medio de cultivo a 365 días ($p \leq 0.05$), donde se obtuvo mayor sobrevivencia de los explantes a 5°C en medio de cultivo M4 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de medias de mínimos cuadrados de la sobrevivencia (%), longitud (mm) y contaminación (%) de ajo variedad Tacátzcuaro Especial.

| Factor | Sobrevivencia | | Contaminación | | Longitud | |
|--------|---------------|----------|---------------|----------|-----------|----------|
| | 30 días | 365 días | 30 días | 365 días | 30 días | 365 días |
| 5°C | 90 a | 58 a | 13 b | 31 b | 23.26 c | 110.02 a |
| 18°C | 90 a | 35 b | 38 a | 72 a | 69.81 b | 98.17 a |
| 25°C | 90 a | 29 b | 8 b | 32 b | 87.87 a | 94.64 a |
| M1 | 75 a | 17 b | 17 a | 61 a | 39.62 c | 74.86 a |
| M2 | 96 a | 38 ab | 29 a | 66 a | 61.03 abc | 93.63 a |
| M3 | 92 a | 33 ab | 33 a | 44 a | 50.95 bc | 112.23 a |
| M4 | 88 a | 58 a | 13 a | 28 a | 52.57 bc | 104.66 a |
| M5 | 92 a | 54 ab | 13 a | 47 a | 72.65 ab | 100.50 a |
| M6 | 96 a | 46 ab | 13 a | 22 a | 85.06 a | 119.76 a |

Valores con letras iguales por columna entre cada factor no presentan diferencia significativa (Tukey $p \leq 0.05$).

El tiempo de conservación *in vitro* obtenido en la presente investigación es mayor a lo reportado por Benke *et al.* (2018) quienes conservaron ajo variedad Bhima durante cinco meses en medio de cultivo MS con sacarosa (68.46 g L^{-1}) y sorbitol (36.43 g L^{-1}) en condiciones estándar de luz y temperatura (fotoperíodo de 16 h luz, $25 \mu\text{m m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y $25 \pm 1^\circ\text{C}$).

Por otra parte, en contaminación se observaron diferencias significativas en temperatura a 30 y 365 días ($p \leq 0.05$). Se obtuvo mayor contaminación de los explantes a 18°C (Cuadro 1). Con respecto al medio de cultivo no se observaron diferencias significativas en esta variable ($p \leq 0.05$). La contaminación endógena de los explantes es uno de los principales obstáculos en el cultivo *in vitro* de plantas. No obstante, la sobrevivencia de los explantes contaminados en la presente investigación podría atribuirse a su no patogenicidad. A partir de bulbos de ajo se han aislado bacterias con actividad antimicrobiana y promotora del crecimiento vegetal *in vitro* (Costa Júnior *et al.*, 2020).

En longitud, se observaron diferencias significativas en temperatura y medio de cultivo únicamente a 30 días ($p \leq 0.05$). Los explantes a 5°C y en el medio de cultivo M1 mostraron menor crecimiento (Cuadro 1). Por lo tanto, la sobrevivencia de los explantes es una variable que permite elegir las mejores condiciones durante la conservación *in vitro* de ajo. En la Figura 1 se observa el crecimiento mínimo de ajo variedad Huerteño en diferentes medios de cultivo y temperaturas a 30 y 365 días de cultivo *in vitro*.

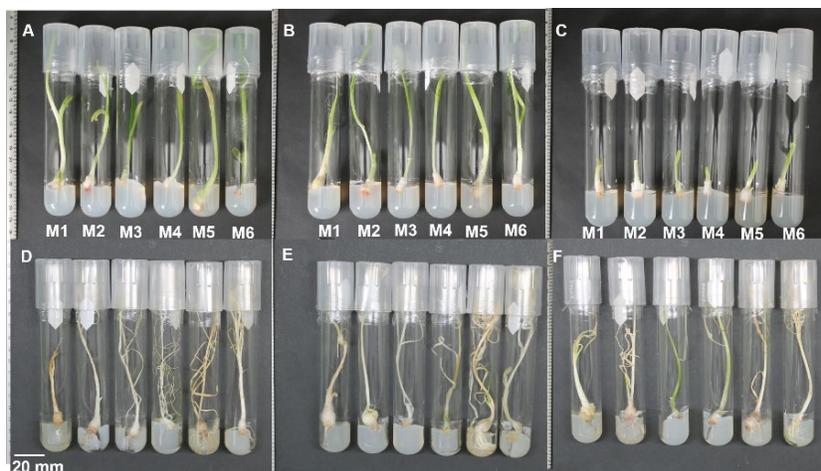


Figura 1. Crecimiento mínimo de ajo variedad Huerteño. A) 25°C, B) 18°C y C) 5°C, a 30 días de cultivo *in vitro*; D) 25°C, E) 18°C y F) 5°C, a 365 días de cultivo *in vitro*. M1: BDS, 100 g L⁻¹ de sacarosa; M2: MS (25%), 45 g L⁻¹ de sacarosa; M3: MS, 15 g L⁻¹ de manitol, 15 g L⁻¹ de sacarosa; M4: MS, 72.868 g L⁻¹ de sorbitol; M5: MS, 68.46 g L⁻¹ de sacarosa, 36.434 g L⁻¹ de sorbitol; M6: MS, 30 g L⁻¹ de sacarosa.

CONCLUSIONES

Se realizó la conservación *in vitro* de ajo variedad Huerteño de manera óptima durante un año mediante crecimiento mínimo a 5°C en medio de cultivo basal MS con sorbitol. Dichas condiciones de crecimiento mínimo, permiten preservar germoplasma de ajo variedad Huerteño conservando su integridad genética y en condiciones asépticas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados obtenidos en la presente investigación son parte del proyecto fiscal del INIFAP “Conservación *in vitro* y criopreservación de germoplasma de ajo en México” con No. SIGI 1155634761 y forman parte de la tesis de doctorado del primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdelrahman M, Hirata S, Mukae T, Yamada T, Sawada Y, El-Syaed M *et al.* 2021. Comprehensive metabolite profiling in genetic resources of garlic (*Allium sativum* L.) collected from different geographical regions. *Molecules*. 26:1415.
2. Benke A, Kuldip, Shelke P, and Singh M. 2018. Slow growth *in vitro* conservation studies in garlic. *J Allium Res.* 1(1):98-101.
3. Costa Júnior PSP, Cardoso FP, Martins AD, Teixeira Buttrós VH, Pasqual M, Dias DR *et al.* 2020. Endophytic bacteria of garlic roots promote growth of micropropagated meristems. *Microbiol Res.* 241:1-10
4. Panis B, Nagel M, and den Houwe IV 2020. Challenges and prospects for the conservation of crop genetic resources in field genebanks, in *in vitro* collections and/or in liquid nitrogen. *Plants.* 9(12): 1-22.
5. Ruta C, Lambardi M, and Ozudogru EA. 2020. Biobanking of vegetable genetic resources by *in vitro* conservation and cryopreservation. *Biodivers Conserv.* 29:3495-3532.

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD RÍO BRAVO C2018 EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Jorge Iván Alvarado Padilla^{1§}, Huizar Leonardo Díaz Cenicerros², Elizabeth García León³, Héctor Eduardo Villaseñor Mir⁴, René Hortelano Santa Rosa⁴, Eliel Martínez Cruz⁴, Julio Huerta Espino⁴, Gabriela Chávez Villalba² y Yara Nohemí Vargas Ruvalcaba¹

¹Campo Experimental Valle de Mexicali - INIFAP, ²Campo Experimental Norman E. Borlaug – INIFAP, ³Campo Experimental Valle del Fuerte – INIFAP y ⁴Campo Experimental Valle de México - INIFAP

(alvarado.jorge@inifap.gob.mx)

Palabras Clave: *Triticum durum*, Rendimiento de grano, Riegos

Introducción

La producción de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf) en México se realiza principalmente la región de Noroeste y concretamente en los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California (SIAP, 2021); en el sur de Sonora y norte de Sinaloa, la incidencia de enfermedades es el principal problema en la producción, sobre todo la incidencia de las royas de la hoja (*Puccinia triticina* E.) y amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*), que tienen la capacidad de generar continuamente nuevas razas fisiológicas que vencen la resistencia de las variedades tradicionalmente sembradas por los agricultores. La importancia de la incidencia de las royas en variedades susceptibles es que causan pérdidas considerables, tal es el caso de la raza BBG/BNG que en el año 2001 venció la resistencia de la variedad Altar C84, en 2008 las razas BBG/BPC y CBG/BPC afectaron las variedades Júpare C2001, Samayoa C2004 y Banámichi C2004 (Huerta *et al.*, 2009), y en el año 2016 la raza BBG/BPC que venció la resistencia de CIRNO C2008 (Pérez *et al.*, 2017). Por otra parte, en el noroeste de México la disponibilidad del agua de riego para el cultivo es otro factor restrictivo en la producción (Salazar *et al.*, 2012), que en los últimos años ha limitado la siembra de la superficie potencial para el cultivo de trigo. Considerando estos dos factores, el objetivo del presente trabajo fue validar el rendimiento de grano bajo condiciones de riego normal y riego limitado y la reacción a royas de la variedad Río Bravo C2018.

Materiales y Métodos

La variedad Río Bravo C2018 se validó y comparó junto con las variedades CIRNO C2008 y Movas C2009, en el noroeste de México durante el ciclo agrícola 2020/2021, en terrenos de productores innovadores en Juan José Ríos en Sinaloa, Valle del Yaqui en Sonora y Valle de Mexicali en Baja California. En cada lugar la siembra se realizó durante el mes de diciembre de 2020, el manejo agronómico del cultivo en cada región se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP para cada una de ellas y la cosecha se realizó durante el mes de mayo de 2021. En estos sitios se validó el rendimiento de grano bajo condiciones de riego normal (cuatro riegos de auxilio) y riego limitado (tres riegos de auxilio, con estrés hídrico en la etapa de llenado de grano), y en el Valle del Yaqui, Sonora se evaluó para enfermedades.

Resultados y Discusiones

En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento de grano y la reacción a roya de la hoja de Río Bravo C2018 y las dos variedades testigo, en donde se observa que el rendimiento de grano de Río Bravo C2018 fué mayor que el de las dos variedades testigo. En riego normal, superó a con 12.5% a CIRNO C2008 y con 5.1% a Movas C2009, mientras que en riego limitado superó a esas dos variedades con 22.3 y 48.7% respectivamente (Cuadro 1). Por otra parte, el rendimiento de Río Bravo C2018 fue más estable que las dos variedades testigo (información no presentada) y, en comparación con Cirno C2008 que es la variedad más sembrada en el noroeste de México, posee resistencia a las razas de roya de la hoja que prevalecen en las áreas productoras de trigo en el noroeste de México, situación que en la actualidad es un problema en Cirno C2008.

En la Figura 1 se presenta el comportamiento del rendimiento de grano de Río Bravo C2018 y las dos variedades testigo, en donde se observa que esta variedad superó a los testigos en general y bajo riego normal y riego limitado. La mayor ventaja de Río Bravo C2018 se presentó bajo riego limitado, sobre todo superando con mayor magnitud a Movas C2009. La información presentada en la Figura 1 toma mayor importancia, cuando se confirma que con las siembras de Río Bravo C2018 se puede suspender el último riego de auxilio sin que se afecte mucho el rendimiento de grano, a diferencia de la variedad Movas C2009 en donde la reducción del rendimiento fue de casi el 50 %.

Cuadro 1. Rendimiento de grano y reacción a royas de Río Bravo C2018 y variedades testigo bajo riego completo y riego limitado en el noroeste de México, O-I/2020-2021.

| Variedades | Riego Limitado (kg ha ⁻¹) | Riego Normal (kg ha ⁻¹) | Roya de la hoja |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| RÍO BRAVO C2018 | 7333 | 7964 | 0 - 0 |
| CIRNO C2008 | 5997 | 7081 | 10 MR - 60MS |
| MOVAS C2009 | 4932 | 7579 | 0 - 0 |

Roya amarilla en Hoja: MR = moderadamente resistente; MS = Moderadamente susceptible;

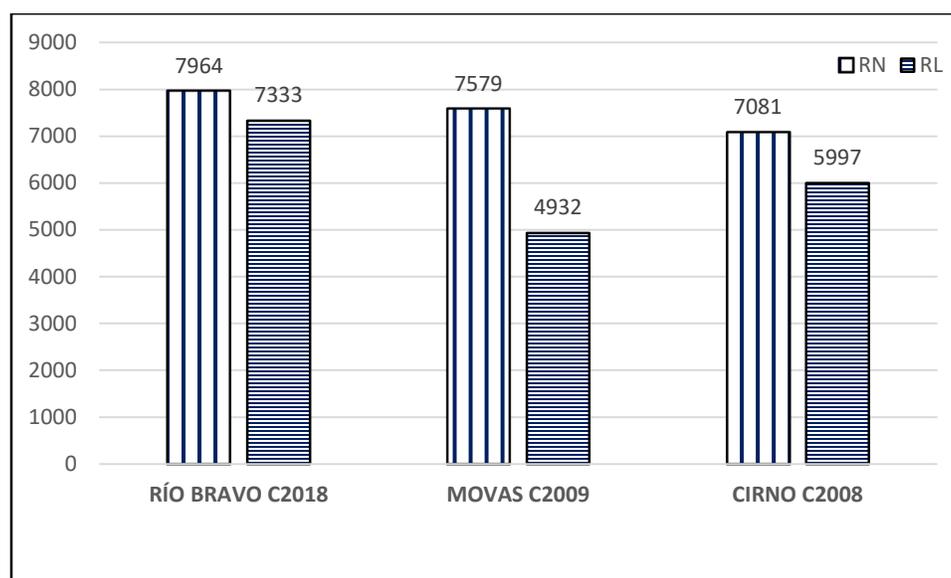


Figura 1. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de Río Bravo C2018 y testigos en riego normal y riego limitado en el noroeste de México, O-I/2020-2021.

Conclusiones

La validación de la variedad Río Bravo C2018 en tres regiones del Noroeste de México, confirma que es una variedad de trigo cristalino que superó el rendimiento de grano bajo riego normal y riego limitado de las dos variedades testigo, una de ellas es la más sembrada en México, y presentó mayor ventaja en riego limitado, por lo que también sería una buena opción cuando se restrinja el agua de riego en llenado de grano.

Río Bravo C2018 es una opción rentable para los productores por su resistencia a roya de la hoja.

Agradecimientos y Fuente financiera

Los resultados son parte del proyecto fiscal "RÍO BRAVO C2018, NUEVA VARIEDAD DE TRIGO MACARRONERO PARA SIEMBRAS DE RIEGO EN MÉXICO", con número SIGI 1823265007

Referencias Bibliográficas

- Huerta E. J., Singh R. P., Herrera F. S. A., Pérez L. J. B. and Figueroa L. P. (2009) First detection of virulence in *Puccinia triticina* to resistance genes *Lr27* + *Lr31* present in durum wheat in Mexico. *Plant Disease* 93:110, <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-1-0110C>
- Pérez L. J. B., García L. E., Villaseñor M. H. E., Singh R. P. y Ammar K. (2017) Desarrollo de la epifitía de roya de la hoja causada por *Puccinia triticina* E. en la variedad de trigo cristalino Cirno C2008 durante el ciclo otoño-invierno 2016-2017 en el Bajo Río Mayo, Sonora. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35(Supl, 2017): S39.
- Salazar A. A., Moreno V. J. L. y Lutz L. A. N (2012) Agricultura y manejo sustentable del acuífero de la Costa de Hermosillo. *Región y Sociedad* 24:155-179, <https://doi.org/10.22198/rys.2012.3.a411>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Boletín mensual de producción. Trigo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537083/Boletin_avance_producci_n_trigo_enero_2021.pdf (Julio 2021).

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento.

DURAZNO “BRIZNA” PARA REGIONES CON BAJA OCURRENCIA DE HELADAS

Fernández Montes, M.R.^{1*}, Melero Meraz, V.², Zegbe Domínguez, J.A.², Rivas V,P.³, Pérez González.S.⁴

¹ INIFAP Querétaro, ² Investigadores INIFAP Zacatecas, ³ INIFAP México, ⁴ Investigador jubilado

fernandez.rafael@inifap.gob.mx, amarfem17@yahoo.com.mx

Palabras clave: durazno, variedad, mejoramiento, maduración

INTRODUCCIÓN

En México se cultivan aproximadamente 35,000 ha en 25 estados del país, la mayoría bajo condiciones de riego. En los estados de Morelos, México, Jalisco, Guanajuato, Querétaro y Michoacán se localizan regiones con baja o nula ocurrencia de heladas durante el invierno, con acumulación de frío invernal inferior a las 200 horas, y en donde es factible cosechar duraznos durante los meses de invierno y primavera, cuando la oferta es muy baja y por tanto los precios de venta son más altos para los fruticultores (Sánchez, 2010). Esto se logra con variedades que florezcan durante los meses del otoño e invierno, de octubre a enero; y por consecuencia las cosechas se presenten desde diciembre hasta abril. La variedad más difundida en estas regiones es “Diamante”, generada e introducida del Brasil desde hace más de 40 años, de fruta amarilla, hueso pegado, pero con reducida firmeza, con poco dulzor y forma arriñonada (Calderón, 2010).

OBJETIVOS

Generar variedades mejoradas de durazno para las regiones de bajo requerimiento de frío, con baja ocurrencia de heladas, con el fin de contribuir al crecimiento del cultivo en zonas nuevas, aumentando la oferta durante la temporada baja y aprovechando los precios altos de venta para los fruticultores.

MATERIALES Y METODOS

El mejoramiento genético se ha desarrollado en base a la hibridación o cruzamiento de genotipos con características destacadas (Byrne, 2003). Se inició con el cruzamiento entre genotipos criollos mexicanos con variedades y/o selecciones sobresalientes de otros países. Se realizó durante la etapa de floración, utilizando a los criollos como plantas madre y al polen de genotipos sobresalientes introducidos como progenitores masculinos. La evaluación y selección se realizó en San Juan del Río, Qro. en un huerto experimental de más de 5 años de edad, con más de 150 genotipos híbridos seleccionados, con un mínimo de 3 plantas de cada uno. La evaluación se realizó durante los años 2008 a 2011. Se tomaron nueve variables en base a características del árbol y de sus frutos: EF época de floración, EM época de maduración, S sanidad de la planta, V vigor de la planta, H hábito de crecimiento de la planta, PR productividad anual de la planta, T tamaño del fruto, P peso del fruto, F firmeza del fruto, SB sabor del fruto, J jugosidad del fruto, C color de la piel o cáscara del fruto. Se tomaron muestras de un mínimo de 10 frutos por genotipo. Éstas fueron analizadas multivariadamente por componentes principales con ayuda del software Sistema de Análisis Estadístico ver. 9.3 (SAS Institute, Cary, NC, USA)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis multivariado por componentes principales (CP) reveló que colectivamente las variables de los 150 genotipos de durazno tuvieron particular relevancia en los 4 primeros componentes principales, ya que en conjunto acumularon 87% de la variabilidad y registraron los valores raíz más altos (Cuadro 1). El primer componente (CPI) concentró un 31.8% de la variabilidad total. Los vectores raíz y los valores de las correlaciones entre las variables originales y el CPI sugieren que las variables de vigor, hábito de crecimiento y productividad son los atributos de mayor valor, por lo que puede denominarse “hábito vegetativo y reproductivo” (Figura 1). El segundo componente (CPII) explicó el 30% de la variabilidad. Los vectores raíz y los valores de correlación entre las variables originales y el CPII sugieren que la firmeza, sabor y jugosidad son los atributos de valor medio asociados al componente, por lo que puede nombrarse “caracteres organolépticos” (Figura 1A). El tercer componente (CPIII), agrupó menor variabilidad, del 14%. El vector raíz y los valores de correlación con el CPIII sugieren que el peso fresco del fruto y el diámetro ecuatorial son las variables asociadas a este CP por lo que este componente se llamó “tamaño de fruto” (Figura 1B). El tamaño medio del total de los frutos analizados fue de 86.53 g y un diámetro de 54 mm. Un cuarto CP explica un 11% de la variabilidad asociada principalmente a la sanidad general de la planta.

Cuadro 2. Vector raíz y correlación simple entre valores originales de atributos de árboles de durazno y sus frutos.

| Variables | Media±S | COMPONENTES | | | | | |
|-----------------------------|-----------|--------------|--------------------|--------------|---------------------|---------------|--------------------|
| | | I | | II | | III | |
| | | Vector raíz | R | Vector raíz | R | Vector raíz | R |
| Vigor del árbol | 2.1±0.3 | 0.470 | 0.80*** | -0.189 | -0.31*** | 0.398 | 0.45*** |
| Habito de crecimiento | 2.1±0.3 | 0.468 | 0.79*** | -0.194 | -0.32*** | 0.389 | 0.44*** |
| Productividad | 1.6±0.3 | 0.324 | 0.55*** | -0.044 | -0.07 ^{NS} | 0.235 | 0.27** |
| Diámetro ecuatorial (mm) | 53.9±9.0 | 0.469 | 0.79*** | 0.091 | 0.15 ^{NS} | -0.512 | -0.58*** |
| Peso fresco del fruto (g) | 86.5±33.0 | 0.468 | 0.79*** | 0.086 | 0.14 ^{NS} | -0.516 | -0.58*** |
| Firmeza de la fruta | 2.2±0.2 | 0.084 | 0.14 ^{NS} | 0.528 | 0.87*** | 0.146 | 0.17* |
| Sabor de la fruta | 2.2±0.3 | 0.045 | 0.08 ^{NS} | 0.553 | 0.91*** | 0.156 | 0.18* |
| Jugosidad de la fruta | 2.2±0.3 | 0.072 | 0.12 ^{NS} | 0.569 | 0.94*** | 0.148 | 0.17* |
| Sanidad del árbol | 2.7±0.1 | 0.034 | 0.06 ^{NS} | 0.023 | 0.04 ^{NS} | 0.199 | 0.22 ^{NS} |
| Valor raíz | | 2.86 | | 2.70 | | 1.28 | |
| Varianza explicada (76.02%) | | 31.83 | | 29.99 | | 14.2 | |

Nota: S = desviación estándar; *, **, *** y ^{NS} indican, respectivamente, significación con $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$; $p \leq 0.001$ y no significativo

La mayor parte de los genotipos estudiados maduran durante el mes de julio (JL). Cuando se graficaron todos los genotipos dentro de los tres primeros CP, se encontró una dispersión uniforme entre los cuadrantes que refleja la diversidad de los genotipos (Figura 1); es decir dentro de un mismo mes de maduración existe alta variación de características; éstas son muy útiles dentro de los programas de mejoramiento genético. Sin embargo, los genotipos que maduraron en el mes de agosto (AG) presentaron un reducido desarrollo vegetativo y reproductivo pero un buen tamaño de fruto (Figura 1B). El estudio permitió identificar a los JL11 y JL9 como genotipos con fruta pequeña y de baja calidad, pero con buen vigor, los cuales en un futuro pudieran ser candidatos a portainjertos. Por otro lado, se pudieron identificar a los genotipos MA1, JN1, JN2, JN3, JN8, JL2, JL2, JL3, JL4, con las mejores características organolépticas, productivas y vegetativas pero que no coinciden con un buen tamaño de fruto excepto los genotipos JN1 y JN2.

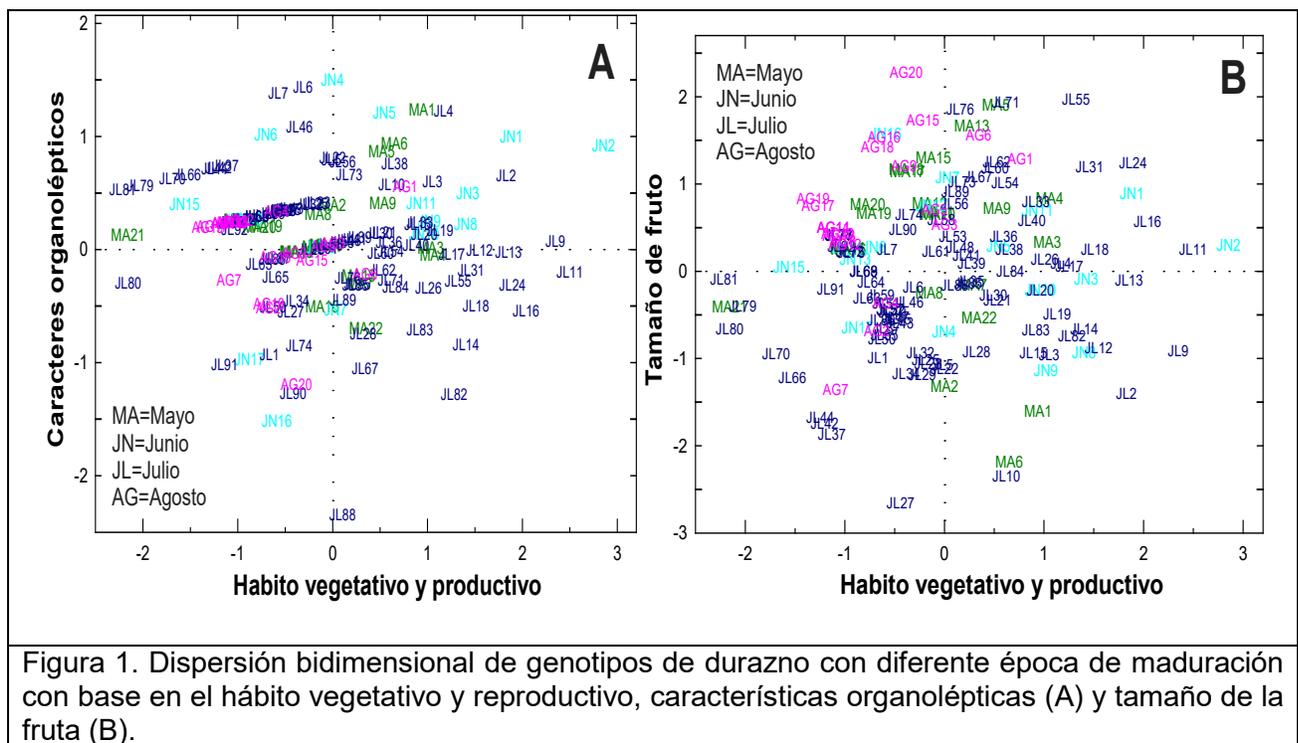


Figura 1. Dispersión bidimensional de genotipos de durazno con diferente época de maduración con base en el hábito vegetativo y reproductivo, características organolépticas (A) y tamaño de la fruta (B).

En base a lo anterior, se seleccionó a JN1 como la variedad “Brizna”, con características idóneas para su cultivo en altitudes de 1,500 a los 2,000 msnm, en donde se acumulan menos de 200 horas frío (entre 2° y 8°C); que permite la floración en épocas tempranas, normalmente durante los meses de enero y febrero, en sitios con mínima ocurrencia de heladas, así como un buen amarre o cuajado de los frutos. Su ciclo de crecimiento es de 120 a 140 días a partir de la floración, madura desde fines de abril hasta mediados de junio. Esto permite aprovechar altos precios de venta, superiores a \$15 por kg. Evitando la competencia en la comercialización con las variedades que maduran durante los meses de julio a septiembre, cuando se presente la mayor oferta cada año. Presenta buena tolerancia a la cenicienta (*Sphaerotheca pannosa*). Posee alta densidad de yemas en las ramas mixtas o cargadores o fruteros, lo que hace necesario un adecuado raleo o desahije de frutos a partir de la floración. El árbol es de vigor alto, porte semiabierto, y con un buen manejo se logra una alta productividad, con rendimientos superiores

a 15 t/ha. El fruto es de tamaño grande, con peso de 150 a 250 g, dependiendo del número de frutos por árbol. Su color externo es muy atractivo, amarillo chapeteado en rojo (hasta 40 %) y la pulpa naranja. La forma es redonda; con muy baja pubescencia; el sabor agradable con acidez media y dulce (superior a 12° brix). El hueso es de tamaño pequeño, pegado o adherido a la pulpa y con alta firmeza para el consumo en fresco, que le favorece una vida de anaquel o poscosecha de 2 a 3 semanas.



Figura 2. Frutos del genotipo JN1, seleccionado como la nueva variedad “Brizna”

CONCLUSIONES

1. La variedad “Brizna” posee como características principales su floración y maduración tempranas, su alta productividad y alta calidad de sus frutos, en base a su tamaño grande, alta firmeza y color externo muy atractivo.
2. Tiene potencial de buena adaptación en otras regiones subtropicales del sur del país, en donde el clima con baja ocurrencia de heladas le permite obtener cosechas en épocas de maduración temprana.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

En complemento al Inifap, se contó con el financiamiento parcial del CONACYT y de las Fundaciones Produce en Guanajuato y Querétaro, A.C.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Byrne, D.H. 2002. Peach Breeding Trends: A Worldwide Perspective. 5th International Peach Symposium. Acta Horticulturae Num. 592: 49-59.
- Calderón Z., G., Elías D., E.R., Espíndola B., M.C. 2011. Mejoramiento de duraznos y nectarinas. 7°. Congreso Nacional del Sistema Producto Durazno. Nuevo Casas Grandes, Chih. 22-24 sept.
- Sánchez R., G. 2010. Tendencia internacional y nacional para el durazno. 6°. Congreso Nacional del Sistema Producto Durazno. Puebla, Pue. 11-13 nov

Sección: Agrícola – Recursos genéticos y mejoramiento

PRODUCTIVIDAD DE CHILE XCAT IK EN INVERNADERO Y VARIABILIDAD EN LA FORMA DE FRUTO

Felipe Santamaría Basulto^{1*}, Raúl Díaz Plaza¹, Carolina Isabel Basto Pool¹
Manuel Jesús Zavala León¹, Felipe de Jesús Tut Pech¹

¹Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Mocochoá, km 25 antigua carretera Mérida-Motul, C.P. 97454, Mocochoá, Yucatán, México.

santamaria.felipe@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Capsicum annuum*, descriptores, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El Xcat ik (*Capsicum annuum*) es un chile criollo cultivado en Yucatán muy apreciado en la cocina regional, se consume fresco, asado o dentro de la cocción de los guisos regionales. Es un chile de color amarillo verdoso pálido, de forma cónica alargada y puntiagudo, conforme madura adquiere tonos anaranjados hasta volverse rojo (Santamaría y Zavala, 2020). Entre las poblaciones de chile Xcat ik se encuentra una amplia variación en los caracteres como largo, peso y forma de fruto (Vera-Sanchez et al., 2016). Es escasa la información sobre la tecnología de producción de este chile, se desconoce el potencial de rendimiento y no hay disponibilidad de variedades. El objetivo del trabajo fue evaluar el rendimiento y calidad de fruto de chile Xcat ik producido en estructura protegida y conocer la variabilidad de formas de fruto de las accesiones de chile Xcat ik del Banco de Germoplasma de Chiles del CE Mocochoá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las parcelas se establecieron en un invernadero del CE Mocochoá, las plantas se establecieron con una separación de 1.5 m entre líneas y 0.5 m entre plantas. Para la evaluación de rendimiento se utilizaron plantas provenientes de un vivero comercial de la localidad de Suma, Yucatán, la fecha de trasplante fue el 4 de septiembre de 2020, se utilizaron 6 parcelas de 11 plantas. Se evaluó el rendimiento de fruto fresco clasificado por tamaño grande, mediano y chico de acuerdo al código de calibre de la NORMA MEXICANA NMX-FF-025-SCFI-2014. Para la evaluación de la variabilidad de formas de frutos se utilizaron las accesiones P108 (colectada en el Municipio de Muna) y YMRM (colectada en el Municipio de Tizimín) del Banco de Germoplasma de Chiles del CE Mocochoá. El semillero se sembró el 4 de agosto y la fecha de trasplante fue el 4 de septiembre de 2020. Se utilizaron 5 parcelas de 5 plantas de cada accesión. Se utilizaron los descriptores de fruto propuesto por la UPOV (2018) y por IPGRI, AVRDC y CATIE (1995)

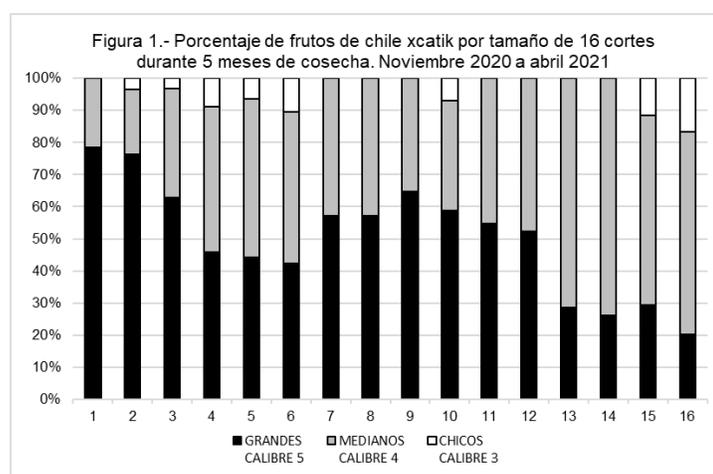
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción inició el 24 de noviembre de 2020, la parcela se mantuvo en cosecha hasta el 21 de abril de 2021. La producción de fruto fresco fue de 37.400 ton/ha (Cuadro 1). Este rendimiento es alto considerando que el promedio de producción es de 11.55 ton/ha a cielo abierto y 15.95 ton/ha en malla sombra. El peso del fruto fue de 36.4 g en promedio, aunque varió por calibre, en los frutos grandes (calibre 5, mayores a 16 g) el peso promedio fue de 48.6 g, en los frutos medianos (calibre 4, de 12.1 a 16 cm) el peso promedio fue de 36.2 g, y en los frutos chicos (calibre 3, de 8.1 a 12 cm) el peso promedio fue de 24.4 g por fruto.

Cuadro 1. Producción de chile Xcat ik en invernadero clasificado por tamaño

| | G/fruto | Ton/Ha | Porcentaje |
|-----------------------------|---------|--------|------------|
| Frutos grandes (calibre 5) | 48.6 | 19.175 | 51.3 % |
| Frutos medianos (calibre 4) | 36.2 | 16.645 | 44.5 % |
| Frutos chicos (calibre 3) | 24.4 | 1.580 | 4.2 % |
| TOTAL | 36.4 | 37.400 | 100 % |

La mayor parte de la producción fue de calibre 5, que corresponde a los frutos grandes (51.3%) muy seguido de los frutos medianos (44.5%). En los primeros cortes la mayor parte de la producción es de fruto de tamaño grande y conforme se alarga el ciclo productivo, esto se invierte (Figura 1). Estos resultados muestran el potencial de producción y de calidad de fruto con base en el tamaño que se puede alcanzar. La menor productividad reportada en las estadísticas se puede deber al ciclo productivo y al ataque de plagas, en este trabajo la cosecha duró cinco meses y las mallan antiáfidos evitaron la entrada de plagas.



En cuanto a la descripción, se encontró que las accesiones de chile Xcat ik tienen fruto de forma triangular estrecha, con cáliz de aspecto no envolvente, margen del cáliz liso, sinuosidad excluida la parte basal ausente o muy débil y forma del ápice agudo, los frutos inmaduros son de color amarillo verdoso pálido, conforme madura adquiere tonos anaranjados y rojos hasta volverse completamente rojo. De acuerdo con las directrices de la UPOV (2018) la cavidad peduncular en los frutos de las accesiones evaluadas es ausente, sin embargo, esto no representa la forma del fruto en la unión con el pedicelo que observamos. En los Descriptores para Capsicum de IPGRI, AVRDC y CATIE (1995) se considera que la forma del fruto en la unión con el pedicelo puede ser agudo, obtuso, truncado, cordado y lobulado. El descriptor más adecuado para los frutos evaluados es truncado, sin embargo, la parte basal del fruto es menos ancha que la figura de referencia. Los hombros de los frutos evaluados tienen una forma que los distingue y que permite agruparlos, por ejemplo: redondeada, plana e incluso se encontró una planta con frutos de forma lobulada que en las directrices de UPOV (2018) sería cavidad peduncular presente.

En el Cuadro 2 se muestran las características observadas. P108 presentó frutos con la forma en la unión con el pedicelo redondeada, sin cuello en la base del fruto y sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente. Esto se observó en el 88 % (22 plantas), el 8% (2 plantas) presentó frutos con forma similar pero con sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil. YMRM presentó mayor variación. El 16% (4 plantas) presentó frutos con la forma en la unión con el pedicelo redondeada ancha y sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente. El 24 % (6 plantas) tuvieron forma del fruto en la unión con el pedicelo redondeada y sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil. El 44%(11 plantas) presentaron la forma del fruto en la unión con el pedicelo plana y sinuosidad del pericarpio en la parte basal media. Además, se encontró una planta con la forma del fruto en la unión con el pedicelo plana y sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente, una planta con la forma del fruto en la unión con el pedicelo lobulada o cavidad peduncular

presente y sinuosidad del pericarpio en la parte basal media, y una planta con la forma del fruto en la unión con el pedicelo plana y sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil, pero de cáscara verde esmeralda.

CONCLUSIONES

El potencial de producción de fruto fresco de chile Xcat ik de 36 ton/ha es alta y mucho mayor de la producción reportada en las estadísticas oficiales.

La mayor parte de la producción clasifica dentro del calibre 5 (mayores de 16 cm de largo), en los primeros cortes la mayor parte de la producción es de fruto de tamaño grande y conforme se alarga el ciclo productivo, esto se invierte. La accesión P108 presenta buen avance en el grado de homogeneidad respecto a la forma de fruto. Por otra parte, la accesión YMRM presentó mucha variabilidad, esto puede aprovecharse para la obtención de variedades, una vez que las características sean homogéneas y estables.

Cuadro 2.- Descripción de las diferencias de las características de los frutos observados en las dos accesiones de chile Xcat ik.

| Accesión | Descripción | Imagen | Accesión | Descripción | Imagen |
|--------------|---|---|---------------|---|---|
| 1 P108 | Forma del fruto en la unión con el pedicelo redondeada, sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente |  | 5 YMRM-psa | Forma del fruto en la unión con el pedicelo plana, sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente |  |
| 2 YMRM-ra | Forma del fruto en la unión con el pedicelo redondeada ancha, sinuosidad del pericarpio en la parte basal ausente |  | 6 YMRM-cvp | Forma del fruto en la unión con el pedicelo lobulada o cavidad peduncular presente, sinuosidad del pericarpio en la parte basal media |  |
| 3 YMRM-rs | Forma del fruto en la unión con el pedicelo redondeada, sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil |  | 7 YMRM-cv | Forma del fruto en la unión con el pedicelo plana, sinuosidad del pericarpio en la parte basal débil. De cáscara verde esmeralda |  |
| 4 YMRM-ps | Forma del fruto en la unión con el pedicelo plana, sinuosidad del pericarpio en la parte basal media |  | | | |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IPGRI, AVRDC y CATIE. 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.).

Santamaría BF, y Zavala LMJ.. 2020. Estados de maduración de chile Xcat ik para la producción de semilla. Centro de Investigación Regional Sureste, CE Mochochá. Desplegable para productores Núm. 22.

UPOV (Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales). 2018. TG/76/8 Directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad. Ají, chile, pimiento. Código de la UPOV: CAPSI_ANN. *Capsicum annuum* L. 53 p.

Vera-Sánchez KS, Cadena-Iñiguez J, Latournerie-Moreno L, Santiaguillo-Hernández JF, Rodríguez-Contreras A, Basurto-Pena FA, Castro-Lara D, Rodríguez-Guzmán E, López-López P, Ríos-Santos E. 2016. Conservación y utilización sostenible de las Hortalizas Nativas de México. SNICS, México. 132p.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

VCS-FUEGO: VARIEDAD DE SORGO DOBLE PROPÓSITO PARA EL ESTADO DE SINALOA

Jesús A. López-Guzmán^{1*}, Tomas Moreno-Gallegos¹, Obed Gabriel Gutierrez Gutierrez¹, Jesús Pérez marquez¹, Edgardo Cortez Mondaca², Alfredo Loaiza-Meza¹, Claudia M. Melgoza-Villagómez²

¹Campo Experimental Valle de Culiacán-INIFAP. Carretera Culiacán-El Dorado, km 17.5. Municipio. C. P. 80000, Culiacán. Sinaloa, México.

²Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP. Km. Carretera Internacional México-Nogales Km. 1609. Juan José Ríos, Sinaloa, México.

³Sitio Experimental Valle de Santo Domingo-INIFAP. Carretera Transpeninsular Km. 208. Cd. Constitución, B. C. S., México.

guzman.jesus@inifap.gob.mx

Palabras clave; *Sorghum bicolor*, forraje, grano, resistencia a enfermedades.

INTRODUCCIÓN

La superficie sembrada de sorgo en México (*Sorghum bicolor* L. Moench) para el año 2018 fue de 1, 335, 510 ha, con una producción de 4, 531, 000 ton de grano, con un rendimiento promedio de 3.48 ton/ha y 3, 923, 000 ton de forraje verde y un rendimiento medio de 22.8 ton/ha. El estado de Sinaloa ocupa el tercer lugar a nivel nacional en superficie sembrada de sorgo, después de Tamaulipas y Guanajuato; en el Estado se siembran 81 mil 119 ha. En cuanto a producción de grano y forraje, Sinaloa ocupa el cuarto lugar con 325 872 ton de grano con un rendimiento promedio de 4.03 ton/ha y 1, 025, 000 ton de forraje verde al año con un promedio de 21 ton/ha (SIAP, 2019).

Entre los principales problemas que enfrenta el cultivo del sorgo en Sinaloa, son la sequía, causada por la distribución errática de lluvias (de 450 a 600 mm, durante el periodo de julio a noviembre), así como el escaso uso de prácticas de conservación y aprovechamiento de la humedad (Hernández *et al.*, 2010). Sin embargo, en el centro y sur de Sinaloa, se siembran predominantemente híbridos comerciales bajo condiciones de temporal susceptibles a enfermedades y al acame de las plantas, imposibilitando la cosecha mecánica y la pérdida en el rendimiento de grano.

En los últimos años en el programa de mejoramiento genético del Campo Experimental Valle de Culiacán (CEVACU) ha sido posible identificar nuevos genotipos con mayor tolerancia a enfermedades, un ejemplo es la nueva variedad de sorgo VCS-Fuego que presenta mayor tolerancia a las enfermedades; ergot causada por *Claviceps african*, antracnosis causada por *Colletotrichum graminicola*, tizón de la panoja causada por *Fusarium moniliforme* y pudrición carbonosa del tallo causada por *Macrophomina phaseolina* (Velázquez *et al.*, 2001; Williams-Alanís *et al.*, 2009).

MATERIALES Y MÉTODOS

El germoplasma que dio origen a esta nueva variedad se originó mediante un proceso de hibridación y selección genealógica, iniciado con la cruce F1 (inata) en el campo experimental Valle de Culiacán en el año 2009, a partir de unas líneas heterogénea introducidas del ICRISAT, sin identificación parental nominada localmente como BT09T9R. En la primera generación (F1) se cosechó en masa (M). A partir de la segunda generación (F2) se realizó selección individual por panoja seleccionando siempre por tamaño de panoja, tipo de panoja, excersión, altura, sanidad de la planta y precocidad hasta la quinta generación (F5). De la sexta a la séptima generación (F7), se cosecho de forma masal, mediante este proceso se logró una línea homogénea. Su genealogía se identifica como BT09T9R BT09-T9-M-2-5-3-1-M-M

A partir del año 2009 esta variedad se evaluó en ensayos de rendimiento bajo condiciones de temporal o seco y riego, en varias localidades del estado de Sinaloa, México.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En evaluaciones realizadas bajo condiciones de temporal en la zona sur y centro de Sinaloa, VCS-Fuego mostró un comportamiento similar a los testigos comerciales. En ensayos de rendimiento realizados durante el ciclo primavera-verano bajo temporal, VCS-Fuego presentó un rendimiento promedio de 4003 kg ha⁻¹ de grano, con lo cual supera en 6.40% al rendimiento promedio de dos testigos comerciales Montes *et al.* (2012).

En la evaluación de producción de forraje durante los ciclos primavera-verano, establecidos bajo temporal. VCS-Fuego rindió en promedio 35 000 kg ha⁻¹ de forraje verde, superando en 38.68% al promedio del testigo comercial.

La variedad VCS-Fuego es de ciclo vegetativo intermedio 65 a 72 días a floración y de 105 a 110 días a la cosecha, tiene una altura de planta promedio de 3.12 m, sus hojas son de color verde claro, de textura media, sin antocianinas; su tallo tiene ocho entrenudos a madurez y el jugo de éste tiene una concentración de sólidos solubles de 18 a 19 °Brix cuando las plantas tienen el grano lechoso masoso, espigas medianas (24 cm), abierta, con buena excersión (20 cm), el grano es de color rojo, de forma circular y semiaplanada, con testa y endospermo cristalinos, y de textura media.

CONCLUSIONES

Por las características agronómicas que presenta VCS-Fuego se propuso su liberación como nueva variedad para el estado de Sinaloa. La semilla básica está a disposición de los productores en el Campo Experimental Valle de Culiacán, en Culiacán, Sinaloa.



Fig. 1. Planta de la variedad de sorgo “VCS-Fuego” reproducida en Culiacán, Sinaloa.



Fig. 2. Panoja representativa de la variedad “VCS-Fuego” reproducidas en Culiacán Sinaloa.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández-Espinal, L. A.; Moreno, G. T.; Loaiza, M. A. y Reyes, J. J. E. 2010. Gavatero-203, nueva variedad de sorgo forrajero para el estado de Sinaloa. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 1:727-731. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342010000500013
- Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2019
- Montes-García N.; Williams-Alanís, H.; Moreno-Gallegos, T.; Cisneros- López, M. E. y Pecina-Quintero V. 2012. Rb-paloma variedad de sorgo blanco para producción de grano y forraje. *Rev. Fitotec. Mex.* 35:185-187. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000200011
- Velázquez, V. R.; Narro, S. J. y Torres, M. H. 2001. Diseminación inicial del cornezuelo (*Claviceps africana*) de sorgo en México. *Rev. Mex. Fitopatol.* 19:100-103.
- Williams-Alanís, H.; Pecina-Quintero, V.; Montes-García, N.; Palacios- Velarde, O.; Arcos-Cavazos, G. y Vidal-Martínez, V. A. 2009. Reacción de variedades de sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.] para grano a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. *Rev. Mex. Fitopatol.* 27:148-155.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

RUBI, VARIEDAD DE AVENA (*Avena sativa* L.) PARA SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO RUBI, OAT CULTIVAR (*Avena sativa* L.) FOR SEASONAL PLANTING IN MEXICO

Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹, René Hortelano Santa Rosa¹, María Florencia Rodríguez García¹, Eliel Martínez Cruz^{1§}, Julio Huerta Espino¹ y Eduardo Espitia Rangel¹.

¹Campo Experimental Valle de México – INIFAP

§martinez.eliel@inifap.gob.mx autor por correspondencia

Palabras clave: Roya del tallo, Mayor rendimiento, Amplia adaptación.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de avena ha incrementado su superficie sembrada en México en los últimos 30 años de aproximadamente 600 mil a cerca de un millón de hectáreas; en el 2019 fueron sembradas 904,158 hectáreas y el 80 % de las siembras se realizaron bajo condiciones de temporal (SIAP, 2020). La roya del tallo causada por el hongo *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* Eriks. y Henn. es la principal limitante en la producción de avena, enfermedad que puede causar pérdidas hasta del 70 % (Leyva *et al.*, 2004) en variedades susceptibles. La resistencia genética es la mejor defensa para evitar el daño por enfermedades como la roya del tallo (Villaseñor *et al.*, 2001). Las regiones productoras con pocas variedades en las siembras comerciales son ideales para el desarrollo de nuevas razas fisiológicas de royas (Singh *et al.*, 2004); esta situación ha prevalecido en las siembras de avena en México durante los últimos años, lo que ha propiciado la pérdida de resistencia de las variedades y la proliferación de mayor número de razas fisiológicas del patógeno, tal y como lo indicó Zamudio-Colunga, (2016), quien reportó para los Valles Altos de México la presencia de 62 razas diferentes de roya del tallo. Ante esta situación, es necesario implementar estrategias de mejoramiento orientadas al desarrollo de variedades con resistencia duradera, para lo cual se deben identificar genotipos que posean genes con efectos menores o resistencia poligénica. Debido a la escasez de variabilidad genética de avena en México, el programa de mejoramiento genético del INIFAP ha mantenido una estrategia de generación de líneas y su recombinación para acumular genes menores de resistencia. Rubí es una variedad de avena generada por el instituto que se validó e nivel comercial para valorar sus cualidades agronómicas y fitopatológicas. El objetivo del presente trabajo es presentar la información de la validación de la variedad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La variedad de avena Rubí se validó en siembras comerciales contra las variedades Avemex y Obsidiana en las localidades de Terrenate y Francisco Madero, Tlax. en terrenos de los agricultores Marcial Huerta Olvera y Jorge Sánchez Flores, respectivamente. Las parcelas se establecieron bajo condiciones de temporal y bajo el manejo agronómico recomendado por el INIFAP para cada una de las dos regiones. La localidad de Terrenate se localiza a 2650 msnm y se caracteriza por sus suelos delgados con baja retención de humedad, precipitación irregular de 350 a 450 mm, adecuada para la incidencia severa de roya del tallo, mientras que la localidad de Francisco Madero se localiza a 2560 msnm y se caracteriza por sus suelos medio profundos con buena capacidad de retención de humedad, con precipitación de 500 a 600 mm regularmente bien distribuida y adecuada para la incidencia moderada de roya del tallo y enfermedades foliares. No se utilizó diseño experimental, se realizaron muestreos en las parcelas y se registraron las variables rendimiento de grano, días madurez e incidencia de roya del tallo.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 1 se presenta la comparación del rendimiento de grano, días a madurez y reacción a roya del tallo de Rubí y las variedades testigo Avemex y Obsidiana en las localidades de Terrenate y Francisco Madero, Tlax., en donde se observa que en general Rubí superó el rendimiento de grano promedio de las variedades testigo en las dos localidades. En la localidad de Terrenate la productividad fue menor que en Francisco Madero, en aproximadamente 20 %. El ciclo de cultivo (días a madurez), si consideramos a la variedad Rubí, fue ligeramente mayor en Terrenate (122 días vs 119 días), sin embargo, en las variedades testigo Avemex y Obsidiana fueron menores los días a madurez en Terrenate; la explicación de este comportamiento, es que en Terrenate la incidencia de roya del tallo fue mayor (incidencia y tipo de reacción), alcanzando en estas variedades lecturas de 70 a 80 % de infección con reacción de susceptibilidad; es conveniente indicar que este porcentaje de infección con este tipo de reacción, tienden a causar

la senescencia acelerada en las plantas, de tal manera que el menor ciclo en Terrenate en las dos variedades testigo se debió a dicho proceso. Rubí se comportó como una variedad Moderadamente Resistente (Francisco Madero) a Moderadamente Susceptible (Terrenate) a roya del tallo con valores de infección menores al 20 %, lo que desde el punto de vista fitopatológico se puede referir a una variedad con Resistencia/Tolerancia a la enfermedad, que seguramente se puede deber al efecto de genes menores de resistencia. Por otro lado, en el Cuadro 1 se presenta la incidencia de roya del tallo en las tres variedades en las dos localidades de prueba, en donde se observa que en Terrenate se presentó mayor incidencia de la enfermedad. Adicionalmente en dicho cuadro y Figura 1 se observa que Rubí superó ampliamente el rendimiento de grano de las dos variedades testigo, en Terrenate con 47 % a Obsidiana y 56 % a Avemex y en Francisco Madero con 34 % a Obsidiana y 40 % a Avemex, diferencia que se debe principalmente a la mayor resistencia genética de Rubí. En la Figura 1 se presenta gráficamente ese comportamiento, en donde se observa que efectivamente Rubí las superó con mayor magnitud en Terrenate.

Cuadro 1. Variables agronómicas y fitopatológicas de Rubí y dos variedades testigo.

| VARIEDAD | R.G. (kg ha ⁻¹) | | | | D.M. | | R.T.* | |
|------------------|-----------------------------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|
| | Terre | %/Rub | FMad | %/Rub | Terre | FMad | Terre | FMad |
| RUBI | 2589 | .... | 3124 | ..... | 122 | 119 | 20MS | 15MR |
| AVEMEX | 1125 | -56 | 1871 | -40 | 113 | 117 | 80S | 60MS |
| OBSIDIANA | 1358 | -47 | 2058 | -34 | 114 | 116 | 70S | 50MS |

R.G. = rendimiento de grano; Terre = Terrenate, Tlax.; F.Mad = Francisco Madero, Tlax.; D.M. días a madurez; R.T. = lectura de roya del tallo; * = R.T. evaluada en incidencia (0 a 100%) y reacción (S, MS y MR); S = reacción de susceptibilidad; MS = reacción de moderada susceptibilidad; MR = reacción de moderada resistencia;

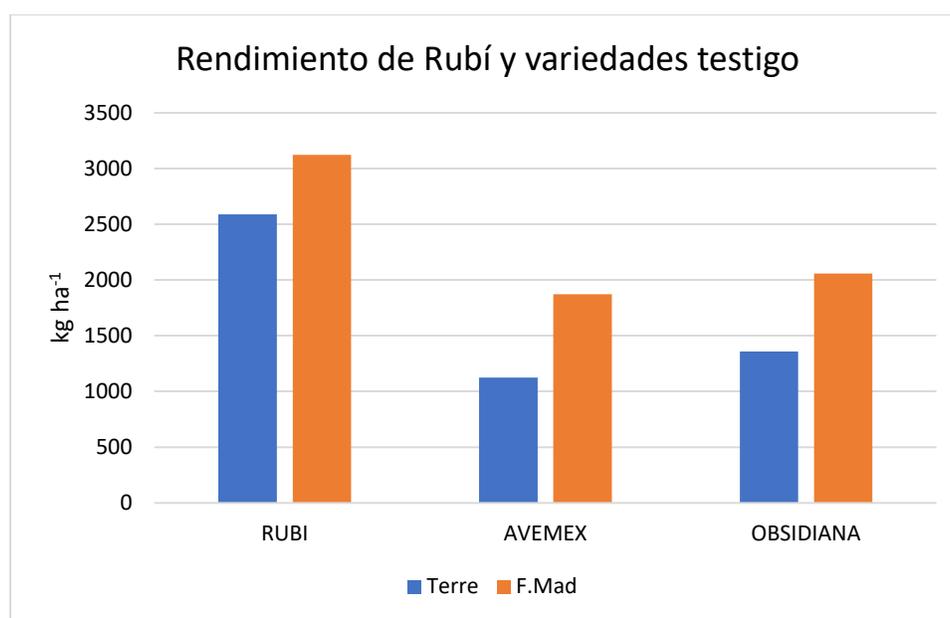


Figura 1. Rendimiento de grano de Rubí y variedades testigo en dos ambientes.

CONCLUSIONES

La validación de Rubí en siembras comerciales en dos localidades del estado de Tlaxcala, en donde se presentó severamente la roya del tallo en variedades susceptibles, permitió corroborar que es una variedad con resistencia/tolerancia a esta roya, que superó ampliamente a dos variedades sembradas por los agricultores y que su siembra será una alternativa favorable para que el productor minimice las pérdidas causadas por la roya y mejorar su rentabilidad.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto: "Generación de tecnología para incrementar la productividad del cultivo de avena en México" por el financiamiento parcial de la presente investigación.

LITERATURA CITADA

- SIAP (Servicio de información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2020. Disponible en: www.siap.gob.mx. (diciembre, 2020).
- Singh, R. P., J. Huerta-Espino, P. Figueroa, and W. Pfeiffer. 2004. Occurrence and impact of a new leaf rust race of durum wheat in the Northwestern Mexico during 2001-2202. *Plant Disease*. (Vol. 87).
- Villaseñor Mir H. E., E. Espitia Rangel, and C. Márquez. 2001. Registration of "Karma" oat. *Crop Sci.* (41) 11.
- Zamudio Colunga Adriana. 2016. Identificación y distribución de razas fisiológicas de *Puccinia graminis* f. sp. *avenae* en Valles Altos de México. Posgrado en Fitosanidad. Fitopatología. Colegio de postgraduados. Maestría. Julio 2016.

Sección: Recursos Genéticos y Mejoramiento

Tipo de Presentación: Cartel

RAVI F2021: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA ÁREAS DE RIEGO EN MÉXICO RAVI F2021: NEW BREAD WHEAT VARIETY FOR IRRIGATED AREAS IN MEXICO

Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹, Julio Huerta Espino¹, René Hortelano Santa Rosa^{1*}, María Florencia Rodríguez García¹, Ernesto Solís Moya², Eliel Martínez Cruz¹, Jorge Iván Alvarado Padilla³, Alberto Borbón Gracia⁴, Héctor Manuel Cortinas Escobar⁵, Huizar Leonardo Díaz Ceniceros⁴, Elizabeth García León⁶ y Eutimio Cuellar Villarreal⁷.

*hortelano.rene@inifap.gob.mx

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP, ²Campo Experimental Bajío-INIFAP, ³Campo Valle de Mexicali-INIFAP, ⁴Campo Experimental Norman Borlaug-INIFAP, ⁵Campo Valle Río Bravo-INIFAP, ⁶Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP y ⁷Campo Experimental Zaragoza-INIFAP

Palabras clave: Royas, mayor rendimiento, calidad industrial

INTRODUCCIÓN

El trigo es uno de los granos más demandados en México, dado que representa alrededor del 21% del consumo de los granos, después del maíz y el frijol, con un consumo *per cápita* cerca de los 52 kg al año. Sonora, Guanajuato, Baja California y Sinaloa son los estados con mayor producción de trigo de riego, ya que concentraron el 85.6% de la superficie sembrada en 2018 (451 mil ha); Sonora destacó con el 49.5% del total del área. Por otro lado, se produjeron 2.8 MT, en 2018, alcanzando rendimientos promedio de 6.1 t ha⁻¹. En estos estados se produce alrededor del 80% del volumen nacional y solamente se consume el 12%; mientras que la zona de mayor consumo de trigo es la región centro-sur que demanda casi el 60% del total de la molienda nacional (SIAP, 2018). En este cultivo, las principales enfermedades son la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) y de la hoja (*Puccinia triticina* E.) (Singh, 1991), por lo que la estrategia más conveniente es la generación de nuevas variedades con resistencia genética a tales patógenos que evolucionan y generan continuamente nuevas razas más virulentas (Solís *et al.*, 2016). Con dicha estrategia se han desarrollado variedades que conjuntan resistencia a royas, adaptabilidad y mayor productividad. Dentro de este proceso de generación de nuevas variedades, su evaluación en diferentes condiciones de producción es un componente importante para que las nuevas variedades tengan buen comportamiento en sus siembras comerciales, incluso es conveniente evaluarlas bajo las condiciones de producción propias de los agricultores de diferentes regiones (Rajaram, 1995). El objetivo de este trabajo es presentar a la nueva variedad de trigo harinero Ravi F2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

La variedad de trigo panificable Ravi F2021 fue obtenida en el Programa de Mejoramiento Genético de Trigos harineros del CIMMYT; posteriormente esa línea se evaluó a partir del ciclo Otoño-Invierno 2014-15 en los Ensayos Nacionales (ENTRI's) de Trigo de Riego del INIFAP. La línea se obtuvo por recombinación genética en donde intervinieron en cinco niveles de recombinación hasta obtener la cruza final que se identificó como:

NS.732/HER/3/PRL/SARA/TSI/VEE#5/4/FRET2/5/WHEAR/SOKOL
CMSA09Y00712S-050Y-050ZTM-0NJ-099NJ-4WGY-0B

La línea experimental generada se evaluó por el INIFAP durante cinco años. Del ciclo O-I/2015-16 (13voENTRI) al ciclo O-I/2019-20 (17voENTRI). La evaluación se realizó en siete estados a nivel nacional bajo condiciones de riego normal y riego limitado en 76 condiciones diferentes bajo un diseño alfa latice con dos repeticiones (50 genotipos), parcelas de 1.5 m de ancho por 3.0 m de largo, siendo la unidad experimental el total de la parcela (4.5 m²). También se probó en los Viveros de Evaluación por Enfermedades que se establecieron en la región de los Valles Altos de México en los estados de Puebla, Tlaxcala y México durante los ciclos P-V/2015 al P-V/2019. La variedad Ravi F2021 se comparó con seis variedades testigo de trigo panificable recomendadas para las diferentes regiones productoras de trigo en

México; las variedades testigo fueron Tacupeto F2001, Kronstad F2004, Roelfs F2007, Onavas F2009, Villa Juárez F2009 y Borlaug 100 F2014.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La evaluación de Ravi F2021 se realizó en 76 ensayos diferentes que contemplaron condiciones de riego normal y riego limitado (estrés hídrico en llenado de grano). En promedio el rendimiento de grano de Ravi F2021 en general (Cuadro 1) superó ampliamente al grupo de variedades testigo, a excepción de Borlaug 100 F2014, de 12.4 % (Roelfs F2007) hasta 19.1 % (Tacupeto F2001), mientras que en riego normal las diferencias con las mismas variedades fueron del 12.4 % al 20.4 %, respectivamente. La mayor productividad de Ravi F2021 sobre las variedades testigo se registró bajo condiciones de riego normal, en donde hay mayor incidencia de royas. La liberación de Ravi 2021 servirá para sustituir en parte al grupo de variedades menos productivas, mientras que su siembra permitirá reforzar el mosaico de variedades junto con Borlaug 100 F2014, Conatrigo F2015, Bacorehuis F2015 Fuertemayo F2016, Noreste F2018 y Hans F2019.

Cuadro 1. Rendimiento de grano de Ravi F2021 y variedades testigo evaluadas en 76 ensayos, O-I/2015-16 a O-I/2019-20

| VARIEDAD | Gral (76 ensayos) | | RN (42 ensayos) | | RL (34 ensayos) | |
|---------------------------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|
| | Kg ha ⁻¹ | %/Rav | Kg ha ⁻¹ | %/Rav | Kg ha ⁻¹ | %/Rav |
| Tacupeto F2001 | 4999 | -19.1 | 5258 | -20.4 | 4781 | -15.4 |
| Kronstad F2004 | 5091 | -17.5 | 5514 | -16.5 | 4586 | -18.9 |
| Roelfs F2007 | 5410 | -12.4 | 5760 | -12.8 | 4995 | -11.6 |
| Onavas F2009 | 5192 | -15.9 | 5529 | -13.8 | 4848 | -14.2 |
| Villa Juárez F2009 | 5395 | -12.6 | 5692 | -13.8 | 5020 | -11.2 |
| Borlaug 100 F2014 | 5962 | -3.4 | 6471 | -2.0 | 5368 | -5.0 |
| Ravi F2021 | 6174 | ..... | 6606 | ..... | 5651 | ..... |

Gral = rendimiento promedio; RN = Riego Normal; RL = Riego Limitado; %Rav = porcentaje con respecto a Ravi F2021.

Ravi F2021 y seis variedades testigo se evaluaron por su reacción a royas bajo condiciones de temporal durante los ciclos P-V/2015 al P-V/2019, hasta en 10 localidades por ciclo en la región de los Valles Altos de México (Puebla, Tlaxcala y México) y en la región de la Mixteca Oaxaqueña (Yanhuitlán, Oax.). En el Cuadro 2 se presenta la reacción roya de la hoja y roya amarilla en el follaje y en la espiga de la variedad Ravi F2021 y las variedades testigo, en donde se observa que esta nueva variedad mostró mayor resistencia ante las dos royas. En su evaluación mostro 0 a 10 % de infección a roya de la hoja, con reacción de resistencia; a roya amarilla registró en el follaje incidencias de 0 a 10 % de infección con reacción de moderada resistencia y en la espiga incidencias de 0 a 10 % de infección. Para el caso de roya de la hoja, su reacción fue ante cinco razas, mientras que para roya amarilla su reacción fue ante nueve razas diferentes, de tal manera que se asume que posee resistencia horizontal a los dos patógenos.

La nueva variedad Ravi F2021 se clasificó como de grano duro, con base a su índice de perlado, con un valor de 40 %, similar a la variedad Borlaug 100 F2014 que fue de 41 %. Su contenido de proteína en harina refinada fue de 11.8 % equivalente al de Borlaug 100 F2014 de 11.2 %. Con base a las variables alveograficas fuerza de la masa y relación tenacidad-extensibilidad conocidas en el comercio nacional de harinas como W y PL, respectivamente, esta nueva variedad se caracterizó por presentar valores de masa fuerte, W de 403 x 10⁻⁴ J con un PL = 1.2; mientras que la variedad testigo Borlaug 100 F2014 mostró valores de 314 de W y 1.1 de PL. Con base a lo anterior Ravi F2021 se clasifica como una variedad de

grano duro lo cual permitirá durante la molienda producir porcentajes aceptables de almidón dañado en la harina lo cual provocará la absorción de agua traduciéndose en textura de miga de buena calidad. Por otro lado, con base a sus variables alveograficas, W y PL, se clasifica como una variedad de masa fuerte-balanceada. Lo anterior se releja en su volumen de pan de Ravi F2021 el cual fue de 900 cc superior al de Borlaug 100 F2014 de 855 cc. La harina de Ravi F2021 es apropiada para panificación mecanizada o como mejoradora de masas suaves.

Cuadro 2. Reacción a royas de Hans F2019 y variedades testigo evaluadas bajo condiciones de riego y temporal del 2014 al 2018 .

| VARIEDAD | Roya Hoja (%/Reacción) | Roya Amarilla en hoja (%/Reacción) | Roya Amarilla en espiga (%) |
|---------------------------|-------------------------------|---|------------------------------------|
| Ravi F2021 | 0R a 10R | 0R a 10MR | 0 a 10 |
| Tacupeto F2001 | 20MR a 80S | 40MS a 90S | 20 a 70 |
| Kronstad F2004 | 40MS a 90S | 20MS a 70MS | 10 a 50 |
| Roelfs F2007 | 10MR a 60MS | 30MS a 60S | 10 a 50 |
| Onavas F2009 | 5MR a 30MS | 10MS a 60S | 10 a 40 |
| Villa Juárez F2009 | 10MR a 30MR | 10MS a 50MS | 10 a 30 |
| Borlaug 100 F2014 | 0R a 10MR | 0R a 20MR | 0 a 10 |

R = resistente; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente susceptible; S = susceptible.

CONCLUSIONES

La variedad Ravi F2021 superó en rendimiento de grano a todos los testigos en magnitudes que fueron de 3.4 a 19.1 % en general; ventaja que se expresó bajo riego normal y riego limitado, mostrando mayor estabilidad a través de ambientes. Así mismo, presentó mayores niveles de resistencia a roya amarilla y roya de la hoja, por lo que es una nueva opción de siembra para los productores de trigo del Noroeste, Norte, Noreste y El Bajío en fechas de siembras tempranas a tardías. Al mismo tiempo es una variedad adecuada para la industria de la panificación mecanizada.

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTE FINANCIERA

Se agradece por el financiamiento parcial de las investigaciones que permitieron recopilar la información presentada a: MasAgro-Trigo "Identificación de nuevas líneas con interés para la cadena de valor de trigo en México 2018 y 2019".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Rajaram S. 1995. Wheat germoplasm improvement: historical perspectives, philosophy, objectives, and missions. In: Wheat breeding at CIMMYT: commemorating 50 years of research in Mexico for global wheat improvement. Rajaram S., G. P. Hettel (eds.). Wheat Special Report No. 29. México, D. F., CIMMYT. pp 1-10.
- Singh, R. P. 1991. Pathogenicity variations of *Puccinia recondita* f.sp.*tritici* and *P. graminis* f.sp. *tritici* in wheat-growing areas of Mexico during 1988 and 1989. Plant Dis 75:790–794
- SIAP, (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera) 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola 2018. URL: <http://www.siap.gob.mx> ([consultado 20 de agosto de 2019](#))

Solís M. E., J. Huerta E., P. Pérez H., H. E. Villaseñor M., A. Ramírez R. y M. L. De la Cruz G. (2016) Alondra F2014, nueva variedad de trigo harinero para el Bajío, México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7:1225-1229, <https://doi.org/10.29312/remexca.v7i5.248>

Sección: Reunion Nacional de Investigación e Innovación Agrícola

e) Recursos genéticos y productividad

Carte.

TERRE F2021: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO

TERRE F2021, NEW BREAD WHEAT CULTIVAR FOR SEASONAL PLANTINGS IN MEXICO

Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹, René Hortelano Santa Rosa^{1*}, María Florencia Rodríguez García¹, Eliel Martínez Cruz¹, Julio Huerta Espino¹, Ernesto Solís Moya², Leodegario Osorio Alcalá³ y Eduardo Espitia Rangel¹.

*hortelano.rene@inifap.gob.mx

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP, ²Campo Experimental Bajío-INIFAP y ³Campo Experimental Valles Centrales-INIFAP

Palabras clave: Royas, mayor rendimiento, calidad industrial

INTRODUCCIÓN

En México se consumió en el 2019 cerca de 6.5 Millones de Toneladas (MT) y se produjeron alrededor de 3.3 MT; se tuvo una sobre producción de trigo cristalino y un déficit de trigo harinero panificable, de tal manera que de este último se recurrió a la importación cerca de 4 MT (SIAP, 2020). Una de las causas del desbaste de trigo panificable, es que parte su área sembrada durante las décadas de los ochentas y noventas actualmente es ocupada con trigo cristalino o por maíz; una alternativa para incrementar la producción de trigo panificable es ampliar la superficie en temporal durante el verano en cerca de un millón de hectáreas, en tierras donde es mejor alternativa que el maíz (Villaseñor *et al.*, 2018). En las siembras de temporal el cultivo se enfrenta a diversos problemas abióticos, como la sequía, y bióticos, como las enfermedades. Dentro de las enfermedades, la roya amarilla ha sido el principal problema; por ejemplo, la raza CMEX14.25 que se presentó en el 2013, venció la resistencia de variedades resistentes como Luminaria F2012 y de Nana F2007 (Solís *et al.*, 2016), además de afectar a otras variedades como Altiplano F2007, Rebeca F2000 y Tlaxcala F2000; el daño causado por esta raza fue de tal magnitud que en Nana F2007 las pérdidas en el rendimiento fueron hasta del 80 % (Díaz *et al.*, 2018). La mejor estrategia para controlar las royas ha sido a través de la resistencia genética, por esta razón el programa de trigo del INIFAP pone a disposición de los agricultores nuevas variedades con resistencia que le permitan minimizar las pérdidas y lograr mayor rentabilidad. El objetivo de este trabajo es presentar la variedad Terre F2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

Terre F2021 es una variedad de trigo harinero panificable de gluten fuerte que fue generada por el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo de Temporal del INIFAP. La cruce simple se realizó en el verano del 2012 y se identificó con la siguiente genealogía:

(BOW//GAV/OCOR/5/GAL/CMH78A544/4/KITE/BOW//BAV/3/ROM/4/BAR//MON/TAW/6/ATTILA/3*BCN//BAV/3/TILHI/4/PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXW/5/PFAU/SERI.1B//AMAD/3/WAXW).13.4

El método de selección utilizado fue el de familias masivas y la evaluación en las generaciones segregantes fue como se indica: su generación F₂ fue en la Mixteca Oaxaqueña bajo temporal, la F₃ en Roque, Gto. en riego limitado, la F₄ en Santa Lucía, Méx. en temporal, la F₅ en Roque, Gto. en riego normal, la F₆ fue en Chapingo, Méx. en temporal y la F₇ en Roque, Gto. en riego normal. Su pedigrí es el siguiente:

TC-120542-9OAX-0R-0SL-0R-1C-0R

La línea experimental se evaluó en temporal por cinco años en los ensayos nacionales de rendimiento. En P-V/2016 en la Prueba Preliminar Rendimiento (PPR) y de los ciclos P-V/2017 al P-V/2020 en los Ensayos de Rendimiento de Trigos Harineros de Temporal reconocidos como 21voERHT al 24voERTHT. La evaluación se realizó en 40 ambientes de temporal bajo un diseño alfa látice con dos repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de rendimiento de grano de 40 ensayos (Cuadro 1) indica que Terre F2021 superó a todas las variedades testigo de 11 % (Valles F2015) hasta 37 % (Nana F2007); su ventaja se registró de igual magnitud en ambientes de temporal favorables, intermedios y críticos de producción, con la tendencia de ser mayor en ambientes críticos de producción, en donde seguramente se presentaron condiciones de estrés hídrico o incidencia severa de roya amarilla.

Cuadro 1. Rendimiento de grano de Terre F2021 y variedades testigo evaluadas en 40 ensayos, P-V/2017 a P-V/2020.

| VARIEDAD | 40 ensayos | | 13 ensayos | | 13 ensayos | | 14 ensayos | |
|-------------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | Gral | %/Ter | Fav | %/Ter | Int | %/Ter | Cri | %/Ter |
| TEMPORALERA M87 | 3789 | -17.2 | 5428 | -14.5 | 3345 | -21.4 | 2769 | -17.1 |
| ROMOGA F96 | 3310 | -27.7 | 4448 | -29.9 | 2967 | -30.3 | 2463 | -26.2 |
| NAHUATL F2000 | 3174 | -30.6 | 4608 | -27.4 | 2890 | -32.1 | 2184 | -34.6 |
| TLAXCALA F2000 | 3393 | -25.9 | 4636 | -26.9 | 3099 | -27.2 | 2544 | -23.8 |
| REBECA F2000 | 3528 | -28.4 | 4888 | -23 | 3352 | -21.2 | 2396 | -28.2 |
| TRIUNFO F2004 | 3275 | -28.4 | 4652 | -26.7 | 3105 | -27 | 2176 | -34.8 |
| ALTIPLANO F2007 | 3624 | -20.8 | 5084 | -19.9 | 3234 | -24 | 2711 | -18.8 |
| NANA F2007 | 2875 | -37.2 | 4066 | -35.9 | 2617 | -38.5 | 2077 | -37.8 |
| DON CARLOS M2015 | 3785 | -17.3 | 5324 | -16.1 | 3520 | -17.3 | 2679 | -19.8 |
| VALLES F2015 | 4065 | -11.2 | 5787 | -8.81 | 3695 | -13.2 | 2900 | -13.1 |
| TERRE F2021 | 4577 | ..... | 6347 | ..... | 4255 | ..... | 3339 | ..... |

Gral = rendimiento promedio; Fav = ambientes favorables; Int = ambientes intermedios; Cri = ambientes críticos; %Ter = porcentaje con respecto a Terre F2021.

En el Cuadro 2 se presenta la reacción a royas y enfermedades foliares de Terre F2021 y variedades testigo, en donde se observa que esta nueva variedad superó en resistencia a roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *Triticici*) y roya de la hoja (*Puccinia Triticina*) de todas las variedades testigo; en cuanto a reacción a tizones y manchas foliares, igualó la incidencia de las mejores variedades testigo (Rebeca F2000 y Valles F2015). De acuerdo con su evaluación fitopatológica durante cinco años, Terre F2021 se describe como una variedad resistente a roya amarilla en el follaje y en la espiga, resistente a roya de la hoja y tolerante al complejo de enfermedades foliares.

Terre F2021 se clasificó como una variedad de grano duro, con base a su índice de perlado, con un valor de 37 %, semejante a Valles F2015. Su contenido de proteína en harina refinada fue de 11.9 %. Con base a las variables alveograficas (W y PL), esta nueva variedad se caracterizó por presentar valores de masa fuerte, W de 413×10^{-4} J con un PL = 1.1, superando la calidad de variedades como Tlaxcala F2000, Rebeca F2000, Nana F2007 o Valles F2015. Por la dureza de su grano, Terre F2021 es una variedad que permitirá durante la molienda producir porcentajes aceptables de almidón dañado en la harina lo cual provocará la absorción de agua traduciéndose en textura de miga de buena calidad. Por otro lado, con base a sus variables alveograficas, W y PL, se clasifica como una variedad de masa fuerte-balanceada. Lo

anterior se releja en su volumen de pan de hasta 970 cc, lo que le permitirá utilizarse como muy buena opción para la panificación. Su harina es apropiada para panificación mecanizada o como mejoradora de masas suaves.

Cuadro 2. Reacción a royas y enfermedades foliares de Terre F2021 y variedades testigo evaluadas bajo temporal del 2016 al 2020.

| VARIEDAD | YrH | YrE(%) | Lr | Fol (%) |
|-------------------------|-----------|--------|-----------|---------|
| GALVEZ M87 | 20MS-40MS | 25 | 10MS-60S | 90 |
| TEMPORALERA M87 | 10MR-60S | 30 | 20MR-70S | 70 |
| ROMOGA F96 | 20MR-50MS | 20 | 10 MR30MS | 80 |
| NAHUATL F2000 | 20MR-70S | 30 | 10MR-30MS | 90 |
| TLAXCALA F2000 | 20MR-60MS | 20 | 10R-40MS | 80 |
| JUCHI F2000 | 30MR-70S | 30 | 20MR-50MS | 80 |
| REBECA F2000 | 20MR-60MS | 20 | 20MR-60S | 60 |
| TRIUNFO F2004 | 30MR-70S | 30 | 20MR-40MS | 70 |
| ALTIPLANO F2007 | 12MR-40MS | 10 | 10MR-30MR | 60 |
| NANA F2007 | 30MS-80S | 50 | 20MR-30MR | 90 |
| DON CARLOS M2015 | 20MR-50MS | 20 | 10R-20MR | 80 |
| VALLES F2015 | 0-15R | 5 | 10MR-30MS | 60 |
| TERRE F2021 | 1-10R | 1 | 1R-10R | 60 |

YrH = Roya amarilla en la hoja; YrE = roya amarilla en la espiga; Lr = roya de la hoja; Fol = complejo de enfermedades foliares; R = resistente; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente susceptible; S = susceptible. En Fol se presentaron *Cochliobolus sativus*, *Septoria nodorum*, *S. Tritici*, *Phirenophora tritici-repentis* y *Alternaria triticina*.

CONCLUSIONES

La variedad Terre F2021 superó en rendimiento de grano a todos los testigos en diferentes condiciones de producción, es resistente a royas y tolerante a enfermedades, y su calidad panadera cumple con los requerimientos de la industria panadera nacional, por lo que se recomienda para su siembra en los diferentes ambientes de producción desde la Mixteca Oaxaqueña hasta el norte centro de México.

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTE FINANCIERA

Se agradece por el financiamiento parcial de las investigaciones que permitieron recopilar la información presentada a: MasAgro-Trigo "Identificación de nuevas líneas con interés para la cadena de valor de trigo en México 2018 y 2019".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Díaz C. H. L., Leyva M. S. G., Villaseñor M. H. E., Vargas H. M., Hortelano S. R. R., Valdez R. Y. R. y Martínez C. E. 2018. Control químico de la roya lineal en diferentes etapas de desarrollo del trigo en Terrenate, Tlaxcala. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas volumen 9 número 5 30 de junio - 13 de agosto, 2018. Pp. 1067-1074.

SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, SAGARPA. México, D. F. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Marzo 2020).

Solís Moya, E., J. Huerta Espino, P. Pérez Herrera, H. E. Villaseñor Mir, A. Ramírez Ramírez y M.L. de la Cruz González. 2016. Alondra F2014, nueva variedad de trigo harinero para el Bajío, México. *Rev. Mex. de Ciencias Agrícolas* Vol.7 (5):1225-1229.

Villaseñor M. H. E., Huerta E. J., Hortelano S. R. R., Martínez C. E., Espitia R. E., Solís M. E., Osorio A. L., y Rodríguez G. M. F. 2018. Valles F2015: nueva variedad de trigo para siembras de temporal en México. 2018. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* volumen 9 número 6 14 de agosto – 27 de septiembre, 2018. Pp. 1315-1320. Nota Científica.

Reunion Nacional de Investigación e Innovación Agrícola; e) Recursos genéticos y productividad; Carte.

CARACTERIZACIÓN BIOQUÍMICA Y NUTRICIONAL DE 10 ACCESIONES DE *Phaseolus vulgaris* L.: BUSCANDO LA BIOFORTIFICACIÓN.

Carlos Iván Cruz Cárdenas^{1*}, Luis Felipe Guzmán Rodríguez¹, Francisco Fabián Calvillo Aguilar¹, Juan Manuel Pichardo González¹, Martín Quintana Camargo¹, Emanuel Bojórquez Quintal².

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP.

²Laboratorio de Análisis y Diagnóstico del Patrimonio, El Colegio de Michoacán.

cruz.ivan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Huella metabólica, Biofortificación, Mejoramiento genético.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) “desde su domesticación ha sido combinado con el maíz para constituir la base de la alimentación de los mexicanos” (Castellanos et al, 1997). Dado su alto contenido en proteína, fibra, carbohidratos complejos, vitaminas y micronutrientes, el frijol representa una excelente opción para ayudar a combatir los problemas de alimentación en México. Debido a las condiciones económicas de una gran parte de la población mexicana, la proteína vegetal es la única opción de consumo, por ello el frijol ha llegado a constituir hasta el 15% de la dieta en las zonas más marginadas (el maíz aporta hasta el 65%). Las especies de *Phaseolus* de consumo humano son importantes para mantener la seguridad alimentaria, como fuente de alimento y nutrición, el conocimiento de sus propiedades tanto bioquímicas bioactivas como nutricionales permitiría sustentar el valor e importancia nutricional real que aportan a la comunidad y/o región donde son consumidas. “Ya que en la actualidad se ha reconocido que los alimentos y las dietas diversas no solo proporcionan nutrientes sino además mejoran la salud física y mental y ayudan a prevenir enfermedades relacionadas con la nutrición o padecimientos crónicos” (D. Granato et al., 2010). El frijol es el segundo cultivo nutricional y económicamente más importante en México, por lo tanto, generar información sobre las características bioquímicas y nutricionales de las accesiones promisorias e importantes, ayudará a desarrollar nuevas estrategias para poder aprovechar su uso de una manera más sostenible y la inclusión de estas accesiones en programas de mejoramiento dirigidos a la biofortificación para la obtención de variedades con mejores características nutricionales para la población de nuestro país.

OBJETIVO

Analizar la diversidad bioquímica y nutricional de 10 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. con potencial de aprovechamiento en programas de mejoramiento genético dirigido a la biofortificación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestra: Se tomaron 100 gramos de semillas de 10 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. conservadas en el laboratorio de semillas ortodoxas del CNRG. Estas semillas se congelaron a -80 °C durante 48 horas y después fueron liofilizadas y molidas. Una vez obtenida la semilla molida y libre de humedad, se colocaron 250 mg de cada muestra por triplicado en tubos Eppendorf con una capacidad de 2 mL, a los cuales se prosiguió a adicionar 1.5 mL de solvente (Agua Tipo I, Metanol 50%, Etanol 100%), estos fueron homogeneizados e incubados a una temperatura de 60°C con agitación constante durante 15 minutos en oscuridad. Transcurrido el tiempo, se dejaron enfriar los tubos y se centrifugaron 15 minutos a 3000 rpm. Se tomó el sobrenadante y se conservó para los análisis posteriores.

Fenoles totales: Se determinaron los compuestos fenólicos totales en equivalentes de ácido gálico (GAE) a partir de una curva de concentraciones, con una solución estándar de 0.1 mg/ml, acorde al basándonos en el método de (Nazish et al. 2016). Se añadieron 125 µL de reactivo de Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich) 1N a 250 µL de la muestra o estándares, seguido de una incubación por 5 min. Después se adicionarán 625 µL de Na₂CO₃ al 20%. La mezcla obtenida se incubará por 2 h en oscuridad, una vez finalizado el periodo de reacción se registrará la absorbancia a 750 nm en el espectrofotómetro (Multiskan Go Thermo

scientific®). Los valores serán expresados en mg equivalentes de ácido gálico (GAE) por gramo de peso seco (PS).

Identificación de metabolitos por Espectrofotometría de masas DART (DART-MS): El análisis metabólico de las semillas de frijol se realizó en un espectrómetro JMS-T100LP AccuTOF LC-PLUS, JEOL (Tokio, Japón) con una fuente de iones DART SVP100, Ion sense (Saugus, MA, USA). La fuente de iones DART31 fue operada con helio para el análisis y nitrógeno para el modo estándar, la temperatura del gas fue de 300°C y se utilizó un voltaje de ±600 V para el modo de ion positivo. La adquisición de los espectros de masas será registrada con el software Mass Center System Version 1.5.0k. (Lesiak et al., 2015). Los compuestos observados fueron identificados mediante la base de datos de masa molecular del equipo. Se utilizó en software SAS 9.4® para el análisis de varianza y estadística multivariada con los datos obtenidos de cada caracterización bioquímica para analizar las diferentes accesiones involucradas en el estudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de compuestos fenólicos totales muestran una estrecha relación entre la presencia de coloración (Pigmentos) con la presencia de mayor concentración en mg de equivalentes de ácido gálico (mg EAG g⁻¹ PS), siendo las accesiones 1, 5, 7 y 10 las que presentaron la mayor cantidad de compuestos fenólicos en un rango de 142.61 a 164.32 mg EAG g⁻¹ PS siendo la accesión 1 de coloración negra la que tiene los valores más altos de fenoles totales; por otro lado las accesiones que no tiene presencia de coloración son las que muestran la concentración más baja de fenoles totales siendo la accesión 4 de coloración blanca la que tiene la menor cantidad de fenoles totales con 43.38 mg EAG g⁻¹ PS.

Cuadro 1. Concentración de compuestos fenólicos totales presente en accesiones de *Phaseolus vulgaris* L.

| NO. ACCESIÓN | | COLOR | POLIFENOLES TOTALES (mg EAG g ⁻¹ PS) | |
|--------------|------------|---|---|----|
| 1 | 1121800225 |  | 164.32 | a |
| 2 | 1121800019 |  | 97.01 | c |
| 3 | 1121800049 |  | 123.18 | b |
| 4 | 1121800016 |  | 43.38 | d |
| 5 | 1121800168 |  | 155.08 | a |
| 6 | 1121800023 |  | 107.01 | bc |
| 7 | 1121800169 |  | 156.83 | a |
| 8 | 1121800238 |  | 132.79 | b |
| 9 | 1121800166 |  | 119.48 | b |
| 10 | 1121800239 |  | 142.61 | a |

Durante la identificación de metabolitos mediante el análisis de espectrofotometría de masas DART (DART-MS) se encontró una relación directa de la presencia de mayor cantidad de metabolitos en aquellas accesiones con mayor contenido de fenoles totales, pudiéndose identificar metabolitos con interés nutraceutico como Luteína, Beta-carotenos, ácido p-cumárico, procianidina que se sabe que tienen efectos beneficos en la salud humana (Cuadro 2).

Cuadro 2. Metabolitos identificados mediante el análisis de espectrofotometría de masas DART (DART-MS) en accesiones de *Phaseolus vulgaris* L.

| COMPUESTO | MS [M – H] |
|------------------------|---------------|
| Prolina | 116.071 g/mol |
| Isoleucina | 134.026 g/mol |
| Ácido cinámico | 143.430 g/mol |
| Ácido p-cumárico | 164.040 g/mol |
| Ácido linoleico | 179.051 g/mol |
| Ácido ferulico | 194.045 g/mol |
| Daidzeina | 255.234 g/mol |
| Genisteina | 271.153 g/mol |
| Naringenina | 272.254 g/mol |
| Catequina | 290.122 g/mol |
| Taxifolina | 304.250 g/mol |
| Epigallocatequina | 306.089 g/mol |
| Dihidroquercetina | 308.122 g/mol |
| Ácido rosmarínico: | 360.310 g/mol |
| Galato de epicatequina | 443.333 g/mol |
| Beta-Caroteno | 536.880 g/mol |
| Luteína | 568,871 g/mol |
| Procianidina | 578.520 g/mol |

CONCLUSIONES

La caracterización bioquímica y nutricional de las accesiones permitió conocer las accesiones con la mayor cantidad de compuestos bioactivos que podrían ser utilizados para incluirse en programas de mejoramiento dirigidos hacia la biofortificación siendo las accesiones 1 (negro), 5 (morado) y 7 (pinto) las que cuentan con la presencia de compuestos de interés nutraceutico.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados preliminares son parte del proyecto fiscal “Regeneración, caracterización y conservación a largo plazo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el INIFAP”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castellanos JZ, Guzmán-Maldonado SH, González de Mejía E y Acosta-Gallegos JA. Efecto de la localidad de siembra sobre la aceptación sensorial y otras características nutricionales y de calidad del grano en frijol común. *Arch Latinoamer Nutr.* 1995. 45(1):50-55.
2. D. Granato, Branco GF, Nazzaro F, Cruz AG and Faria JA. Functional foods and nondairy probiotic food development: trends, concepts, and products," *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2010. Vol. 9, no. 3, pp. 292–302.
3. Nazish I, Ansari SH, Arora P & Ahmad A. Antiobesity activity of *Zingiber officinale*. *Pharmacognosy Journal.* 2016. 8(5).

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

INCREMENTO DEL RENDIMIENTO DEL TRIGO EN VIVEROS DE RASGOS ADAPTADOS AL ESTRÉS (SATYN)

*Lourdes Ledesma Ramírez¹; Ernesto Solís Moya¹; Luis Antonio Mariscal Amaro¹; Adán Ulises Chávez Solís¹; Sarahyt Santamaria González Figueroa¹; María del Pilar Suaste Franco²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010;

²Universidad Tecnológica de San Miguel de Allende. UTSMA camino a San Julián No. 8 Col. Casco de Landeta, 37700 San Miguel de Allende, Gto. * Autor por correspondencia: lulis_amigui@hotmail.com

Palabras clave: ambiente, genotipos, calor.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático es el mayor desafío de nuestro tiempo, las pautas meteorológicas cambiantes, amenazan la producción de alimentos (ONU, 2021). Aumentar el rendimiento del trigo será esencial para garantizar la seguridad alimentaria futura, dados los desafíos duales de una población mundial en aumento y los impactos negativos del cambio climático (Zhaoyan *et al.*, 2020). El estrés térmico afecta directamente el rendimiento de los cultivos, se estima que será el trigo uno de los cultivos mayormente afectados por el estrés térmico en los próximos diez años debido fundamentalmente a la estrecha relación del rendimiento con la cantidad de horas frío que necesita el cultivo (Argentel *et al.*, 2017). Además las perspectivas de la FAO acerca de la producción mundial de trigo resultaron ligeramente afectadas a raíz de las condiciones atmosféricas secas (FAO, 2021). En México el déficit de agua se localiza principalmente en el noroeste, norte y centro del país, donde se ubican los estados de mayor producción de trigo (*Triticum ssp L.*): Sonora con el 54.62 % de producción de trigo a nivel nacional, Guanajuato con el 14.04 %, Sinaloa con el 8.51 %, Baja California con el 8.05 %, Michoacán con el 6.15 % y Jalisco con el 3.67 % (SIAP, 2021). En estos estados la precipitación acumulada anual del año 2020 fue de 343, 475.5, 653.4, 103, 703 y 874.2 mm y de enero a junio del 2021 la precipitación acumulada va de 81, 208.3, 126.8, 32.85, 255 y 253.6 mm respectivamente (CONAGUA, 2021). En estas zonas trigueras el 45.68 %, aproximadamente, de los acuíferos presentan déficit de agua, las presas de Sonora, Guanajuato, Sinaloa, Baja California, Michoacán y Jalisco tienen un 34.15, 54.63, 23.04, 31.89, 59.21 y 58.14 % de su capacidad (SINA, 2021), por lo que todas las regiones hidrológico-administrativas correspondientes a esas zonas están clasificadas con un alto grado de presión sobre el recurso hídrico. Habrá que sumar al déficit hídrico el incremento de la temperatura, debido al cambio climático, ya que las temperaturas promedio a nivel nacional aumentaron en 0.85°C y las temperaturas invernales en 1.3°C (CEDRSSA, 2021). El objetivo de este trabajo fue identificar genotipos de trigo que superen el rendimiento de los testigos en condiciones de estrés de calor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el presente ciclo 2020-2021 se evaluó una de las poblaciones entregadas por el Consorcio de Rendimiento de Trigo: WYCYT, Wheat Yield Consortium Yield Trial que está compuesta por el experimento el 10SATYN-HEAT que está conformado por 36 genotipos y dos repeticiones. Esta población se evaluó en dos localidades diferentes de producción de México: Guanajuato que se sembró el día 29 de enero del 2021 y Baja California que se sembró el día 6 de febrero del 2021 ambos en fechas tardías para someter a calor a los genotipos.

Se midieron los siguientes caracteres fenotípicos: 1) días a espigamiento (DE); 2) días a madurez (DM); 3) Altura de planta (AP); 4) rendimiento de grano (RG); 5) índice de cosecha (IC); 6) biomasa (BIO); 7) espigas por metro cuadrado (EPM2); 8) peso de 1000 granos (PMG); 9) granos por metro cuadrado (GPM2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de componentes principales los valores propios de la matriz de correlaciones mostraron que los primeros dos componentes principales representan el 71.6 % de la variación total (PC1 53.5 % y PC2 18.1%). En la Figura 1 se presenta el gráfico de componentes principales de las localidades de Guanajuato y Baja California, el comportamiento de los genotipos en cada localidad se diferencian por colores y los vectores indican el comportamiento de las variables (flechas negras). El PC1 se asoció positivamente con DM y BIO donde los valores más altos en estas variables se presentan en la localidad de Guanajuato (lado derecho del biplot) y se asoció negativamente con IC y EMP2, donde estas variables presentaron los valores más bajos en la localidad de Baja California (lado izquierdo del biplot). El PC2 se relacionó positivamente con GPM2 y negativamente con PMG. Los resultados observados en PC2 muestran que los genotipos con valores altos de este componente tienen más granos por metro cuadrado y menos peso de mil granos. Debido al ángulo de los vectores de las variables indicó que existe asociación alta entre el DE, BIO y DM; también indicó que existe una alta asociación entre AP, IC, EMP2 y RG. El ángulo cercano a los 90 grados entre DE y PMG; y entre RG y GPM2 indica que no existe asociación entre estas variables. Por otra parte, el ángulo cercano a 180 grados entre AP con BIO y DM indica una asociación negativa entre estas variables.

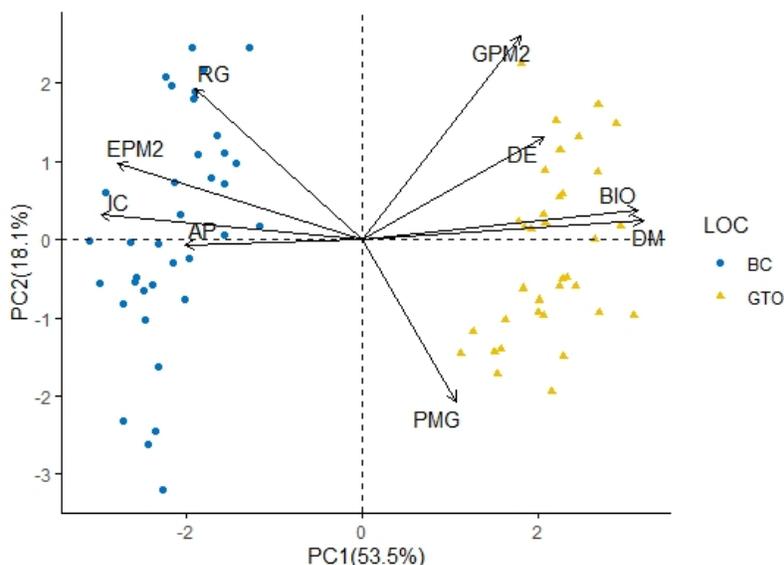


Figura 1. Biplot de las características agronómicas evaluadas

Análisis a través de localidades

En el análisis de varianza se detectaron diferencias altamente significativas en genotipos, ambientes y de la interacción genotipo ambiente en todas las variables a excepción de la variable biomasa. El análisis de la interacción genotipo por ambiente para la variable de rendimiento por el método AMMI, se facilitó con la representación gráfica (gráfico biplot), en el mismo espacio, de genotipos y ambientes. En el eje de las abscisas (X) de la Figura 2, se lee el rendimiento de grano de los genotipos y ambientes. La línea perpendicular a este eje indica el rendimiento medio. Así, a la izquierda del eje de las X's se grafican las entradas con menor rendimiento y a la derecha se localizan los genotipos y ambientes de mayor rendimiento. El eje de las ordenadas (Y) en cambio, mide la estabilidad de los genotipos y ambientes: aquéllos con valores cercanos a cero son estables mientras los que presentan valores altos del primer componente principal son inestables. De acuerdo a esta información el genotipo 9414 (SOKOLL/WBLL1/5/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM/4/VORB) obtuvo el mayor rendimiento seguido por el genotipo 9404 (WBLL4//OAX93.24.35/WBLL1/5/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA(320)/3/CUNNINGHAM/4/VORB) y por los genotipos 9416 (SOKOLL/WBLL1/5/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM/4/VORB), 9428 (BAJ #1*2/4/BETTY/3/CHEN/AE.SQ//2*OPATA), 9431 (BORLAUG 100 F2014) y 9427 (SOKOLL/WBLL1/5/CROC_1/AE.SQUARROSA(205)//BORL95/3/PRL/SARA//TSI/VEE#5/4/FRET2/6/PIH

A//WORRAKATTA/2*PASTOR/3/PRL/2*PASTOR) y el genotipo con el menor rendimiento fue el 9415 (SOKOLL/WBLL1/5/D67.2/PARANA 66.270//AE.SQUARROSA (320)/3/CUNNINGHAM/4/VORB). La localidad de Baja California fue la que obtuvo el mayor rendimiento y Guanajuato registró el menor rendimiento. Los genotipos con valores del CP1 >0, responden positivamente (se adaptan bien) a ambientes que tienen valores del CP1 >0 (esto es, su interacción es positiva), pero responden negativamente a ambientes que tienen valores del CP1 <0. Lo contrario se aplica para los genotipos que tienen valores del CP1 <0 (Samonte *et al.*, 2005). En general los genotipos fueron estables ya que presentaron valores de CP1 de 0 a 0.5 en el componente principal 1, destacando el 9414 ya que su rendimiento fue el más alto del ensayo, lo que indica que es un material que rinde bien en todos los ambientes. Los ambientes fueron los que más aportaron al primer eje de la interacción, siendo los más alejados del CP1 con valores de 1.

Grafica alternativa AMM, datos Ejemplo 1, medias ajustadas

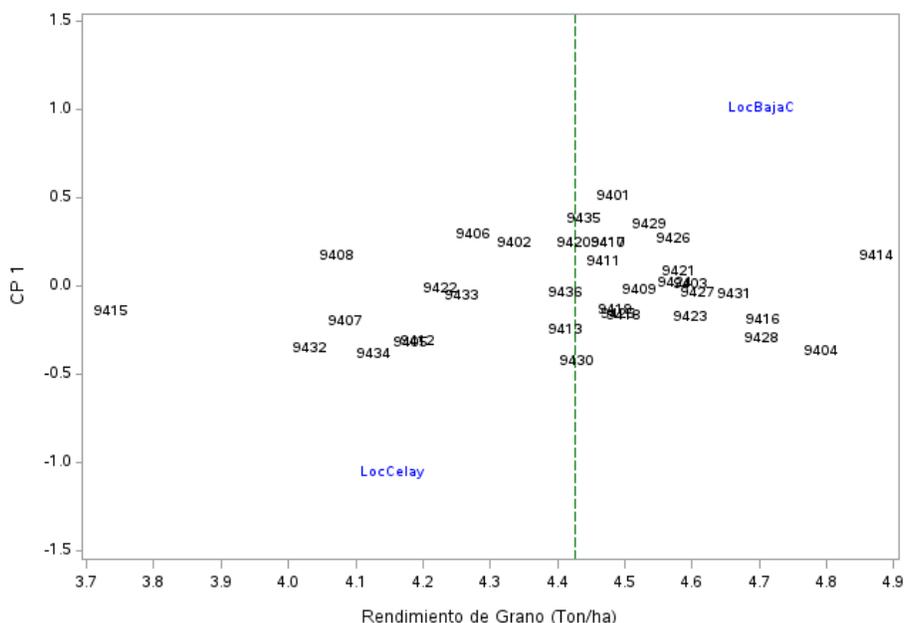


Figura 2. Biplot de rendimiento de grano de 36 genotipos evaluados en el experimento 10SATYN-HEAT durante el ciclo OI 2020-2021.

CONCLUSIONES

La evaluación de genotipos de trigo en diferentes ambientes nos ayudan a ver cuáles tienen mejor respuesta al estrés ambiental, y así poder considerarlos como posibles variedades futuras, en este experimento el genotipo 9414 mostró ser el de mayor rendimiento y estabilidad, superó los rendimientos de la variedad testigo Borlaug 100 F2014.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Argentel M. L., Garatuza P. J., Armendáriz O. M. M., Yépez G. E. A., Arredondo M. J. T. y González A. J. 2017. Revisión bibliográfica ESTRÉS TÉRMICO EN CULTIVO DEL TRIGO. IMPLICACIONES FISIOLÓGICAS, BIOQUÍMICAS Y AGRONÓMICAS. Cultivos Tropicales, 2017, vol. 38, no. 1, pp. 57-67. ISSN impreso: 0258-5936
- CONAGUA, 2021. En línea consultado el día 29 de Junio 2021, disponible en: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Zhaoyan C, Xuejiao C, Lingling C, Zihao W, Dejie D, Zhihui W, Ruolin B, Aiju Z, Mingming X, Weilong G, Zhaorong H, Huiru P, Yingyin Y, Qixin S y Zhongfu N. 2020. Pleiotropic QTL influencing spikelet number and heading date in common wheat (*Triticum aestivum* L.). Theoretical and Applied Genetics. <https://doi.org/10.1007/s00122-020-03556-6>.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

RENDIMIENTO EN VARIEDADES DE TRIGO FUERTE CON TRES DOSIS DE FERTILIZACIÓN

*Lourdes Ledesma Ramírez¹; Ernesto Solís Moya¹; Manuel Jerónimo Arriaga²; Luis Antonio Mariscal Amaro¹; Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño³; María del Pilar Suate Franco⁴

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010.

²Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zitácuaro. Av. Tecnológico No.186, 61534, Zitácuaro, Mich; México. ³Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Carretera, Juventino Rosas – Celaya km. 8, 38110 Celaya Gto., México. ⁴Universidad Tecnológica de San Miguel de Allende. UTSMA camino a San Julián No. 8 Col. Casco de Landeta, 37700 San Miguel de Allende, Gto. * Autor por correspondencia: lulis_amigui@hotmail.com

Palabras clave: [Fertilización](#), [Rendimiento](#), [Trigo](#)

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) se encuentra entre las especies vegetales más destacadas en la economía mundial, considerado un alimento básico debido a la producción diversificada de sus derivados de granos (Scheuer *et al.*, 2011). La necesidad de seguridad alimentaria y de protección del medio ambiente es la paradoja del uso del suelo de los fertilizantes nitrogenados (Jiatun Xu, *et al.*, 2020); el agua como el nitrógeno son dos componente importante que afecta al crecimiento y rendimiento de los cultivos (Wang *et al.*, 2017); el gran uso de fertilizantes de N superó sustancialmente la demanda del N de los cultivos y no aumento significativamente el rendimiento de los cultivos ni la absorción de N, lo que conduce a una baja eficiencia del uso del N (Li *et al.*, 2016); la implementación de dosis de aplicación de N apropiadas, junto con programas de riego razonables, es esencial para reducir la percolación profunda por debajo de las zona de la raíz del cultivo y disminuir los niveles de nitrato residual del suelo (Huang *et al.*, 2018); por todo lo anterior el objetivo del trabajo de investigación fue comparar las variedades de trigo de gluten fuerte con diferentes dosis de fertilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció en una parcela de un productor en la localidad de León Guanajuato en el ciclo otoño-invierno 2020 y 2021. El ensayo consistió en 24 genotipos de trigo de gluten fuerte con tres dosis de fertilización nitrogenada 240-60-00 (dos aplicaciones 0, 45 días); 320-60-00 (tres aplicaciones 0, 45, 75 días) y 400-60-00 (tres aplicaciones 0, 45, 75 días). El experimento en la siembra consistió en un diseño alfa látice con tres repeticiones; las variables que se midieron: Días a espigamiento (DESP); Días a madurez (DMAD); Altura de planta (AP) y Rendimiento de grano en kg ha⁻¹ (REND). La información obtenida se sometió a un análisis de varianza combinado para cada una de las cuatro variables mencionadas anteriormente. Se realizó las pruebas de comparaciones de medias usando la técnica de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza detectaron diferencias altamente significativas en DESP, DMAD y REND entre dosis de fertilización y no significativas en AP. En genotipos se detectó diferencias altamente significativas en todas las variables, en cambio, en la interacción FER*GEN no se detectó diferencias significativas en ninguna de las variables.

Cuadro1. Cuadrados medios de las variables de estudio del experimento de tres dosis de fertilización nitrogenada (240N, 320N y 400N) en el ciclo OI 20-21

| FV | GL | DESP | DMAD | AP | REND |
|---------------------|-----|----------|---------|--------|------------|
| FERTILIZACIÓN (FER) | 2 | 12.07 ** | 17.6 ** | 38.6 | 2686423 ** |
| GENOTIPOS (GEN) | 23 | 307.4 ** | 346 ** | 287 ** | 9283716 ** |
| REP(FER) | 4 | 5.48 | 0.78 | 51.97 | 610716 |
| BLOCK(REP) | 15 | 2 | 3.74 | 77.1 | 1140889 |
| FER*GEN | 46 | 0.95 | 2.93 | 13.98 | 292672 |
| ERROR | 123 | 1.29 | 3.61 | 17.57 | 249181 |
| TOTAL | 215 | | | | |
| CV | | 1.21 | 1.4 | 3.86 | 8.3 |

FV = fuente de variación; G.L. = grados de libertad; DESP= días a espigamiento; DMAD = días a madurez; AP= altura de planta; REND = rendimiento de grano en kg ha⁻¹;

En la Figura 1 se compara el rendimiento promedio de Luminaria F2012 con los genotipos de mayor calidad industrial (Kronstad F2004, Abelino F2004, Eneida F94 y Cachanilla F2000) y con los de mayor rendimiento (Borlaugh100 F2014, Cisne F2016, Hans F2019, V-19, Alondra F2014 y Villa Juárez F2009). En este gráfico se observa que Luminaria F2012 superó a los genotipos con calidad industrial excepto a Eneida F94 que obtuvo resultados similares. En cambio, fue superada por todas las variedades de gluten fuerte de alto rendimiento.

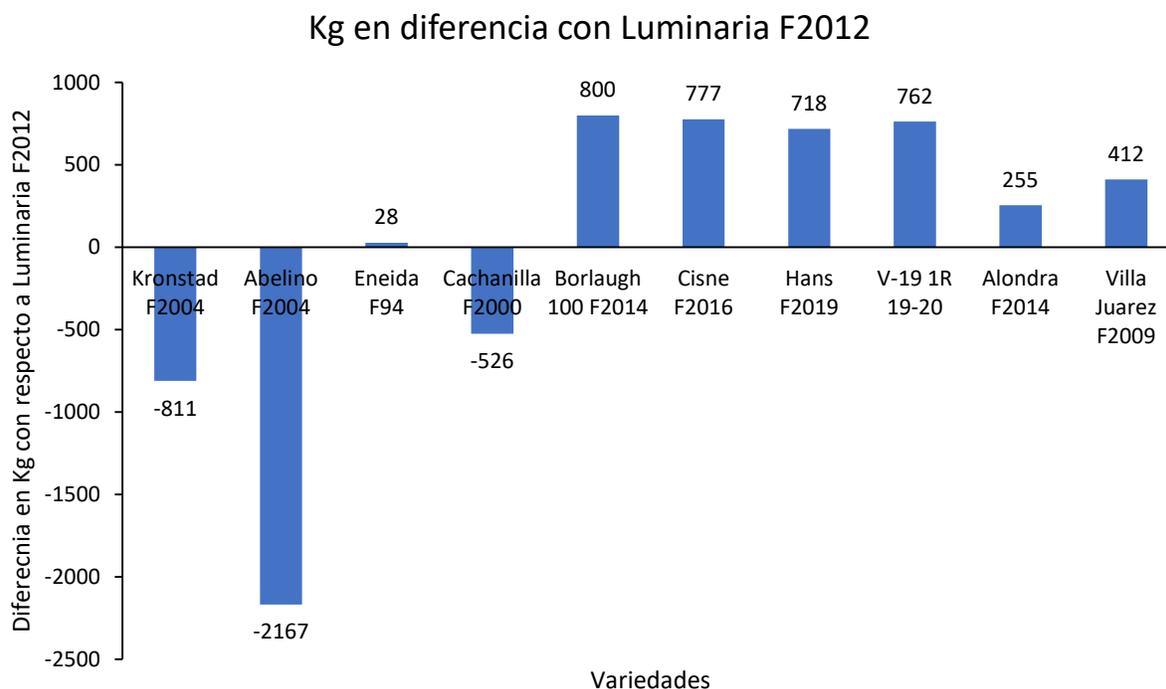


Figura 1. Comparación del rendimiento de la variedad Luminaria F2012 con variedades de alta calidad industrial (Kronstad F2004, Abelino F2004, Eneida F94 y Cachanilla F2000) y variedades de alto rendimiento (Borlaugh100 F2014, Cisne F2016, Hans F2019, V-19, Alondra F2014 y Villa Juárez F2009).

En la Figura 2 se presenta el comportamiento de las variedades en los tres tratamientos de fertilización. Se observa que el rendimiento con la dosis de fertilización de 240N fue menor en relación con las dosis de 320 y 400 kg ha⁻¹ de N, solo la V-33 E.2R 17-18 mostró un mejor rendimiento con esta dosis de fertilización. Las dosis de fertilización de 320N y 400N tuvieron el mismo comportamiento similar en la mayoría de las variedades. Las variedades Borlaugh 100 F2014 (7142 kg ha⁻¹); Cisne F2016 (7119 kg ha⁻¹); V-19 1R 19-20 (7104 kg ha⁻¹) y Hans F2019 (7060 kg ha⁻¹) mostraron mayor estabilidad exhibiendo altos rendimientos con las tres dosis de nitrógeno. La variedad Rebeca F2000 presentó el menor rendimiento de grano con las tres dosis de fertilización alcanzando en promedio 2224 kg ha⁻¹; Abelino F2004 fue otra variedad que también mostró un rendimiento de grano menor en las tres dosis de fertilización alcanzando 4175 kg ha⁻¹ en promedio.

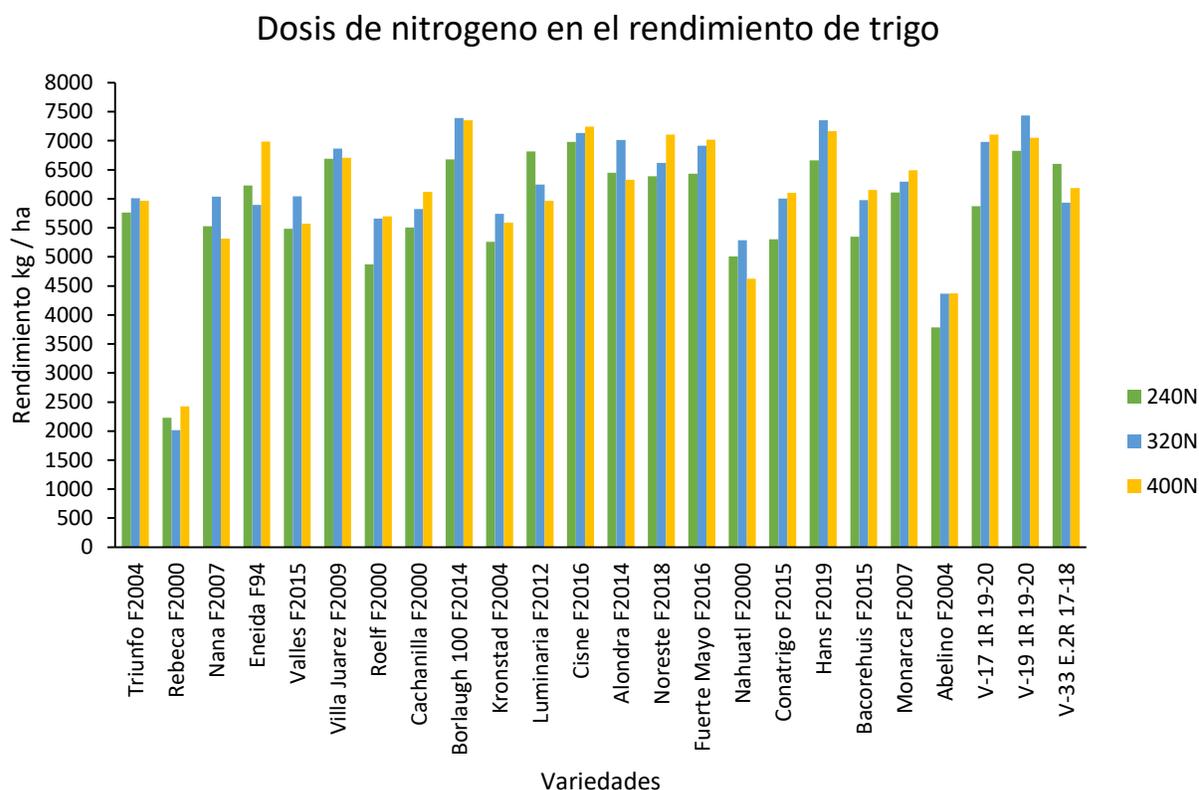


Figura 2. Dosis de nitrógeno en el rendimiento de variedades de trigo

CONCLUSIÓN

Existe respuesta en rendimiento en la mayoría de las variedades evaluadas al incremento en la dosis de nitrógeno. Sin embargo, genotipos como Luminaria F2012 y V-33 E.2R 17-18 no responden al incremento en la dosis de nitrógeno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Huang, P., Zhang, J., Zhu, A., Li, X., Ma, D., Xin, X., Zhang, C., Wu, S., Garland, G., Pereira, E.I.P., 2018. Nitrate accumulation and leaching potential reduced by coupled water and nitrogen management in the Huang-Huai-Hai Plain. *Sci. Total Environ.* 610-611, 1020–1028.
2. 610-611, 1020–1028.
3. Jiayun Xu, Huanjie Cai, Xiaoyun Wang, Chenguang Ma, Yajun Lu, Yibo Ding, Xiaowen Wang, Hui Chen, Yunfei Wang, Qaisar Saddique, (2020). Exploring optimal irrigation and nitrogen fertilization in a winter wheat-summer maize rotation system for improving crop yield and reducing water and

- nitrogen leaching, *Agricultural Water Management*. Volume 228: 105904.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105904>.
4. Li, Y., Liu, H., Huang, G., 2016. The effect of nitrogen rates on yields and nitrogen use efficiencies during four years of wheat–Maize rotation cropping seasons. *Agron. J.* 108, 2076.
 5. Scheuer, P.M.; Francisco, A.; Miranda, M.Z.; Ogliari, P.J.; Torres, G.; Limberger, V.; Montenegro, F.M.; Ruffi, C.R.; Biondi, S. Characterization of Brazilian wheat cultivars for specific technological applications. *Food Science and Technology*, v.31, n.3, p.816-826, 2011.
<https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000300041>.
 6. Wang, H., Zhang, Y., Chen, A., Liu, H., Zhai, L., Lei, B., Ren, T., 2017. An optimal regional nitrogen application threshold for wheat in the North China Plain considering yield and environmental effects. *Field Crops Res.* 207, 52–61

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

COMPORTAMIENTO EN RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TRIGO A TRAVÉS DE CINCO CICLOS

Manuel Jerónimo-Arriaga*¹; Ernesto Solís-Moya²; Lourdes Ledesma-Ramírez²; Aquilino Ramírez Ramírez²; Sarahyt Santamaria González Figueroa²; Lidia Alejandra Rodríguez Zermeño³

¹Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zitácuaro. Av. Tecnológico No.186, 61534, Zitácuaro, Mich; México. ²Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010. ³Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Roque. Carretera, Juventino Rosas – Celaya km. 8, 38110 Celaya Gto., México. *Autor por correspondencia: jeross456@gmail.com

Palabras clave: Avance genético; Fechas de siembra; Rendimiento; Ciclos de cultivo.

INTRODUCCIÓN

Con el aumento de la población viene una mayor demanda de alimentos y piensos, pero las amenazas del cambio climático están desafiando la producción de cultivos (Farooq *et al.*, 2019). Entre los cultivos principales, el trigo es uno de los más críticos para garantizar la alimentación humana (Braun *et al.*, 2010), que proporciona las necesidades alimentarias de aproximadamente el 35% de la población mundial, genera la mayor cosecha total y es el producto de grano más comercializado (Ray *et al.*, 2013). El estudio y la comprensión de los fenotipos y genotipos de sus rasgos agronómicos puede dar como resultado una mejora en la estabilidad de su rendimiento (Gou *et al.*, 2018); por todo lo anterior el objetivo del trabajo fue evaluar el comportamiento a través de cinco ciclos de siembra y su comportamiento en el rendimiento de genotipos de trigos.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el campo experimental INIFAP-CEBAJ; se evaluaron cinco ciclos de cultivo en genotipos de trigo: 15-16; 16-17; 17-18; 18-19 y 19-20 en 12 genotipos de trigo: Cortázar S94; Urbina S2007; Maya S2007; Bárcenas S2002; Ibis M2016; Alondra F2014; Faisán S2016; Salamanca S75; Luminaria F2012; Cisne F2016; Anatoly C2011 y Elia M2016; en cinco fechas de siembra: 15 de noviembre (FSA); 30 de noviembre (FSB); 15 de diciembre (FSC); 30 de diciembre (FSD) y 15 de enero (FSE).

Las variables estudiadas fueron: Días a floración (DFLOR); Días a madurez (DMAD); Altura de planta (AP) y Rendimiento de grano (REND).

La información obtenida se sometió a un análisis de varianza combinado para cada una de las cuatro variables mencionadas anteriormente. Se realizó las pruebas de comparaciones de medias usando la técnica de Tukey (0.05). Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico SAS versión 9.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los análisis de varianza (Cuadro 1), se detectaron diferencias altamente significativas en Ciclos, Fechas de Siembra y Genotipos en todas las variables.

Cuadro 1. Cuadrados medios de las variables estudiadas del experimento a través de cinco ciclos de siembra. INIFAP-CEBAJ

| FV | GL | DFLOR | DMAD | AP | REND |
|--------------|-----------|--------------|-------------|-----------|--------------|
| CICLO | 4 | 1712 ** | 5511 ** | 7676 ** | 123512428 ** |
| FS | 4 | 6416 ** | 19369 ** | 4727 ** | 132120543 ** |
| GEN | 11 | 394.7 ** | 148 ** | 1773 ** | 38338200 ** |
| REP | 2 | 178.5 | 236 | 7.2 | 1513256 |
| ERROR | 598 | 2.5 | 3.6 | 13.5 | 329011 |
| TOTAL | 899 | | | | |
| CV | | 2.07 | 1.49 | 4.2 | 9.34 |

FV = fuente de variación; G.L. = grados de libertad; DFLOR= días a floración; DMAD = días a madurez; AP= altura de planta; REND = rendimiento en kg ha⁻¹.

En el Cuadro 2, se presentan las comparaciones de medias respecto a los cinco ciclos de siembra con las variables estudiadas; se muestra que el ciclo 15-16 fue el que obtuvo los mayores valores en las cuatro variables estudiadas.

Cuadro 2. Comparaciones de medias de los caracteres medidos en el experimento a través de cinco ciclos. INIFAP-CEBAJ

| CICLO | DFLOR | DMAD | AP | REND |
|--------------|--------------|-------------|-----------|-------------|
| 15-16 | 81 a | 137 a | 95 a | 6943 a |
| 16-17 | 73 e | 126 c | 81 d | 6167 b |
| 17-18 | 77 b | 124 e | 94 b | 6922 a |
| 18-19 | 76 c | 128 b | 81 d | 5643 c |
| 19-20 | 75 d | 125 d | 87 c | 5029 d |
| DHS | 0.45 | 0.54 | 1.06 | 165 |

DHS: Diferencia honesta significativa; DFLOR= días a floración; DMAD = días a madurez; AP= altura de planta; REND = rendimiento en kg ha⁻¹.

Respecto al análisis de las fechas de siembra se observó que la fecha de siembra E (FSE) fue la que presentó menor ciclo a floración y madurez, así también la menor altura y rendimiento de grano ya que obtuvo 2021.51 kg ha⁻¹ menos que la fecha de siembra B (FSB).

Cuadro 3. Comparaciones de medias de los caracteres medidos en el experimento a través de cinco en fechas de siembra. INIFAP-CEBAJ

| Fecha de siembra | DFLOR | DMAD | AP | REND |
|-------------------------|--------------|-------------|-----------|-------------|
| FSA | 80.20 b | 138.12 a | 90.36 b | 6135.59 c |
| FSB | 81.68 a | 135.61 b | 91.72 a | 7071.87 a |
| FSC | 79.18 c | 130.64 c | 90.13 b | 6879.95 b |
| FSD | 74.13 d | 121.61 d | 86.19 c | 5563.15 d |
| FSE | 67.05 e | 113.08 e | 79.11 d | 5050.36 e |
| DSH | 0.45 | 0.54 | 1.06 | 165.43 |

DHS: Diferencia honesta significativa; DFLOR= días a floración; DMAD = días a madurez; AP= altura de planta; REND = rendimiento en kg ha⁻¹.

En la comparación de medias de los 12 genotipos evaluados se observó que Anatoly C2011 presentó mayor ciclo a floración, y madurez, altura de planta y rendimiento de grano, para esta última variable los genotipos Cisne F2016 y Elia M2016 también registraron alto rendimiento de grano; el genotipo Maya S2007 fue el que presentó menor rendimiento de grano denotando una diferencia respecto al mayor de 1445kg ha⁻¹

Cuadro 4. Comparaciones de medias de los caracteres medidos en el experimento a través de cinco ciclos en genotipos. INIFAP-CEBAJ.

| GENOTIPOS | DFLOR | DMAD | AP | REND |
|------------------------|----------|-----------|-----------|------------|
| Cortázar S94 | 74.62 e | 127.17 d | 82.46 f | 5898.49 d |
| Urbina S2007 | 77.53 bc | 127.40 cd | 90.46 bcd | 5804.23 de |
| Maya S2007 | 74.26 e | 127.21 cd | 84.46 e | 5591.09 ef |
| Bárceñas S2002 | 76.73 cd | 128.68 ab | 83.86 ef | 5999.39 cd |
| Ibis M2016 | 76.96 cd | 129.14 ab | 89.86 cd | 6874.24 a |
| Alondra F2014 | 76.77 cd | 126.92 d | 91.93 ab | 6244.56 bc |
| Faisán S2016 | 76.20 d | 129.01 ab | 91.40 abc | 6388.95 b |
| Salamanca S75 | 77.82 b | 128.21 bc | 83.13 ef | 5289.91 f |
| Luminaria F2012 | 73.04 e | 124.33 e | 78.06 g | 4777.60 g |
| Cisne F2016 | 74.65 e | 127.42 cd | 92.60 a | 7036.15 a |
| Anatoly C2011 | 82.04 a | 129.36 a | 92.60 a | 6976.85 a |
| Elia M2016 | 76.78 cd | 128.93 ab | 89.20 d | 6800.75 a |
| DHS | 0.84 | 1.02 | 1.97 | 307.33 |

DHS: Diferencia honesta significativa; DFLOR= días a floración; DMAD = días a madurez; AP= altura de planta; REND = rendimiento en kg ha⁻¹.

CONCLUSIÓN

Las fechas de siembra tempranas producen rendimientos más altos que las tardías. Para la región la fecha óptima de siembra está entre el primero y el 15 de diciembre. Los genotipos mostraron diferencias en rendimiento debido a los cambios ambientales, los que mostraron un mejor comportamiento a través de ciclos y fechas de siembra fueron Cisne F2016, Anatoly C2011, Ibis M2016 y Elia M2016.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Braun, H.J.; Atlin, G. and Payne, T. (2010). Multi-location testing as a tool to identify plant response to global climate change. M.P. Reynolds (Ed.), *Climate Change and Crop Production*, CABI, Wallingford, UK, pp. 115-138.
2. Farooq, Muhammad; Hussain, Mubshar; Ul-Allah, Sami; and H.M. Siddique, Kadambot. (2019). Physiological and agronomic approaches for improving water-use efficiency in crop plants, *Agricultural Water Management*. 219:95-108. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.04.010>.
3. Guo, J.; Shi, W.; Zhang, Z.; Cheng, J.; Sun, D.; Yu, J.; Li, X.; Guo, P. and Hao, C. (2018). Association of yield-related traits in founder genotypes and derivatives of common wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biology*. 18:38 DOI 10.1186/s12870-018-1234-4
4. Ray, DK; Mueller, ND; West, PC. and Foley, JA. (2013). Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PLoS One*. 8(6): e66428.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

HÍBRIDOS Y VARIEDADES DE MAÍZ, PRODUCTO DEL MEJORAMIENTO GENÉTICO REALIZADO EN CHIAPAS

Autor

Bulmaro Coutiño-Estrada – Campo Experimental Centro de Chiapas. INIFAP

Palabras clave: Híbridos, Variedades, Maíz.

Introducción.

En el 2019, se sembraron 689 mil ha de maíz en Chiapas, con una producción de 1.2 millones de toneladas de grano, con rendimientos de 1.8 ton/ha. De esta superficie, el 34.2 % se siembra con semillas de variedades mejoradas, mientras que el 65. % (563 mil ha) se siembra con semillas de diferentes variedades criollas. En los Distritos de Desarrollo Rural (DDR) de clima cálido (trópico) se produce el 53 % del grano total estatal y es donde se cultivan las semillas mejoradas. En los DDR de clima semicálido (subtrópico) se produce el 17 % del total estatal y se cultivan principalmente las razas Comiteco y Tehua. En los DDR de clima templado se produce el 8 % del total estatal y se siembran principalmente variedades criollas de la raza Olotón. El objetivo de este trabajo es dar a conocer los híbridos y variedades de maíz que se han formado en este Campo Experimental.

Materiales y Métodos.

La investigación en maíz se inició con la creación del Campo Experimental Centro de Chiapas del INIA (hoy INIFAP) en 1974, en el municipio de Ocozocoautla, Chiapas. El financiamiento fue proporcionado por el INIFAP y otras dependencias como Fundación Produce Chiapas, Fomix-Chiapas, CONACYT, CONABIO, SINAREFI-SAGARPA, empresas semilleras, CIMMYT, Universidad Autónoma Chapingo, Fondos Sectoriales CONACYT-SAGARPA, entre otras. Los proyectos de investigación estuvieron enfocados a incrementar el rendimiento, mejorar la calidad de grano para las industrias de la masa y la tortilla y la harinera, incrementar la calidad de proteína con el gene opaco-2, selección para producción de forraje, cantidad de aceite, obtener tolerancia y/o resistencia a las enfermedades, reducir altura de planta, seleccionar por cualidades eloteras. Se aplicaron diversos métodos de mejoramiento genético, como: Selección Masal Moderna, Selección Visual Estratificada, Selección Familiar, Selección Combinada de familias de medios hermanos y hermanos completos, Selección Recurrente para Aptitud Combinatoria General y Específica, hibridación clásica, hibridación por retrocruzas, por marcadores moleculares, así como investigaciones agronómicas sobre fechas de siembra, nutrición, desespigue, densidades de población, arreglos topológicos, producción de semilla. Las investigaciones estuvieron enfocadas para las áreas agroecológicas: trópico, subtrópico y templada. Se obtuvieron híbridos y variedades mejoradas, las cuales ya cuentan con su registro del SNICS y su Título de Obtentor, se ha producido semilla certificada para los productores y se continúa trabajando para liberar otras variedades e híbridos nuevos.

Resultados.

Como producto de estos proyectos de mejoramiento genético realizados en un periodo de 47 años, se han formado tres híbridos y nueve variedades de polinización libre, para las tres regiones geográficas de Chiapas, tanto de grano blanco como de grano amarillo, varias de ellas a partir de germoplasma seleccionado de variedades criollas, las cuales se empezaron a estudiar desde los años 1974 en adelante. Las principales características de estos 12 maíces mejorados se describen a continuación.

Cuadro 1. Principales características de los maíces mejorados para el estado de Chiapas.

| Híbrido/ variedad | Tipo | Progenitores | Ventajas | Registro SNICS | Título Obtentor | año |
|----------------------|-----------------|--|---|-------------------|--------------------|------|
| H-514 | Cruza simple | Lemoc-5: Línea hembra S7 y Lemoc-6: Línea macho S6, provenientes del CIMMYT. | Rinde 13 y 7.3 ton/ha en riego y temporal, para 173,000 ha en los DDR tropicales. | | | 1998 |

| | | | | | | |
|--------|-----------------------------|---|--|-----------------------|------|------|
| H-560 | Cruza trilineal | H-514 x Lemoc-4. Línea macho S6. | Rinde 15 y 10.8 ton/ha en riego y temporal, para 165,000 ha en los DDR tropicales. | | | 2005 |
| H-561 | Cruza simple | Lemoc-1RP hembra y Lemoc-2RP macho, del CIMMYT. | Rinde 7.6 a 7.9 t/ha en Chiapas, Guerrero, Yucatán, Veracruz, Oaxaca y Tamaulipas. Tolera pudriciones de la mazorca. | MAZ-1017-260 210 | 0944 | 2009 |
| V-229B | Var. de polinización libre. | Proveniente del 1er ciclo de Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos de la Población Comiteca Blanca. | Rinde 6.5 a 5.9 t/ha, supera a los criollos locales en 14%, ideal para elaborar tortillas, pozol, totopos y elotes, en los DDR subtropicales. | 1040-MAZ-402-241097/C | | 1997 |
| V-231A | Var. de polinización libre. | Proveniente del 1er ciclo de Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos de la Población Comiteca Amarillo. | Rinde 6.5 t/ha, supera a los criollos amarillos en 27 %, para elaborar tortillas, pozol, totopos amarillos y elotes. Para DDR subtropicales. | 1041-MAZ-403-241097/C | | 1997 |
| V-534 | Var. de polinización libre. | Proveniente del 3er ciclo de Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos de la población Tuxpeño Tropical de CIMMYT. | Rinde 7 t/ha, en Chiapas, Campeche, Veracruz, Guerrero. Se produjo semilla certificada en su primer año de cultivo para sembrar 50,000 ha. | MAZ-502-251104 | | 1990 |
| V-560 | Var. de polinización libre. | Proveniente del 3er ciclo de Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos en la variedad precoz V-424 | Rinde 5.2 ton en temporal y 6.8 ton en riego para DDR tropicales. Empresas locales han producido semilla certificada para sembrar 100,000 ha. | MAZ 1308-010312 | 1346 | 2013 |
| V-561 | Var. de polinización libre. | Proveniente del 3er ciclo de Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos en la variedad V-534 | Produce 7.7 t/ha y supera en 1.4 t a la V-534 y en 1.2 t a la V-526. Elotes largos y hasta 60 t de forraje verde/ha. Granos con 11.72 % de proteína, para DDR tropicales | MAZ-1632-250615 | 1881 | 2015 |
| V-562 | Var. de polinización libre. | Proveniente del 3er ciclo de Selección Recurrente de Familias de Hermanos Completos de la variedad V-526 | Rinde 7.8 t/ha en temporal y 16 % más en riego. Produce elotes largos y muy dulces (17° Brix) a los 90 días y de 45 a 60 t de forraje verde/ha. Granos con 11.72 % de proteína, para DDR tropicales. | MAZ-1613-050315 | 1883 | 2015 |
| V238AC | Var. de polinización libre. | Proveniende de dos Retrocruzas del 2º. ciclo de Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos en la Población Comiteca | De grano amarillo, rinde 5.6 t/ha. A 95 mil plantas/ha, produce 72 ton de forraje verde en regiones cálidas. | MAZ-1612-050315 | 1882 | 2015 |

| | | | | | | |
|--------|-----------------------------|---|---|------------------------|------|------|
| | | Amarilla, a las cuales se les introdujo el gene Opaco-2 modificado. | Granos con 12.1 % de proteína y 50 a 60 % más de lisina y triptofano, para DDR subtropicales. | | | |
| V-240 | Var. de polinización libre. | Proveniente del 6º. ciclo de Selección Recurrente de Familias de Medios Hermanos de la Población Comiteca Blanca. | Rinde 4.8 t/ha, puede producir hasta 7.8 t/ha. A densidades de 95 mil plantas/ha, produce 70 ton de forraje verde en regiones cálidas. Granos con 11.6 % de proteína, para DDR subtropicales. | 3862-MAZ-2070-120219 | 2316 | 2019 |
| V-56AC | Var. de polinización libre. | Proveniente de un ciclo de Retrocruzas y 25 líneas S1 sobresalientes de 20 variedades criollas de Los Altos de Chiapas, con el gene Opaco-2 modificado. | De grano amarillo de alta calidad de proteína, rinde 4.2 t/ha, 9 % más que las variedades criollas, con 50 a 60 % más de lisina y triptofano. Para DDR de clima templado. | 3861-MAZ-2069-120219/C | 2315 | 2019 |

También se ha colaborado con investigadores de otros campos experimentales como Cotaxtla, Bajío, Centro-Altos de Jalisco, Iguala, Oaxaca, Tamaulipas, Yucatán, para formar híbridos y variedades mejoradas, como H-510, H-513, H-363C, H-386A, H-518, H-563, H-565, H-568, H-387C, V-524, V-530, V-531, VS-525A, V-537C, V-538C, V-235, V-459, H-470, VPL-ST.

Conclusiones.

De estos híbridos y variedades se ha producido semilla Básica y Registrada para algunas empresas semilleras, como la extinta Productora Nacional de Semillas, el Patronato de Investigación de Chiapas, Productores de Semilla de San Pedro Buenavista, Semillas Proseso, Ayuntamientos de Villaflores, de Cintalapa, Organizaciones de Productores de Semillas de Jiquipilas, y otras empresas semilleras locales, con lo que se ha contribuido en el incremento de la superficie cultivada con semillas mejoradas y en la producción de grano e ingresos de los productores de maíz de esta entidad.

Bibliografía

- Coutiño E. B., Ramírez F. A. 1998. H-514, nuevo maíz híbrido para regiones cálidas de alta productividad. Folleto técnico No. 8. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Centro de Chiapas. Ocozacoautla, Chiapas.
- Coutiño E. B., Betanzos M. E., Ramírez F. A., Gómez N. M., Espinosa C. A.,...2004. H-363C, híbrido de maíz de calidad proteínica para el trópico de México. Agricultura Técnica en México. Vol. 30 (2):235-238.
- Coutiño E. B., Betanzos M. E., Ramírez F. A., Espinosa P. N. 2004. V-229 y V-231A, primeras variedades mejoradas de maíz de la raza comiteco. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 27 (3): 295 – 296.
- Coutiño E. B.; Ramírez F. A.; Betanzos M. E.; Espinosa P. N.; López L. A.; Camas G. R.; Grajales S. M.; Gómez M. N. 2006. 'INIFAP H-560', híbrido de maíz para las regiones cálidas de buena productividad. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 29 (3):271-272
- Coutiño E. B., Salinas M. Y., Gómez M. N. y Vidal M. V. A. 2013. 'H-561', nuevo híbrido de maíz resistente a pudriciones de mazorca para regiones tropicales. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 36 (1): 85 – 87.
- Coutiño-Estrada B., Gómez-Montiel N. O., Vázquez-Carrillo G. y Vidal-Martínez V. A. 2014. 'V-560', nueva variedad precoz de maíz para regiones tropicales. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 37 (2): 187 – 188.
- Coutiño E. B., Vidal M. V. A. y Vázquez C. G. 2017. V-561: nueva variedad tropical de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol.8 (8):1887-1890.
- Coutiño-Estrada B., Vázquez-Carrillo G., Rincón-Espinosa D. 2018. V56AC, primera variedad de maíz (*Zea mays* L.) Olotón QPM para los Altos de Chiapas. Acta Fitogenética. Vol. 5(1). p 63.

Coutiño E. B. y Vázquez C. G. 2018. V238AC: nueva variedad de maíz de grano amarillo QPM. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 9. (5): 1089-1092.

Coutiño E. B., Vidal M. V. A., Vázquez C. G. 2018. V562: nueva variedad de maíz proveniente de la V-526. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 9 (6):1311-1314.

Coutiño E. B. y Vidal M. V. A. 2020. V240 nueva variedad subtropical de maíz Comiteco. Revista Fitotecnia Mexicana. Vol. 43(3): 349-350.

Autor responsable: Bulmaro Coutiño-Estrada

Correo electrónico de contacto: coutino.bulmaro@inifap.gob.mx

Área: Genotecnia vegetal.

Modalidad propuesta: Presentación oral

ADAPTACIÓN DE NUEVAS LÍNEAS DE TRIGO DESARROLLADAS PARA EL BAJÍO

*Ernesto Solís Moya¹; Lourdes Ledesma Ramírez¹; Oscar Arath Grageda Cabrera¹; Víctor Montero Tavera¹; Aquilino Ramírez Ramírez¹; Manuel Jerónimo Arriaga²

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Bajío, Celaya, Guanajuato, México, km 6.5 Carretera Celaya-San Miguel de Allende, Celaya, Gto. C.P. 38010.

²Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Zitácuaro. Av. Tecnológico No.186, 61534, Zitácuaro, Mich; México. * Autor por correspondencia: esolismoya@hotmail.com

Palabras clave: roya lineal amarilla, rendimiento, mejoramiento, Cisne F2016

INTRODUCCIÓN

El Bajío es la segunda zona productora de trigo del país con una superficie de siembra promedio en el periodo 2000 a 2020 de 120,577 ha, una producción de 693,987 t y un rendimiento medio de 5.6 t ha⁻¹ (SIAP, 2021). Los avances en rendimiento de 2000 a 2020 en esta región fueron de apenas 100 kg ha⁻¹, observándose avances positivos en Guanajuato donde el rendimiento se incrementó en 1000 kg ha⁻¹ (de 5.8 a 6.8 t ha⁻¹) y negativos en Jalisco y Michoacán donde hubo pérdidas de 200 y 500 kg ha⁻¹, respectivamente. Dentro de los factores a que se atribuye la baja productividad en los estados de Michoacán y Jalisco están la siembra en fechas tardías, el incremento en la temperatura y al uso de variedades antiguas y susceptibles a la roya lineal amarilla. El aumento del potencial de rendimiento de los cultivares puede contribuir a resolver los problemas del cambio climático y el aumento de la población mundial (Reynolds *et al.* 2009). En México, el avance genético anual en rendimiento de trigo fue 2.3 % en el periodo 1940 a 1984 (Hernández, 1988) y al considerarse años recientes (1940 a 2015) la ganancia del rendimiento de grano fue de solo 1.21 % anual (41.8 kg ha⁻¹), que representó un aumento acumulado de 2.8 t ha⁻¹ en 67 años. En años recientes el Cimmyt ha desarrollado un gran número de líneas derivadas de cruces entre líneas élite y trigos tradicionales, además ha empleado métodos de mejora fisiológicos con el objeto de incrementar el rendimiento potencial del trigo y su adaptación a altas temperaturas y la sequía. Este estudio tuvo como objetivo evaluar materiales seleccionados de estos trabajos y determinar su adaptación en el Bajío.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo 2019-2020 se evaluó las poblaciones más recientes entregadas por el Consorcio de Rendimiento de Trigo: WYCYT, Wheat Yield Consortium Yield Trial conformado por 35 accesiones en dos repeticiones. Estas líneas se evaluaron en dos localidades del Bajío, Guanajuato (Campo Experimental Bajío ubicado en Celaya, Guanajuato) y Jalisco (La Barca, Jalisco). La fecha de siembra y el manejo agronómico dado a los experimentos en cada localidad se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Localidad, condiciones de crecimiento y principales parámetros agronómicos de los experimentos 6th WYCYT evaluado en dos localidades del Bajío bajo riego durante el ciclo otoño invierno 2019-2020.

| Localidad | Fecha de siembra | Coord. | ASNM (m) | Fert. (N-P-K) | Riegos |
|-------------|------------------|---------|----------|---------------|--------------------------------|
| Guanajuato* | 21/12/2019 | 105°29W | 1752 | 240-60-00 | 0-15-30-45-60-75-90-98-106-116 |
| | | 20°32'N | | | |
| Jalisco | 6/01/2019 | 100°49W | 1542 | 200-80-60 | 0-29-54-72-84 |
| | | 20°16'N | | | |
| | | 102°34W | | | |

*Riego por microaspersión con láminas de 4.5 cm por riego.

Se midieron los siguientes caracteres fenotípicos: 1) Altura de planta (AP), medida en centímetros desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiguilla terminal; 2) días a espigamiento (DE), número de días

desde la siembra hasta que el 50 % de las espigas estuvieron expuestas; 3) días a madurez (DM), desde la siembra al momento en que el 50% de los pedúnculos de las plantas se tornaron al color amarillento; 4) porcentaje de severidad de roya lineal amarilla, 5) índice de cosecha (IC), igual a TRG/TRB, en donde TRG = rendimiento en gramos de 100 tallos de la parcela y TRB = rendimiento biológico de 100 tallos de la parcela; 6) rendimiento de grano (RG), en gramos por parcela y se transformó a kg ha⁻¹; 7) biomasa (BIO), en t por ha, calculada como (RG/1000)/IC; 8) espigas por metro cuadrado (EPM2) = (BIO*100)/(TRG/100); 9) peso de 1000 granos (PMG) en mg; 10) granos por metro cuadrado (GPM2) = (RG/10)/(PG/1000).

La información obtenida se sometió a un análisis de varianza combinado para cada una de las diez variables mencionadas anteriormente. Se hicieron pruebas de comparaciones de medias usando la técnica de Tukey (0.05). También se analizó la interacción genotipo ambiente utilizando gráficos de barras generados en el programa Excel. Los análisis se realizaron con los programas estadísticos SAS versión 9.3 y RStudio versión 3.5.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza combinados (Cuadro 2) detectaron diferencias altamente significativas entre localidades en todas las variables excepto en Bio y GPM2. Entre genotipos se detectó diferencias altamente significativas en DM, RL, PMG, IC y GPM2 y significativas en AP, RG, BIO y EPM2. En la interacción Loc*Gen se detectó diferencias altamente significativas en RL, RG, PMG, IC y GPM2 y significativas en RG y EPM2. El ANOVA combinado reveló que las localidades explicaron la mayor parte de la variación en la mayoría de los caracteres, mientras que genotipos explicó en mayor proporción las variables GPM2 y EPM2.

Cuadro 2. Cuadrados medios de las variables estudiadas en el experimento WYCYT evaluado en Guanajuato y Jalisco en el ciclo OI 2019-20.

| FV | GL | AP | DE | DM | RL | RG | PMG | IC | BIO | GPM2 | EPM2 |
|-------------------|-----|--------|---------|--------|---------|-------------|---------|---------|-------|-----------|----------|
| Loc | 1 | 5747** | 10302** | 8455** | 44607** | 131243598** | 10938** | 0.45** | 16.4 | 147403 | 373612** |
| Rep(Loc) | 2 | 135 | 2.1 | 24.5 | 19.1 | 4167551 | 24.1 | 0.002 | 72.2 | 32627291 | 32965 |
| Loc*Rep*Bloc k | 24 | 16 | 0.9 | 1.9 | 133.8 | 461307 | 6.3 | 0.003 | 10.5 | 2064665 | 12233 |
| Gen | 34 | 74* | 28.5 | 10.7** | 935.4** | 931854* | 17.1** | 0.004** | 11.9* | 5653460** | 9143* |
| Loc*Gen | 34 | 26 | 1.4 | 1.6 | 698** | 1084099* | 12.5** | 0.003** | 9.8 | 5117941** | 8121* |
| Error | 44 | 15.9 | 0.97 | 1.7 | 108.6 | 566737 | 4.1 | 0.001 | 6.2 | 2432714 | 4661 |
| Total | 139 | | | | | | | | | | |
| CV | | 3.9 | 1.2 | 1.1 | 52.3 | 14.4 | 4.1 | 9.6 | 16.4 | 14.5 | 20 |

FV = fuente de variación; GL = grados de libertad; Loc = localidades; Gen = genotipos; Rep= repeticiones; CV = coeficiente de variación; DE = días a espigamiento; RL = severidad de roya lineal; AP= altura de planta; RG = rendimiento en kg ha⁻¹; PMG = peso de mil granos; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa; GPM2 = granos por metro cuadrado; EPM2 = espigas por metro cuadrado; ** = diferencias altamente significativas; * = diferencias significativas.

En el Cuadro 3 se observa que no obstante que Guanajuato presentó las mejores condiciones de crecimiento (registró mayores alturas de planta, días a espigamiento y madurez) debido a una siembra más temprana, también registró altos niveles de roya que impactaron negativamente el rendimiento de grano y sus componentes. De los dos componentes principales del rendimiento el peso del grano fue afectado en mayor grado 31% por 0.6% en los GPM2.

Cuadro 3. Comparaciones de medias entre localidades de los caracteres medidos en el experimento WYCYT evaluado en el ciclo OI 2019-20.

| Loc | AP | DE | DM | RL | RG | PMG | IC | BIO | GPM2 | EPM2 |
|------------|-----|-----|-----|-----|------|-----|-------|------|-------|------|
| Jalisco | 96 | 70 | 111 | 2 | 6194 | 58 | 0.4 | 15.5 | 10815 | 393 |
| Guanajuato | 109 | 87 | 126 | 38 | 4258 | 40 | 0.29 | 14.8 | 10750 | 290 |
| DSH | 1.4 | 0.3 | 0.5 | 3.6 | 256 | 0.7 | 0.001 | 0.85 | 531 | 23 |

DE = días a espigamiento; RL = severidad de roya lineal; AP= altura de planta; RG = rendimiento en kg ha⁻¹; PMG = peso de mil granos; IC = índice de cosecha; BIO = biomasa; GPM2 = granos por metro cuadrado; EPM2 = espigas por metro cuadro; DSH=diferencia significativa honesta de Tukey.

El análisis de la interacción Loc*Gen para la variable rendimiento de grano mostró que en Jalisco cuatro líneas superaron a los tres testigos Borlaugh 100, Sokoll, y Cortazar S94 (testigo local) de ellas la L23 los superó con 8.0, 21.5 y 31.3%, respectivamente. En cambio, en Guanajuato solo una línea (L9) superó al mejor testigo (Cisne F2016) con 6.9%. Como se observa en las gráficas los mejores genotipos fueron diferentes en ambas localidades, así también, Borlaug100 superó a Sokoll en ambos ambientes. Los niveles de roya en Guanajuato de las líneas destacadas en Jalisco alcanzaron niveles de 40 a 80% de severidad. La mejor línea en Guanajuato (L9) fue resistente a roya (1% de severidad), incluso el rango de severidad de todas las líneas destacadas (L9, L30; L3, L10, y L4) en esta localidad apenas llegó a 5% de severidad (Figura 1 y 2).

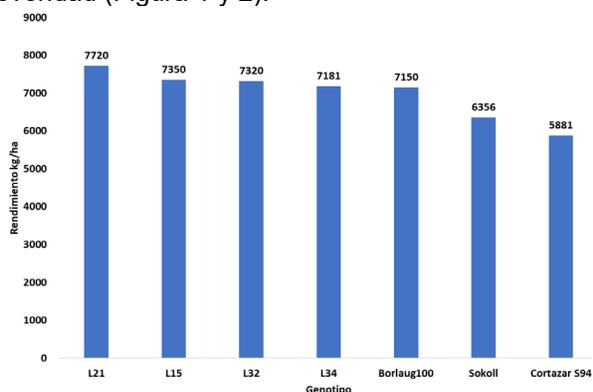


Figura 1. Rendimiento de las líneas más destacadas y testigos evaluados en Jalisco.

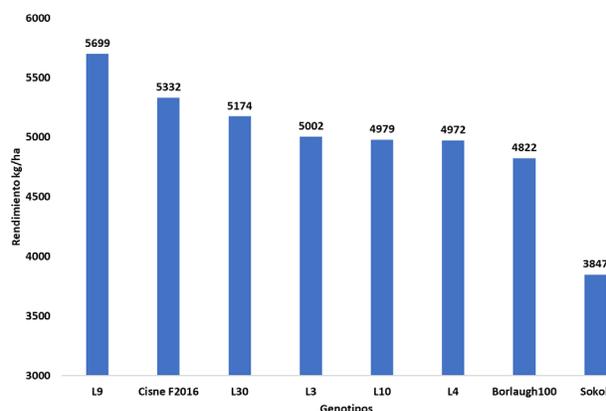


Figura 2. Rendimiento de las líneas más destacadas y testigos evaluados en Guanajuato.

CONCLUSIONES

En Jalisco cuatro genotipos superaron el rendimiento de los testigos y en Guanajuato solo uno logró superar al testigo local. De estos genotipos el más destacado es el L9 ya que es resistente a roya lineal amarilla, no así los cuatro genotipos sobresalientes en Jalisco que resultaron susceptibles a roya lineal y obtuvieron rendimientos muy bajos en Guanajuato.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández, S. A. (1988). Avance en el mejoramiento genético del trigo en Mexico. Agron. EDP Sci. 8: 633-638.
- Reynolds, M., M. J. Foulkes, G. A. Slafer, P. Berry, M. A. J. Parry, J. W. Snape and W. J. Angus. 2009. Raising yield potential in wheat. J. Exp. Bot. 60: 1899-1918.
- SIAP, 2013. (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (consultado el 26 de julio del 2021).

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

MAÍCES AMARILLOS, OTRA OPCIÓN PARA CULTIVAR EN CHIAPAS

Bulmaro Coutiño Estrada^{1*}; David Rincón Espinosa²

¹CE Centro de Chiapas-CIRPAS-INIFAP. ²Programa MCPAT-Facultad de Ciencias Agronómicas-
Universidad Autónoma de Chiapas

*coutino.bulmaro@inifap.gob.mx

PALABRAS CLAVE

Maíz amarillo, híbridos, variedades.

INTRODUCCIÓN

En México se produjeron 28'250,783 ton de grano de maíz en el año 2016 (SIAP, 2017) y se han importado hasta 13 millones de toneladas de maíz amarillo para abastecer las necesidades de consumo humano y de la industria. En el año 2016, se sembraron en Chiapas 684,462 ha con maíz y se obtuvo una producción de 1'301,689 de toneladas, con rendimientos de 1.9 ton/ha. Se estima que el 85 % de esta superficie se cultiva con variedades criollas y generaciones avanzadas de variedades mejoradas e híbridos y el 15 % con semillas certificadas y declaradas de híbridos y de variedades mejoradas. Las variedades de grano amarillo se cultivan en casi todo el estado, lo que resalta la importancia del uso de ellas para la alimentación humana y animal en las áreas agrícolas y urbanas (Coutiño *et al.*, 2010). Lo anterior, indica la importancia de hacer mejoramiento genético y ofertar semilla de híbridos y variedades de grano color amarillo, cuya producción vendría a reducir las importaciones y se estimularía los ingresos de los productores, ya que no lo cultivan en gran escala debido a la falta de interés por los compradores y comercializadores. El objetivo principal de esta investigación fue detectar al menos un híbrido y/o una variedad de grano amarillo de alto rendimiento para la región tropical del estado de Chiapas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó un grupo de 21 genotipos, formado por siete híbridos, cinco variedades mejoradas y en proceso de mejoramiento del inifap, cuatro variedades criollas cultivadas en Chiapas, y cinco híbridos de empresas comerciales locales, como testigos. Los genotipos fueron aleatorizados en un diseño experimental látice triple 3x7, las unidades experimentales fueron de 52 plantas, distribuidas en dos surcos de cinco m de longitud, separados a 75 cm, con una planta cada 20 cm, para tener una densidad de población aproximada de 66 mil plantas ha⁻¹. La evaluación agronómica de los genotipos se llevó a cabo durante los ciclos agrícolas Primavera-Verano 2018 y 2019, bajo condiciones de temporal, en tres localidades de la región tropical del Centro de Chiapas: 1) Centro Universitario de Transferencia de Tecnología San Ramón de la Universidad Autónoma de Chiapas, Villaflores (544 msnm), 2) Campo Experimental Centro de Chiapas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Ocozocoautla (791 msnm) y 3) Campo Experimental de la Escuela Preparatoria de Jiquipilas (561 msnm). La siembra se realizó en junio y julio, dependiendo de la humedad disponible en los terrenos, los cuales se prepararon con un paso de arado, dos rastreos y un surcado superficial. El paquete tecnológico aplicado en cada ambiente fue el recomendado por el INIFAP. Durante la floración y madurez comercial se midieron variables de planta y mazorca. Los datos de las variables medidas se les realizó un análisis de varianza combinado, considerando un modelo mixto (el efecto ambiente aleatorio y el efecto genotipo fijo), para detectar variabilidad entre genotipos, entre ambientes y entre interacciones genotipo x ambiente; también se hizo la prueba múltiple de medias de la Diferencia Mínima Significativa (DMS al 0.05 %), así como una prueba de contrastes ortogonales (Littell *et al.*, 1966) para comparar el comportamiento promedio de los híbridos del inifap vs los híbridos comerciales testigos y de las variedades mejoradas vs las variedades criollas; para esto, se utilizó el procedimiento GLM del paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, versión 9.3), para detectar el mejor ambiente, el mejor genotipo, la mejor interacción genotipo x ambiente, así como el mejor híbrido y la mejor variedad. La cosecha se realizó en noviembre y diciembre, entre 140 a 150 días después de la siembra. Se obtuvieron los datos de precipitación pluvial de las tres localidades de los dos años de prueba y se realizó un análisis de suelos en la capa arable (0 a 30 cm) de cada ambiente para conocer la fertilidad de los terrenos utilizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación pluvial acumulada desde el 1 de junio al 31 de octubre de 2018 fue de 992 mm en Villaflores, 821 mm en Jiquipilas y 556 mm en Ocozocoautla, para el año 2019 en ese mismo periodo fueron

de 959, 634 y 557 mm, respectivamente. El suelo de Villaflores resultó con alto nivel de materia orgánica (2.32%), pH moderadamente ácido (6.1), de textura franco-arenosa, de modesta capacidad de retención de agua y nutrientes, pobre en fósforo disponible, potasio, magnesio, azufre. El suelo de Ocozocoautla de pH moderadamente alcalino (7.2), textura franco arcillosa, moderadamente alto en materia orgánica (2.56%), moderadamente bajo en fósforo y azufre. El de Jiquipilas fue de pH alcalino (8.3), textura franco arcillosa, pobre en fósforo disponible, boro, manganeso, muy bajo contenido de azufre. Estas características contrastantes en lluvia y tipos de suelo de las tres localidades se relacionan con los rendimientos obtenidos muy contrastantes.

Al hacer el análisis de varianza combinado de los tres ambientes de prueba se encontró diferencias significativas entre ambientes y entre híbridos para todas las variables, mientras que para la interacción genotipo x ambiente solo hubo diferencias en las variables días a floración femenina y masculina y rendimiento de grano. El mayor rendimiento de grano obtenido en Villaflores en 2018 se debe a la mayor cantidad y distribución del agua precipitada en ese año y menor sequía intraestival (canícula), en comparación a las observadas en Ocozocoautla y Jiquipilas en los dos años de evaluación y a la de la misma localidad en el año 2019, con una reducción promedio en las tres localidades y los dos años de 14.8%. Paliwal *et al.* (2001) mencionaron que las sequías reducen los rendimientos del maíz cerca del 15 % en las tierras bajas tropicales y subtropicales, que el maíz cultivado en las tierras bajas necesita al menos 500 mm de lluvia bien distribuida a lo largo de todo el ciclo del cultivo, y que el impacto de un periodo de restricción en la disponibilidad de agua sobre el crecimiento del cultivo es influenciado por numerosos factores, tales como la etapa de crecimiento del cultivo, el área foliar, el volumen de las raíces, el déficit de la presión de vapor atmosférico, la temperatura y la radiación solar. Al comparar, mediante contrastes ortogonales, el rendimiento de grano de los tres híbridos del inifap con el de tres de los mejores híbridos comerciales testigos, se encontró diferencia estadísticamente significativa entre ellos ($P < 0.0001$), resultando mejor el grupo de híbridos del inifap; de forma similar, al comparar las cuatro variedades mejoradas con las cuatro variedades criollas, también se encontró significancia estadística entre ambos grupos ($P < 0.0001$), superando las mejoradas el rendimiento de las variedades criollas.

Cuadro 1. Características y rendimiento de los maíces amarillos evaluados en las tres localidades.

| No. | Genotipo | Floración masculina (días) | Altura planta (cm) | Longitud mazorca (cm) | Granos por hilera | No. de hileras | Rend. de grano (t ha ⁻¹) |
|---------------------|---------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|----------------|--------------------------------------|
| 1 | Castaño | 58 | 233 | 15.0 | 34.1 | 14.2 | 5.967 a |
| 2 | 24 Kilates | 55 | 236 | 15.0 | 31.4 | 14.5 | 5.754 a |
| 3 | H-443A | 56 | 228 | 14.9 | 33.1 | 14.0 | 5.748 a |
| 4 | REMACO15A | 57 | 237 | 13.6 | 33.4 | 14.0 | 5.608 ab |
| 5 | H-386A | 56 | 254 | 14.5 | 31.0 | 12.9 | 5.514 ab |
| 6 | Población AC1 | 61 | 298 | 15.1 | 31.9 | 12.9 | 4.800 bc |
| 7 | SP-528A | 62 | 240 | 14.2 | 32.1 | 13.2 | 4.797 bc |
| 8 | Sur-42 | 59 | 220 | 13.8 | 31.6 | 14.0 | 4.452 c |
| 9 | NA-35 | 57 | 221 | 12.8 | 31.9 | 16.7 | 4.384 c |
| 10 | Población AC2 | 61 | 287 | 15.5 | 33.4 | 13.6 | 4.230 c |
| 11 | V-556AC | 61 | 267 | 15.0 | 30.8 | 14.2 | 3.954 cd |
| 12 | Población AC0 | 62 | 296 | 15.6 | 31.8 | 12.7 | 3.928 cd |
| 13 | Olotillo A1 | 72 bc | 349 | 16.5 | 31.8 | 8.8 | 3.091de |
| 14 | Thaiska | 65 | 303 | 14.1 | 34.6 | 9.7 | 2.913 e |
| 15 | Olotillo A2 | 72 a | 324 | 16.7 | 32.7 | 9.1 | 2.448 ef |
| 16 | HV-59A | 48 | 244 | 12.4 | 28.6 | 13.7 | 1.891 fg |
| 17 | Olotillo A3 | 73 ab | 328 | 16.2 | 30.3 | 7.9 | 1.809 fg |
| 18 | HV-60A1 | 48 | 223 | 12.1 | 27.2 | 12.5 | 1.727fg |
| 19 | HV-60A2 | 49 | 221 | 11.5 | 27.1 | 13.8 | 1.386 g |
| 20 | H-UNAM | 47 | 241 | 12.0 | 26.3 | 12.6 | 1.302 g |
| 21 | V-238AC | 68 cd | 306 | 15.8 | 26.5 | 10.8 | 1.152 g |
| DMS _{0.05} | | 5.08 | 40.9 | 1.7 | 7.8 | 1.2 | 1.652 |

* Letras diferentes indican medias estadísticamente diferentes (DMS_{0.05}).

Entre genotipos, los más tardíos y de plantas más altas (Cuadro 1) fueron las variedades criollas (349 a 323 cm), mientras que los mejorados crecieron menos (228 a 220 cm); las mazorcas más largas se

obtuvieron en Villaflores y en Ocozocoautla, indicativo de las mejores condiciones de precipitación pluvial que en Jiquipilas; los genotipos de mazorcas más largas, de menor diámetro, de menos hileras y de olote más delgado fueron las variedades criollas Olotillo (Cuadro 2), en contraste, con los híbridos, los cuales fueron de mazorcas menos largas, pero con mayor número de hileras y mayor peso de grano.

En rendimiento de grano sobresalieron estadísticamente nueve de los 21 genotipos, entre ellos, H-443A, REMACO 15A, H-386A y la Población AC1, la cual es una variedad mejorada con un ciclo de Selección Combinada de Familias de Medios Hermanos (Compton y Comstock, 1976), aplicada en una población que es un compuesto formado por un grupo selecto de variedades criollas locales y de híbridos comerciales, la cual compite favorablemente con los mejores híbridos del inifap y los testigos comerciales, de la cual se puede producir semilla (García *et al.*, 2014) para abastecer a productores de bajos recursos.

CONCLUSIONES

Sobresalieron estadísticamente los híbridos H-443A, REMACO15A y H-386A con rendimientos de grano de 5.748, 5.608 y 5.514 t ha⁻¹ e igualaron a dos de los híbridos comerciales testigos; en un segundo grupo, sobresalió e igualó estadísticamente la variedad mejorada Población AC1 a otros dos híbridos comerciales testigos, lo cual indica que se cuenta con buenos maíces mejorados de grano amarillo que compiten favorablemente con los algunos de los híbridos comerciales que se cultivan en la región Central de Chiapas; la variedad criolla Olotillo Amarillo 2, superó a las demás con un rendimiento de grano de 3.0 t ha⁻¹.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al inifap el financiamiento con recursos fiscales durante los años 2018 y 2019 al proyecto "Selección de híbridos y variedades amarillas para el trópico de Chiapas". Los resultados son parte de la tesis de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical del segundo autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Compton W. A., and R. E. Comstock. 1976. More on modified ear-to-row selection in corn. *Crop Sci.*16:122.
2. Coutiño E. B., Vidal M. V. A., Sánchez G., Cruz V. C., Cruz C. F J., Aguilar J. C. E. 2010. Diversidad de razas de maíz cultivadas en Chiapas. En: *Memorias del XXIII Congreso Nacional y III Internacional de Fitogenética*. Sociedad Mexicana de Fitogenética. Universidad Autónoma de Nayarit. Riviera Nayarita, Nay. p 104.
3. Paliwal R. L., G. Granados, H. R. Lafitte y A. D. Violic. 2001. EL maíz en los trópicos: Mejoramiento y producción. FAO, Roma, Italia. Fao.org/3/x7650s00.htm
4. Littell R. C., Milliken G. A., Stroup W. W. and Wolfinger R. D. 1966. SAS system for mixed models. SAS Institute Inc., Cary, N.C., U.S.A. 633 p.
5. SIAP. 2017. SAGARPA. Anuario estadístico de la producción de maíz en el estado de Chiapas. Ciclo agrícola 2016. www.siap.sagarpa.gob.mx.

EVALUACION DE GENOTIPOS DE GARBANZO EN TERRENOS INFESTADOS CON *Fusarium* spp EN SISTEMA DE GOTEO

Pedro Francisco Ortega Murrieta¹, Gustavo Adolfo Fierros Leyva¹, Brenda Zulema Guerrero Aguilar², Jorge Alberto Acosta Gallegos², Isidoro Padilla Valenzuela³, Víctor Valenzuela Herrera⁴, Jesús Manuel Ávila Salazar⁵.

1CE Costa de Hermosillo CIRNO-INIFAP; 2CE Bajío CIRCE-INIFAP; 3CE Norman E. Borlaug CIRNO-INIFAP; 4CE Valle de Culiacán CIRNO-INIFAP; 5 Ex Profesor Investigador DAG-Universidad de Sonora.
ortega.pedro@inofap.gob.mx

Palabras clave: Unidades Formadoras de Colonia (UFC), calibre grano, rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El garbanzo es una planta del ciclo de invierno con características idóneas para zonas con baja cantidad de agua disponible para la producción adecuada de grano. En el noroeste de México se han sembrado en los últimos 5 años alrededor de 78,700 ha, con una producción promedio de 158,220 toneladas de grano, y valor de la producción anual de 2,062 millones de pesos. Esta producción casi en su totalidad es para exportación principalmente hacia los países de Oriente Medio. Una de las principales limitantes son las pudriciones de planta causada principalmente por el hongo *Fusarium* spp. La manera más económica de solventar este problema es a través del mejoramiento genético, por lo que el objetivo de este trabajo fue evaluar material genético en condiciones de alta presencia de este hongo, obtenido en el Programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo del INIFAP, con sede en Hermosillo, Sonora y en Culiacán, Sinaloa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 25 genotipos de garbanzo provenientes de los programas de Mejoramiento Genético de Garbanzo del INIFAP, que incluyó a seis variedades liberadas como testigos, en un sistema de riego por goteo, en rotación por al menos 5 ciclos de garbanzo, con antecedentes de infección en la raíz por el hongo *Fusarium*, causando secadera de plantas ("rabia") y baja en la producción y calidad del grano. Las poblaciones de *Fusarium* spp detectadas mediante análisis de laboratorio en el área de evaluación fueron de 1300 Unidades Formadoras de Colonia (UFC). Se estableció en camas a 1.8 m de separación y doble hilera de siembra a 60 cm entre ellas. Se sembró el 16 de diciembre 2019, con manejo agronómico recomendado por el INIFAP. Se cuantificó la incidencia de secadera de plantas mediante la escala propuesta por van Schoonhoven y Pastor Corrales, 1987, donde 1 es nula incidencia de secadera y 9, muerte de las plantas. Las parcelas experimentales fueron de 1 cama de 6m de largo y la parcela útil fue de 9 m². Los genotipos se evaluaron utilizando un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones. Se identificó la presencia del hongo *Fusarium* spp en laboratorio. Se estimó el rendimiento de grano de origen (campo) y cribado, éste se obtuvo pasando una muestra por una malla de 9mm. Se obtuvo el calibre de grano contando el número de granos en 30 g. Los datos se analizaron con el paquete estadístico JMP de SAS. Se obtuvo el grado de correlación entre rendimiento e incidencia de la enfermedad utilizando la tabla de contingencia de Pearson. A los 110 días después de la siembra se tomaron las notas de incidencia de secadera de plantas por *Fusarium*, que coincidió con la etapa de llenado de grano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo alta significancia estadística ($p > 0.99$) en los datos de rendimiento grano de origen y cribado, así como en el calibre de grano y el porcentaje de grano cribado de los genotipos evaluados. La presencia de *Fusarium* fue determinante para la productividad de los genotipos evaluados. El rendimiento de grano de origen y cribado estuvieron altamente correlacionadas negativamente con la lectura de la incidencia de la enfermedad ($p = -0.92$ y -0.81).

Los genotipos que mayor produjeron fueron Sinalomex 2018, HOGA 2008-5-2, HOGA 2007-2-14, CUGA-09 3170, CUGA 09-2004, HOGA 2006 40-12 y HOGA 2006 14-8, y presentaron baja incidencia de la enfermedad de la raíz (Cuadro 1). Los valores más altos de incidencia fueron con los genotipos Blanco Sinaloa 92, CUGA 09-2002, HOGA 2003-9MS-13, CUGA 09 2043 y CUGA 09-2031, y por ende, los más bajos rendimientos de grano.

Cuadro 1. Rendimiento (kg ha⁻¹) de grano de origen y cribado e incidencia de *Fusarium* de genotipos de garbanzo en suelo infestado.

| Genotipo | Rendimiento de origen† | | Rendimiento cribado | | Índice Fusarium‡ |
|-------------------|------------------------|-------|---------------------|------|------------------|
| Sinalomex 2018 | 2,248 | a | 1,799 | a | 2 |
| HOGA 2008-5-2 | 2,285 | a | 1,555 | ab | 3 |
| HOGA 2007-2-14 | 1,822 | abc | 1,502 | ab | 4 |
| CUGA 09-3160 | 2,007 | ab | 1,472 | abc | 1 |
| CUGA 09-2004 | 2,013 | ab | 1,398 | abc | 3 |
| HOGA 2006-40-12 | 1,708 | abcd | 1,365 | abc | 5 |
| HOGA 2006-14-8 | 1,760 | abc | 1,212 | abcd | 4 |
| HOGA 2007-2-5 | 1,414 | bcdef | 1,046 | bcbe | 4 |
| BlancoSon | 1,772 | abc | 985 | bcde | 2 |
| Mazocahui | 1,774 | abc | 983 | bcde | 2 |
| HOGA 2008-6-1 | 1,659 | abcde | 978 | bcde | 3 |
| CUGA 09-3096 | 2,026 | ab | 970 | bcde | 1 |
| CUGA 09-2038 | 1,240 | cdef | 900 | cde | 6 |
| HOGA 2006-40-8 | 1,393 | bcdef | 726 | def | 5 |
| STA PAULINA 25 | 1,449 | bcdef | 724 | def | 4 |
| HOGA 2004-22-MS-6 | 1,045 | defg | 604 | ef | 7 |
| Blanoro | 831 | fg | 598 | ef | 8 |
| HOGA 2005-12-21 | 924 | fg | 533 | efg | 7 |
| Combo 743 | 981 | efg | 517 | efg | 7 |
| CUGA 08-590 | 979 | efg | 500 | efg | 7 |
| Blanco Sinaloa 92 | 907 | fg | 493 | efg | 8 |
| CUGA 09-2002 | 440 | gh | 228 | fg | 8 |
| HOGA 2003-9MS-13 | 394 | gh | 149 | fg | 9 |
| CUGA 09-2043 | 82 | h | 5 | g | 9 |
| CUGA 09-2031 | 102 | h | 4 | g | 9 |
| Sign Est. § | ** | | ** | | |

†, Valores con la misma letra dentro de la columna, son estadísticamente iguales (Tukey, 0.05)

‡, Incidencia de Fusarium, donde: 1, plantas completamente sanas, 9, plantas completamente muertas.

§, Sign. Est., significancia estadística; **, altamente significativa (p>0.99).

La calidad del grano fue afectada por la incidencia de la enfermedad (Cuadro 2) ya que a más alto el número de calibre, el grano es más chico. Como se observa el siguiente cuadro, los genotipos con los calibres más bajos (menor número de granos en 30 g), mas altos rendimientos de grano cribado y mas tolerantes a la secadera de plantas causada por *Fusarium* fueron Sinalomex 2018, HOGA 2007-2-14, HOGA 2006-40-12, con porcentaje de grano cribado mayor a 80 % y con calibre de grano entre 40 y 45 granos en 30 g.

Cuadro 2. Rendimiento (kg ha⁻¹) de grano de origen y cribado e incidencia de *Fusarium* de genotipos de garbanzo en suelo infestado.

| Genotipo | Calibre de origen † | | Calibre grano cribado | | Porcentaje de cribado ‡ | |
|-------------------|---------------------|-------|-----------------------|---------|-------------------------|-------|
| Sinalomex 2018 | 50 | a | 43 | hi | 80 | ab |
| HOGA 2008-5-2 | 52 | a | 48 | fghi | 69 | abcde |
| HOGA 2007-2-14 | 46 | abc | 40 | i | 82 | a |
| CUGA 09-3160 | 52 | ab | 47 | ghi | 74 | abcde |
| CUGA 09-2004 | 62 | ab | 54 | cd | 70 | abcde |
| HOGA 2006-40-12 | 51 | abcd | 45 | ghi | 80 | ab |
| HOGA 2006-14-8 | 53 | abc | 49 | defghi | 68 | abcde |
| HOGA 2007-2-5 | 53 | bcdef | 45 | fghi | 74 | abc |
| BlancoSon | 58 | abc | 49 | cdefg | 56 | cde |
| Mazocahui | 57 | abc | 47 | cdefgh | 56 | cde |
| HOGA 2008-6-1 | 60 | abcde | 49 | cedf | 59 | bcde |
| CUGA 09-3096 | 62 | ab | 53 | c | 48 | ef |
| CUGA 09-2038 | 52 | cdef | 38 | fghi | 66 | abcde |
| HOGA 2006-40-8 | 61 | bcdef | 50 | cdef | 51 | def |
| STA PAULINA 25 | 58 | bcdef | 48 | cdefgh | 50 | def |
| HOGA 2004-22-MS-6 | 57 | defg | 49 | cdefgh | 55 | cde |
| Blanoro | 53 | fg | 48 | efghi | 72 | abc |
| HOGA 2005-12-21 | 59 | fg | 49 | cdefg | 57 | cde |
| Combo 743 | 54 | efg | 47 | dcdefgh | 53 | cdef |
| CUGA 08-590 | 59 | efg | 48 | cdefg | 50 | def |
| Blanco Sinaloa 92 | 62 | fg | 49 | c | 51 | def |
| CUGA 09-2002 | 59 | gh | 52 | cdefg | 49 | def |
| HOGA 2003-9MS-13 | 61 | gh | 50 | cde | 32 | f |
| CUGA 09-2043 | 73 | h | 49 | b | 6 | g |
| CUGA 09-2031 | 91 | h | 68 | a | 3 | g |
| Sign Est. § | ** | | ** | | ** | |

CONCLUSIONES

Por la resistencia a la secadera de plantas, alto rendimiento, tamaño y calidad de grano las líneas HOGA 2007-2-14 y HOGA 2006-40-12 pudieran ser candidatas a nuevas variedades para las regiones garbanceras de México, superando a los testigos regionales en todas las características enumeradas.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

Ortega M. P.F., Fierros L. G.A., Padilla V.I., Valenzuela H. V., Acosta G. J.A., Gutiérrez P.E., Velarde F.S. y Rodríguez C.F.G. 2016. Blanoro, nueva variedad de garbanzo blanco de grano extra grande para exportación. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.7 Núm.1. p 209-216.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

INDICADOR DE TOLERANCIA A ESTRÉS POR SEQUÍA Y SALINIDAD EN ARROZ

Juan Patishtan-Pérez¹ , Edwin Javier Barrios-Gómez², María Estela Osorio Osorio³, Aracely Martínez Bautista³.

¹CE Las Huastecas, CIRNE-INIFAP. ²CE Zacatepec, CIRCE-INIFAP. ³Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca.

patishtan.juan@inifap.gob.mx
jpp504@alumni.york.ac.uk

Palabras clave: Oryza sativa, sequía, salinidad.

INTRODUCCIÓN

El arroz es uno de los principales cultivos de grano en el mundo, se consume en cantidades grandes y su demanda se incrementará debido al aumento poblacional. A nivel mundial, la producción de arroz alcanzó 755.5 millones de toneladas en 2019 (FAOSTAT, 2021). Los principales productores de arroz son China, India, Indonesia, Bangladesh, Vietnam, Tailandia, Filipinas y Brasil. En 2019, México ocupó el 62-avo lugar como productor de arroz con una producción alrededor de 245,000 t por año (FAOSTAT, 2021). Con esta producción, no es suficiente para abastecer la demanda nacional y ocasiona importación de arroz.

Para asegurar la soberanía alimentaria y no depender de las importaciones de arroz, es esencial generar variedades de arroz con alto potencial de rendimiento. Más aún que las nuevas variedades de arroz deben ser tolerantes a condiciones de estrés biótico y abiótico. De acuerdo con investigaciones, el calentamiento global afecta la ecología de las plagas siendo más devastadoras con más generaciones en un año. El cambio climático ha modificado los patrones de vientos, lluvias (sequías versus inundaciones) y provocado temperaturas extremas. Hoy en día, los suelos están desbalanceados de iones, es decir valores altos de sodio (Na^+) y niveles bajos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K^+). Más aún, los precios de los agroquímicos están en constante aumento. Ante este escenario, es prioritario identificar marcadores confiables que permitan clasificar genotipos tolerantes y sensibles a los principales estreses abióticos.

La sequía y salinidad no solo se han agravado naturalmente, sino también han sido intensificados por las actividades humanas. La sequía es un periodo seco anormal extendido, que ocurren consistentemente en una región con baja precipitación o no coincidencia entre el ciclo del cultivo y el periodo de lluvias. Por otro lado, la salinidad es una condición donde un suelo tiene exceso de sales particularmente Na^+ con una conductividad eléctrica mayor/igual a 4 dS/m (Chen y Jiang, 2010; Munns y Tester, 2008). Ambos estreses afectan el potencial de crecimiento del cultivo especialmente en la fase vegetativa y floración.

Existen avances de investigación en arroz bajo condiciones de estrés osmótico (soluciones con polietilenglicol), sequía, salinidad y deficiencia de nutrimentos. La mayoría de las investigaciones se han hecho en laboratorios e invernaderos. Sin embargo, no se cuenta con información de evaluaciones de genotipos de arroz del Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego (FLAR) bajo condiciones de estrés por sequía y salinidad en campo abierto. Por lo tanto, el objetivo de la investigación fue usar el crecimiento relativo como indicador de tolerancia a estrés por sequía y salinidad en 136 genotipos experimentales y comerciales de arroz.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio y material genético

El experimento se realizó en el Sitio Experimental Ébano-INIFAP, en el oriente de San Luis Potosí durante el ciclo otoño-invierno 2020/2021. La investigación consistió en evaluar 136 genotipos, algunos de los cuales han sido generados en México e introducidos del Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA), Perú, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Cali y Centro Experimental Santa Rosa, Colombia.

Establecimiento de tratamientos y medición crecimiento relativo

La producción de arroz fue de acuerdo con el paquete tecnológico de arroz y supervisado por técnicos especializados del Sitio Experimental Ébano. Se establecieron tres tratamientos: control, sequía y salinidad. El tratamiento control fue regado y fertilizado. Mientras que al tratamiento sequía se suspendió el riego a los 30 días después de siembra (DDS) y posteriormente se mantuvo la humedad entre 8 y 10% por medio de un sistema de riego por goteo. Referente al estrés salino, se aplicó 1.2 kg m⁻² NaCl entre surcos de plantas de arroz a los 30 DDS. Para calcular la tasa de crecimiento relativo (TCR % d⁻¹), como indicador de la tolerancia a estrés abiótico, se aplicó la fórmula de Evans (1972) el cual usó el peso inicial (30 días) y final (60 días) de las plantas.

Análisis estadístico

Los valores TCR fueron sometidos a un diseño de bloques al azar con arreglo factorial con tres repeticiones. Donde el factor A fueron los 136 genotipos evaluados mientras que el factor B fueron los tratamientos: control, sequía y salinidad. Cuando hubo efecto significativo del análisis de varianza ($P \leq 0.05$) entre genotipos, tratamientos e interacción A x B, se procedió a aplicar la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). Los análisis estadísticos fueron conducidos mediante Statistical Analysis System (SAS 9.4) y R (SAS, 2013; R Development Core Team, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La TCR fue significativamente diferente entre líneas de arroz después de 30 días en condiciones de control, sequía y salinidad ($P \leq 0.05$). En condiciones de control, la TCR osciló de 6% a 14% d⁻¹ con un promedio general de 10% d⁻¹ (Figura 1). En esta condición los genotipos Ciat 18, Ciat 9, Milagro Filipino Zacatepec, Ciat 11 y Morelos 98 registraron TCRs altas. En condiciones de estrés por sequía, se registraron TCRs entre 3.4 y 8.7%, con un promedio de 6.3% d⁻¹ (Figura 4.1). Las variedades con TCR $\geq 8\%$ d⁻¹ fueron las líneas SR-DR, SR-DR 7 y Chiclayo 100. Mientras que las líneas con TCR menor $< 4\%$ d⁻¹, fueron los genotipos Miloax 38, Milagro Filipino Zacatepec y Chiclayo 32. En condiciones de estrés salino, la TCR fluctuó entre 4 y 9.8% con un promedio de 7% d⁻¹ (Figura 1). Las variedades con TCR $\geq 9\%$ d⁻¹ fueron Ciat 33, Ciat 12 y Ciat 29. En promedio, la TCR fue significativamente diferente entre tratamientos ($P \leq 0.05$; Figura 2). En términos relativos, el crecimiento fue afectado más en condiciones de estrés por salinidad (Patishtan *et al.*, 2018). Esto es debido que la salinidad afecta por la vía osmótica e iónica. El primero ocurre inmediatamente cuando la planta es expuesta a solución salina mientras que el segundo ocurre gradualmente, es decir, la acumulación de Na⁺ a nivel tóxico (Munns y Tester, 2008).

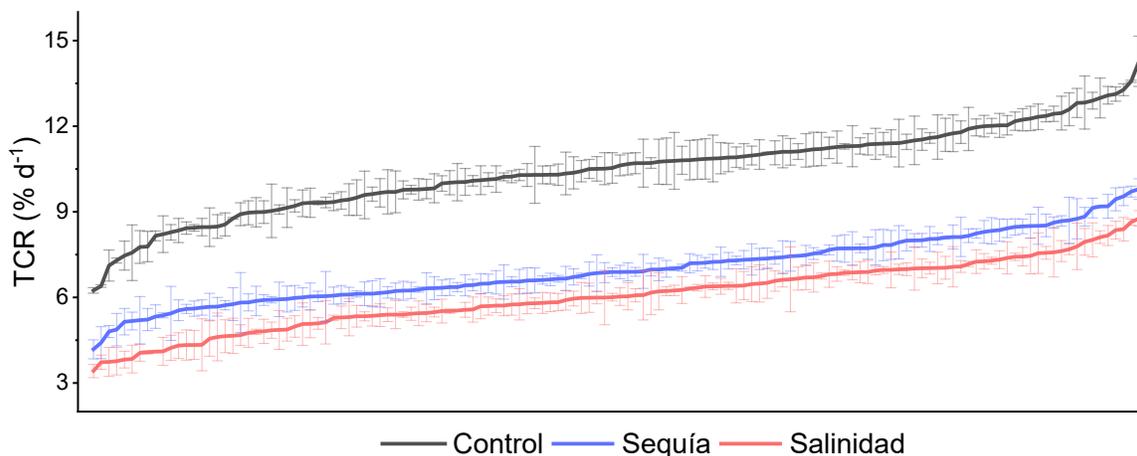


Figura 1. Tasa de crecimiento relativo de genotipos de arroz expuestos a 30 días de riego y fertilización química (control) a estrés por sequía y salinidad. Los valores promedios son significativamente diferentes entre las líneas de arroz (diferencia honestamente significativa de Tukey $\alpha=0.05$). Las barras ilustran el promedio \pm SE tres repeticiones.

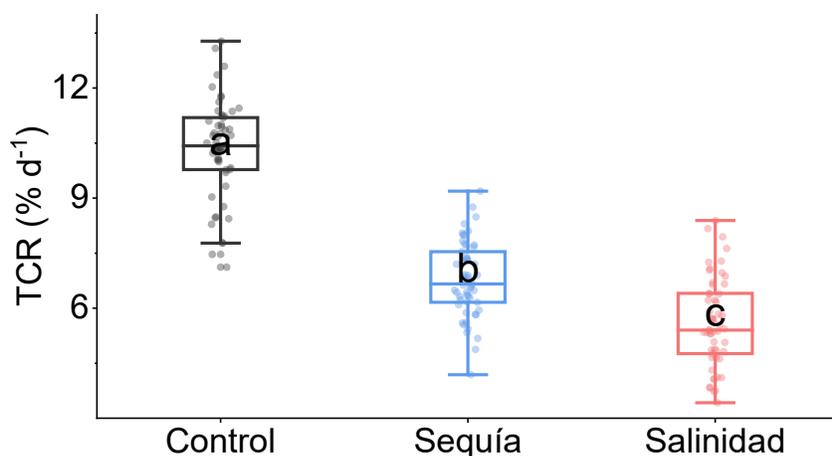


Figura 2. Tasa de crecimiento relativo de genotipos de arroz en condiciones de control, estrés por sequía y salinidad durante 30 días. Las gráficas de cajas ilustran el valor mínimo, el primer cuadril (Q1), la mediana, tercer cuadril (Q3) y valor máximo de cuatro repeticiones. Diferencia significativa de Tukey a $\alpha=0.015$. Las barras ilustran el promedio \pm SE 136 genotipos de arroz.

CONCLUSIONES

En conclusión, los estreses afectaron el crecimiento de las líneas de arroz. Se identificaron genotipos con tolerancia a estrés por sequía y salinidad. Los resultados preliminares indicaron que la TCR puede ser un marcador/indicador de la tolerancia a estos estreses abióticos. Sin embargo, es necesario continuar con evaluaciones en diferentes ciclos, etapas del cultivo, intensidad comparable de ambos estreses. Esta investigación podría fortalecer la selección de nuevas variedades de arroz y programas de mejoramiento genético.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Agradecimiento al técnico José Guadalupe González Muñoz y a estudiantes del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, Veracruz. Proyecto fiscal de arroz INIFAP 2020.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Chen, H. & Jiang, J.-G. (2010). Osmotic adjustment and plant adaptation to environmental changes related to drought and salinity. *Environmental Reviews* 18(NA): 309-319.
2. Evans, G. C. (1972). *The quantitative analysis of plant growth*. Univ of California Press.
3. FAOSTAT (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Database. (Ed S. database).
4. Munns, R. & Tester, M. (2008). Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
5. Patishtan, J., Hartley, T. N., Fonseca de Carvalho, R. & Maathuis, F. J. M. (2018). Genome-wide association studies to identify rice salt-tolerance markers. *Plant, Cell & Environment* 41(5): 970-982.
6. R Development Core Team (2016). A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria*.
7. SAS, I. I. (2013). SAS 9.4. SAS® 9.4 Statements: Reference. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Sección: Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola:

Subsección: Recursos genéticos y mejoramiento.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES E HÍBRIDOS DE HIGUERILLA *Ricinus communis* L. EN EL VALLE DE APATZINGAN, MICHOACAN.

Héctor Rómulo Rico Ponce*, Edwin Javier Barrios Gómez¹

*CE Valle de ApatzingánCIRPAC-INIFAP, 1CE ZacatepecCIRPAS-INIFAP

rico.hectorromulo@inifap.gob.mx

Palabras claves: Higuierilla, Rendimiento, Bioenergía.

INTRODUCCIÓN

Actualmente para México una especie agrícola con potencial energético y renovable, que reúne la mayor ventaja agronómica (adaptación a zonas marginales, bajos requerimientos de agua, disposición de riqueza genética para selección de variedades) y que no compiten con la alimentación humana es la Higuierilla (*Ricinus communis* L.). Al ser una especie vegetal se desarrollará una tecnología que dará alternativas para proporcionar bienestar a las familias rurales y cuidado al medio ambiente a través de la producción de energía que no contamina, además que esta especie tiene muchos usos en cuanto al aceite y subproductos de uso como combustibles (pellets y bricks) y para la alimentación animal. La falta de alternativas y uso de energías renovables para disminuir los efectos del cambio climático en México, han hecho posible la necesidad de búsqueda de nuevos cultivos productores de aceite para la producción de biocombustibles, la higuierilla representa una oportunidad técnica, socioeconómica y ambientalmente favorable para su aprovechamiento en la producción de biocombustibles. El objetivo de experimento fue generar en trópico seco el comportamiento agronómico de variedades e híbridos de higuierilla para determinar el mejor rendimiento de grano y aceite.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue establecido en el Campo Experimental Valle de Apatzingán, ubicado en el Mpio. de Paracuaro, Michoacán, ubicación geográfica 102° 13' 36.79" L.W. y 19° 00' 40.19" L.N. a una altitud de 341 msnm con un clima BS1. El diseño experimental fue un bloque al azar con 4 repeticiones, donde se evaluaron ocho genotipos de higuierilla, bajo condición de régimen de humedad de temporal, los tratamientos evaluados son: T1 K-93, T2 K-855, T3 GUANAJUAT-OIL, T4 CALORO, T5 INIFAP C-1, T6 INIFAP C-10, T7 INIFAP C-19 y T8 TESTIGO REGIONAL INIFAP C-274. La fertilización aplicada fue el tratamiento 60-46-00, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el resto del nitrógeno a los 45 días posteriores. La unidad experimental fue una parcela de 3 hileras de plantas por tratamiento y parcela útil 4 plantas centrales de la hilera central. Con arreglo topológico de 1.5 m x1.5 m. Las variables de estudio fueron: fecha de inicio de floración, fecha de término de floración, días a madurez fisiológica, fecha de madurez de cosecha, rendimiento de grano, porcentaje de semilla descascarada, índice de semillas (peso de 100 semillas), promedio del número de racimos por planta a los 3, 4 y 5 meses, promedio de longitud del primer racimo, promedio de la altura de las plantas a los 3, 4 y 5 meses. El análisis de datos de variables fenológicas fueron sometidas al análisis de varianza y comparación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La fecha de establecimiento del experimento fue el 3 julio del 2014, realizando la siembra en forma manual depositando tres semillas por “golpe”, procediendo a la aplicación pre-emergente del herbicida Premerlin 600 CE a dosis de 2.0 lt/ha. para el control de maleza, el experimento se estableció en un suelo arcilloso. La precipitación registrada del 01 de junio al 31 de diciembre de 2014 fue de 629.9 mm. en la Fig. 1 se observa su distribución mensual.

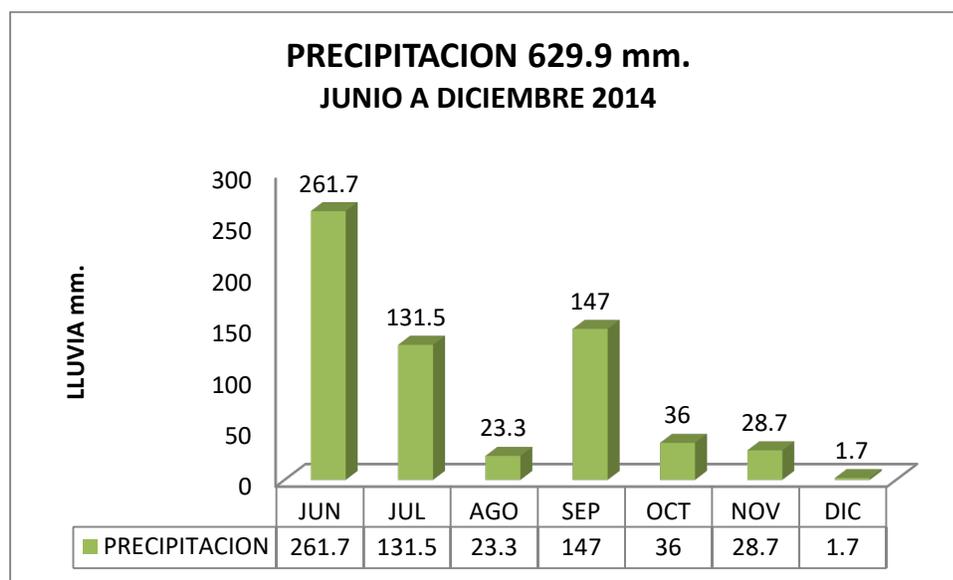


Fig. 4 Precipitación registrada del experimento evaluación de genotipos de Higuerrilla. Campo Experimental Valle de Apatzingán. CIRPAC-INIFAP. 2014

En el cuadro 1, se observa el rendimiento de grano y las características agronómicas de cada uno de los genotipos evaluados, en donde podemos ver que el mejor material fue el híbrido K 855 que alcanzó un rendimiento de 1,602.6 Kg/ha, seguido del híbrido K 93 con 1,479.9 kg/ha, del INIFAP C-274 (testigo) con 1,363 Kg/ha y GUANAJUAT-OIL con 1,245.1 kg/ha que fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 1. Rendimiento de grano y características agronómicas de variedades e híbridos de higuerrilla evaluados en Antúnez, Mpio. de Paracuaró, Mich. Ciclo P.V 2014. Valle de Apatzingán.

| TRATAMIENTO | Altura de planta cm. 126 días | Peso Racimo Principal gr. | No. Racimos por planta | Rendimiento de grano kg/ha |
|-------------------------|----------------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------------------|
| T1 K-93 | 211.2 C | 147.8 A | 29.9 A | 1479.9 A |
| T2 K-855 | 145.3 D | 130.4 A | 13.6 AB | 1602.6 A |
| T3 GUANAJUAT-OIL | 256.8 B | 30.5 CD | 16.6 AB | 1245.1 A |
| T4 CALORO | 122.6 D | 66.6 BC | 7.1 B | 704.5 B |
| T5 INIFAP C-1 | 304.6 A | 59.0 BCD | 5.1 B | 428.4 BC |
| T6 INIFAP C-10 | 348.1 A | 34.7 CD | 4.0 B | 178.6 C |

| | | | | |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|--|
| T7 INIFAP C-19 | 346.2 A | 86.8 B | 9.0 B | 648.8 BC |
| T8 TESTIGO INIFAP C-274 | 228.8 BC | 22.1 D | 26.1 A | 1363.0 A |
| | FC 30.2 p>F 0.000 S | FC 13.34 p>F 0.000 S | FC 2.91 p>F 0.000 S | FC 10.16 p>F 0.000 S |
| | CV= 12.62 % | CV= 35.20 % | CV= 81.55 % | CV= 34.90 % |

En relación al resto de las variables en estudio, podemos observar que el resultado del análisis de varianza fue significativo para altura de planta alcanzando 348.1 cm. para el T6 INIFAP C-10 y la menor altura para el T4 CALORO con 122.6 cm., en relación al peso del racimo principal el T1 K-93 presento el mayor peso con 147.8 gr. y el menor peso correspondió para el T- Testigo con 22.1 gr., referente al número de racimos por planta el T1 K-93 registro 29.9 y el menor número correspondió al T6 INIFAP C-10 con 4.0.

CONCLUSIONES

El mejor material fue el híbrido K 855 que alcanzo un rendimiento de 1,602.6 Kg/ha, seguido del híbrido K 93 con 1,479.9 kg/ha, del INIFAP C-274 (testigo) con 1,363 Kg/ha y GUANAJUAT-OIL con 1,245.1 kg/ha que fueron estadísticamente iguales, todos con una densidad de población de 4443 plantas por ha. bajo condición de régimen de humedad de temporal.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Generación de variedades y tecnologías para la producción sustentable de higuera (*Ricinus communis* L.) en México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. DOVE. 2006. Castor bean *Ricinus communis* an international botanical answer to biodiesel production & renewable energy. DOVE BIOTECH LTD. 26 p.
2. Porcel, S. 2007. Biocombustibles: otra oportunidad para el campo. Fundación Global Agro. Biodiesel Argentina. 3 p.
3. Zamarripa Colmenero A, 2011. Informe final de proyecto "Estudio de Insumos para la Obtención de Biocombustibles en México" Convenio de colaboración SAGARPA-INIFAP. Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, México. 129 p.
4. González Ávila, Alfredo 2009. Evaluación de genotipos de higuera (*Ricinus communis* L.) en el sur de Jalisco. Memoria Crisis alimentaria y energética: Retos para el Siglo XXI. Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA San Francisco de Campeche, México. Resumen. P. 116.

5. Teniente Oviedo R., Fregoso Tirado L. E., Javier Mercado J. 2009. Colecta de higerilla en el estado de Michoacán. Memoria Crisis alimentaria y energética: Retos para el Siglo XXI. Reunión Anual de la Sociedad del PCCMCA San Francisco de Campeche, México. Resumen. P. 115

Sección: Recursos genéticos, Mejoramiento

REPRESENTATIVIDAD AMBIENTAL Y DE APTITUD AGROCLIMÁTICA DE LA COLECCIÓN DE FRIJOL (*Phaseolus* spp.) DEL CENTRO NACIONAL DE RECURSOS GENÉTICOS

Francisco Fabián Calvillo Aguilar^{1*}, Juan Manuel Pichardo González¹, Carlos Iván Cruz Cárdenas¹, Martín Quintana Camargo¹, Luis Felipe Guzmán Rodríguez¹

1CENID-CNRG-INIFAP

calvillo.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: Accesiones, *Phaseolus*, Ecogeografía.

INTRODUCCIÓN

Conocer las características del ecosistema que determinan la presencia de una especie en una región determinada, es fundamental en la comprensión de los procesos adaptativos de la biodiversidad, y con ello los rasgos hereditarios útiles en el aprovechamiento de los recursos genéticos (Maxted *et al.*, 2013). Gracias a los datos pasaporte que acompañan a las accesiones resguardadas en bancos de germoplasma, se obtienen las coordenadas geográficas del sitio donde fue recolectado el germoplasma; con las coordenadas y a través de un sistema de información geográfica (SIG) se determinan otros atributos ambientales, tales como, meteorológicos, climatológicos, fisiográficos, biológicos y socioeconómicos. El objetivo del presente análisis fue obtener los principales rasgos agroclimáticos y fisiográficos de una de las colecciones de *Phaseolus* spp. resguardadas en el Centro Nacional de Recursos Genéticos, para caracterizar el espacio ambiental representado por la colección y con este, en una primera propuesta, identificar regiones de México para nuevas misiones complementarias de recolección de germoplasma.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se acudió a la base de datos pasaporte de la colección de *Phaseolus* spp. repatriada del International Center for Tropical Agriculture (CIAT), actualmente bajo resguardo en el Laboratorio de Semillas Ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENID-CNRG-INIFAP), concentrando un total de 3813 accesiones de 28 especies diferentes, destacando *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. lunatus*, *P. acutifolius* y *P. dumosus*. Sólo se seleccionaron las accesiones con coordenadas completas del sitio de recolección y con ubicación en México, continental e insular. Las accesiones se geoprocesaron como capa de puntos vectoriales (coordenadas) en el software de información geográfica QGIS 3.16.9, y superponiendo las capas de información ambiental (Figura 7). La caracterización del espacio ambiental se realizó para cada uno de los puntos, extrayendo datos de clima, tipo de suelo y división política, información disponible en la Biblioteca Digital de Mapas del INEGI (INEGI, 2021), además de la altitud del SRTM (Jarvis *et al.*, 2008) y la precipitación media anual del WorldClim database (<https://worldclim.org/>).

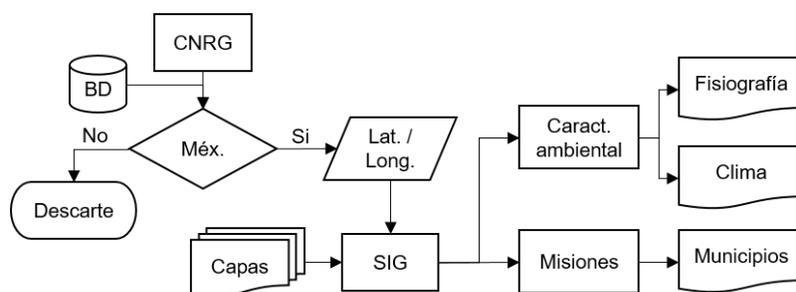


Figura 7. Diagrama de flujo para la caracterización ambiental y propuesta de selección de municipios potenciales para nuevas misiones complementarias de recolección.

Las regiones potenciales para nuevas misiones de recolección, se determinaron como la diferencia del espacio geográfico representado por las accesiones de la colección del CENID-CNRG-INIFAP, y el área correspondiente a los municipios de media y alta aptitud agroclimática para frijol común, primavera-verano

y otoño-invierno (SIAP, 2019). También se incluyeron coordenadas de ocurrencias de *Phaseolus* spp. (GBIF, 2021) para comprobar la presencia de *Phaseolus* spp. en el resto de superficie de México.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La distribución nacional de las 3813 accesiones de *Phaseolus* spp. resguardadas en el CENID-CNRG-INIFAP, mostró que se cuenta con al menos una accesión por entidad federativa, siendo Baja California, Coahuila de Zaragoza, Colima, Quintana Roo y Tabasco los estados con menor número de accesiones (<10 por estado); y Chiapas, Jalisco y Puebla los más representados (400 – 500 accesiones por estado). Respecto a la caracterización del espacio ambiental, se encontraron representadas 19 de 21 regiones climáticas y 17 de 21 tipos dominantes de suelo (Cuadro 3); la temperatura media anual se encontró en el rango de 8 - 27 °C, precipitación entre los 70 - 3589 mm y altitud entre los 3 - 2960 m.

Cuadro 3. Unidades climáticas y tipos de suelo representados en la colección de *Phaseolus* spp. del CENID-CNRG-INIFAP.

| Suelo dominante | Accesiones | Unidad climática | Accesiones |
|-----------------|------------|----------------------|------------|
| Acrisol | 96 | Cálido húmedo | 65 |
| Andosol | 295 | Cálido subhúmedo | 599 |
| Cambisol | 332 | Frío | 7 |
| Castañozem | 67 | Muy seco cálido | 21 |
| Feozem | 643 | Muy seco semicálido | 25 |
| Fluvisol | 12 | Muy seco templado | 4 |
| Gleysol | 3 | Seco cálido | 9 |
| Litosol | 366 | Seco muy cálido | 34 |
| Luvisol | 404 | Seco semicálido | 88 |
| Nitosol | 1 | Seco templado | 25 |
| Planosol | 51 | Semicálido húmedo | 129 |
| Regosol | 536 | Semicálido subhúmedo | 87 |
| Rendzina | 130 | Semifrío subhúmedo | 64 |
| Solonchak | 18 | Semiseco cálido | 21 |
| Vertisol | 593 | Semiseco muy cálido | 23 |
| Xerosol | 248 | Semiseco semicálido | 274 |
| Yermosol | 18 | Semiseco templado | 497 |
| | | Templado húmedo | 187 |
| | | Templado subhúmedo | 1654 |
| Total general | 3813 | Total general | 3813 |

La diferencia entre regiones espaciales mostró que existe mayor representatividad de la colección de *Phaseolus* spp. para la zona centro y sur del país, y una menor representatividad de la región noreste y de ambas penínsulas, Baja California y Yucatán (Figura 8a). Además, la inclusión de ocurrencias de *Phaseolus* spp. del GBIF (2021) para la región no representada, evidencia la presencia del género principalmente en los estados de Coahuila, Nuevo León, Baja California Norte y Sur (Figura 8b). Respecto al reporte de aptitud

agroclimática para frijol común (SIAP, 2019), se obtuvieron 87 municipios evaluados con una media y alta aptitud que no están representados por la colección (Figura 8c), lo que corresponde aproximadamente al 12% del total de municipios con aptitud agroclimática. Sin embargo, el reporte se realizó mediante un análisis multitemporal de 30 años, 1981 a 2010, por lo que es pertinente considerar un ajuste por los cambios en el régimen de precipitación y temperatura presentados en los últimos 10 años, así como replicar el mismo análisis con otras especies de *Phaseolus* spp. de interés agroalimentario.

Si bien, es evidente que la colección representa una mayor proporción de la región centro y sur de México, y la distribución de la cantidad de accesiones por estado, unidad de clima y suelo es muy heterogénea (Cuadro 3); la diversidad de accesiones de *Phaseolus* spp. de la colección está presente en más del 80% de los tipos dominantes de suelo y clima, y en el 83% del rango total de precipitación media anual que ocurre en México.

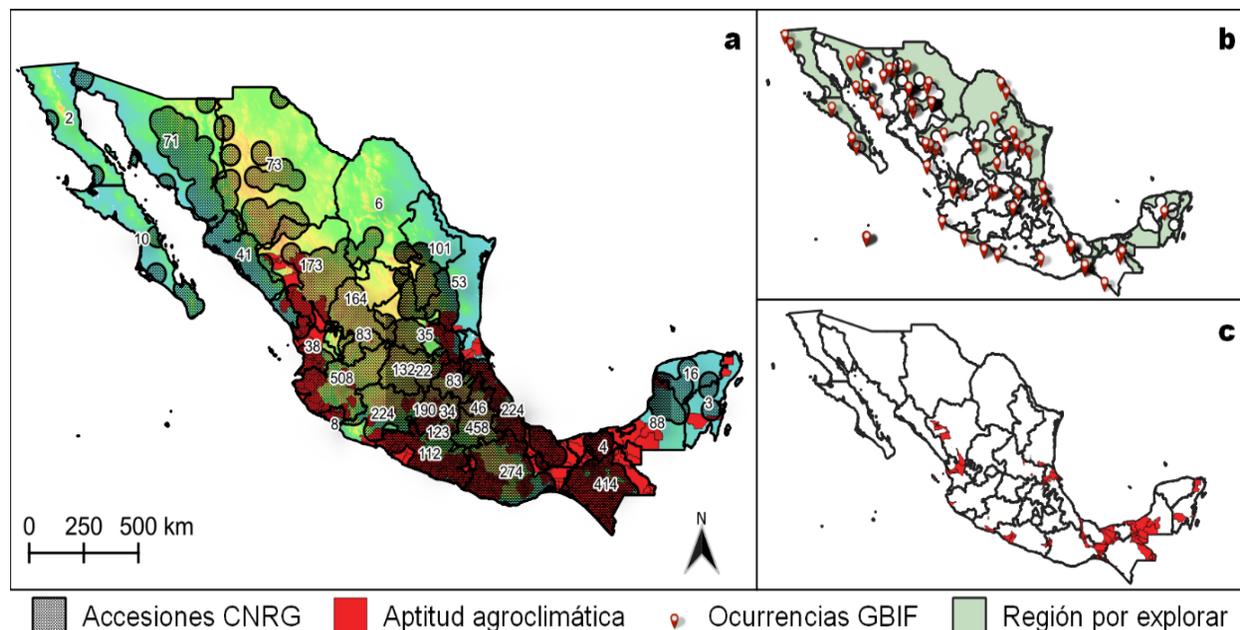


Figura 8. Distribución espacial de los sitios de recolecta de *Phaseolus* spp., correspondiente a la colección del CENID-CNRG-INIFAP (a), ocurrencias reportadas en GBIF diferentes a la colección (b) y zona de adaptación agroclimática no representada por la colección (c).

CONCLUSIONES

Se revisaron 3813 accesiones de la colección de *Phaseolus* spp. repatriada del CIAT y bajo resguardo en el CENID-CNRG-INIFAP, cuyos sitios de recolecta representan aproximadamente más del 80% de la diversidad de suelos dominantes y regiones climáticas de México, así mismo se identificaron cuatro estados y 87 municipios para misiones complementarias de recolección de germoplasma.

AGREDECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Agradecimiento expreso al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento al proyecto fiscal “Regeneración, caracterización y conservación a largo plazo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el INIFAP” no. SIGI: 11584934760 del que se origina el presente estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GBIF. 2021. GBIF. Occurrence Download <https://doi.org/10.15468/dl.p93tt3>
2. INEGI. 2021. Biblioteca digital de Mapas. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

3. Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). Disponible en: <https://srtm.csi.cgiar.org>
4. Maxted N., Magos B.J. & Kell S. 2013. Resource book for preparation of national conservation plans for crop wild relatives and landraces. University of Birmingham. United Kingdom. http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/PGR/PubPGR/ResourceBook/TEXT_ALL_2511.pdf
5. SIAP. 2019. Aptitud Agroclimática de México – Frijol. Servicio de Información Agroalimentario, Secretaría de Agricultura. México. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/prensa/aptitud-agroclimatica-de-mexico-frijol?idiom=es>

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO GRANO, PARA TAMAULIPAS Y REGIONES PRODUCTORAS DE MÉXICO

Juan Valadez-Gutiérrez¹, Ulises Aranda-Lara², María E. Cisneros-López², Jonathan R. Garay-Martínez¹

¹CEHUAS - CIRNE-INIFAP; ²CERIB-CIRNE-INIFAP.

valadez.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Sorgo, Genotipo, Rendimiento.

INTRODUCCIÓN

El sorgo [*Sorghum bicolor* (L). Moench] ocupa el quinto lugar en importancia entre los cultivos considerados cereales de mayor producción y consumo en el mundo. Por su volumen de producción, el sorgo es superado tan solo por el trigo, maíz, arroz y cebada, estimándose una producción mundial de sorgo de 64.07 millones de toneladas anuales, producidas en un área de 45.3 millones de hectáreas (FAO, 1997), de acuerdo con información de la misma fuente, en 2008, la producción mundial de este cereal descendió a 55 millones de toneladas (FAO, 2008).

En México, este cultivo contribuye de forma significativa en la economía del país, por ser actualmente sostén de la actividad ganadera, como ingrediente base de alimentos para la engorda de becerros y particularmente, la agroindustria avícola, para la producción de carne y huevo. Así como aquella relacionada con la carne de cerdo y sus derivados, entre otras. Nuestro país se encuentra ubicado entre los primeros cinco productores de sorgo en el mundo, en donde participa con el 11 % de la producción mundial; mientras que los mayores productores son E.U.A. y la India, quienes contribuyen con un 18 % respectivamente. El sorgo es un cultivo de gran importancia nacional, ya que ocupa el segundo lugar en lo que respecta la producción de grano, superado tan solo por el maíz y el tercer lugar en cuanto a la superficie cultivada, donde se ubica después el maíz y frijol. Este cereal se cultiva en casi todos los estados del país, destacando Tamaulipas, Guanajuato, Michoacán, Jalisco, Sinaloa y Nayarit, quienes produjeron el 80.97% del volumen total producido a nivel nacional (SIAP, 2020).

Este cultivo se destaca por presentar gran eficiencia en el aprovechamiento del agua y resistencia a condiciones adversas, por tal razón se cultiva en áreas de menor aptitud productiva, por lo que generalmente el rendimiento variable. Debido a esto, es necesario conocer la respuesta de los materiales genéticos existentes en el mercado, en los distintos ambientes, ya que, como parte del manejo de un cultivo, es clave la elección del genotipo que mejor se adapte al área donde será incorporado (FAO e ICRISAT, 1997). De acuerdo con información del FIRA, durante el ciclo de producción 2017/2018, la producción mundial y Nacional del sorgo, mostró una tendencia acentuadamente decreciente, debido a condiciones climáticas y económicas desfavorables (FIRA, 2019).

MATERIALES Y MÉTODOS

Un experimento de evaluación de genotipos experimentales de sorgo se estableció durante el ciclo de Otoño-Invierno, 2019-2020, en los terrenos del Campo Experimental Las Huastecas (CEHUAS) del CIRNE-INIFAP, ubicado en el km 55 de la carretera Tampico-Mante, Villa Cuauhtémoc, Municipio de Altamira, Tamaulipas. La siembra se realizó bajo condiciones de temporal, el día 18 de octubre de 2019, manteniéndose bajo la misma condición hídrica durante los primeros 55 días después de la siembra. Periodo a partir del cual fue, asistido con riego de goteo hasta la madurez fisiológica del cultivo. Para la Fertilización fue empleada la fórmula 90-40-00. Los controles de malezas y plagas se efectuaron eficientemente, combinado el control mecánico, manual y químico en el caso de las malezas y puramente químico en el caso de las plagas. El material genético evaluado, constó de 20 híbridos experimentales y cuatro testigos comerciales. El diseño experimental empleado fue bloque al azar, con tres repeticiones. La parcela experimental constó de dos surcos de 5 m de longitud y separación entre surcos de 0.80 m (8 m²). El análisis estadístico de la información, consistió en análisis de varianza y comparación múltiple de medias de Tukey (p=0.05) para la variable respuesta, representada en este caso, por el rendimiento de grano ajustado al 14 % de humedad (kg ha⁻¹). Ambos análisis fueron realizados por medio del paquete SAS Versión 9.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la Figura 1, el mayor rendimiento de grano correspondió al híbrido 82G97 (Testigo 3) con un valor de 5,816 kg ha⁻¹. No obstante, formando parte del mismo grupo de alto rendimiento, se posicionaron ocho genotipos, cuyos rendimientos de grano se ubicaron en el rango de los 4,396 a 4,895 kg ha⁻¹. En orden de mayor a menor rendimiento, aparecen: RB225A*RB133 (Tra. 14), 197-1*197-1 (Tra. 13), RB214A*RB221 (Tra. 8), 82G34 (Testigo 1), RB225A*Tx437 (Tra. 20), RB225A*RB256 (Tra. 17), RB214A*RB135 (Tra. 7) y RB214A*RB373 (Tra. 10).

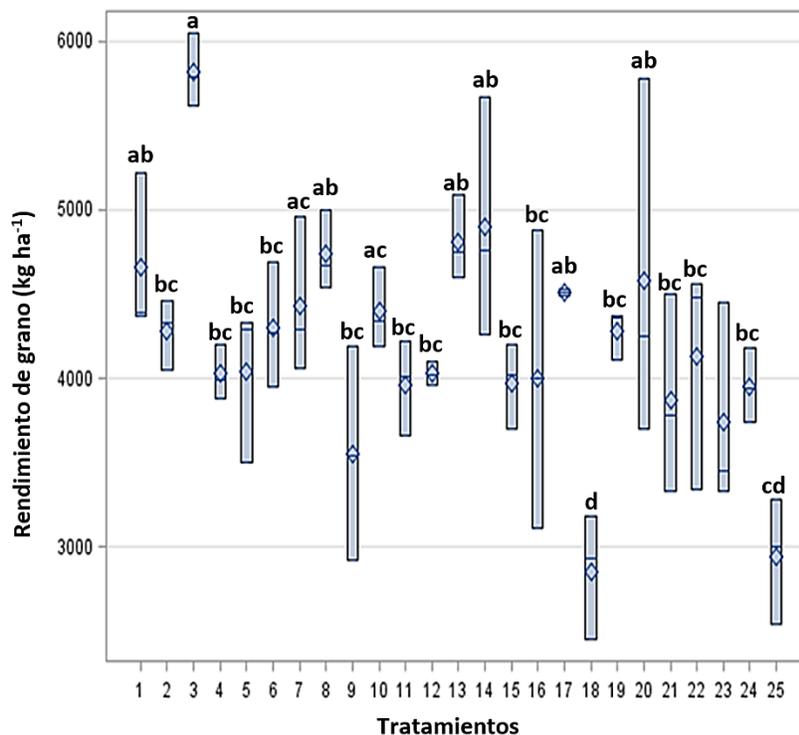


Figura 1. Rendimientos de grano (al 14% de humedad) en 25 genotipos de sorgo, Villa Cuauhtémoc, Tam., ciclo O-I, 2019-2020.

Resulta conveniente destacar a los tres primeros genotipos experimentales, puesto que debido a su expresión en rendimientos de grano (4,895; 4,813 y 4,738 kg ha⁻¹) se ubicaron en mejor posición, respecto a tres de los híbridos comerciales considerados testigos, ellos fueron: 82G34 (Testigo 1) con rendimiento de 4,661 kg ha⁻¹; 83P27 (Testigo 2), con de rendimiento de 4,277 kg ha⁻¹ y el híbrido 85P40 (Testigo 4), quien situó su rendimiento de grano en 4,026 kg ha⁻¹.

CONCLUSIONES

Existen genotipos experimentales de sorgo prometedores, los cuales deberán ser considerados en etapas futuras de evaluación con la finalidad de formar y consolidar futuras variedades e híbridos comerciales, que el INIFAP, ponga a disposición de los productores de Tamaulipas y diversas regiones productoras de sorgo de México. Los más sobresalientes fueron: RB225A*RB133 (Tra. 14), 197-1*197-1 (Tra. 13), RB214A*RB221 (Tra. 8) cuyos rendimientos de grano, se situaron en 4,895.1; 4,813.1 y 4,738.5 kg ha⁻¹ respectivamente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO. (1997). Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación 1997. Roma (Italia). Colección FAO: Agricultura No. 30. <http://www.fao.org/3/w5800s/w5800s.pdf>

2. [FAO, 2008. INFhO, INFORMACION SOBRE OPERACIONES DE POSCOSECHA. http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/es/](http://www.fao.org/in-action/inpho/crop-compendium/es/)
3. FAO.e ICRISAT 1997. La Economía del Sorgo y del Mijo en el Mundo: Hechos, Tendencias y Perspectivas. <http://www.fao.org/3/w1808s/w1808s00.htm#Contents>
4. FIRA. (2019). Panorama Agroalimentario de Sorgo, Sorgo 2019. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. 23p. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Sorgo-2019.pdf>
5. SIAP. 2020. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

PARÁMETROS GENÉTICOS EN PROGENITORES Y PROGENIES DE CRUZAS DE CHILE (*Capsicum annuum* L.) GUAJILLO POR PUYA Y ÁRBOL

Ulises Santiago-López^{1,3*}, Francisco Santiago-Hernández³, Moisés Ramírez-Meraz⁴, Tarsicio Corona-Torres¹, Víctor Heber Aguilar-Rincón¹, J. Jesús García-Zavala¹, Javier Suárez-Espinosa², Reinaldo Méndez-Aguilar⁴

¹Postgrado en RGP-Genética-COLPOS-Montecillo; ²Posgrado en SEI-Estadística-COLPOS-Montecillo; ³CE San Luis-CIRNE-INIFAP; ⁴CE Las Huastecas-CIRNE-INIFAP.

santiago.ulises@colpos.mx

Palabras clave: Cruzas intertipos, rendimiento seco, características de fruto.

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum* spp.) se encuentra dentro de las principales hortalizas de México y el mundo (Laborde y Pozo, 1982). En el año 2019, a nivel nacional se cosecharon 149,577 hectáreas de chile verde y seco (deshidratado), con una producción de 2.7 millones de toneladas y un valor aproximado a los 33 mil millones de pesos (SIAP, 2019). Dentro de los chiles secos, el chile tipo guajillo (*Capsicum annuum* L.) representa un producto agroindustrial de gran importancia económica, social, cultural y gastronómica en la región del Altiplano Norte-Centro de México, principalmente en los estados de Zacatecas y San Luis Potosí, donde se produce alrededor del 80 % de esta hortaliza. En 2019 se cosecharon cerca de 25 mil hectáreas de chile guajillo con una producción en seco, valor de la producción y rendimiento medio de 48,938 toneladas, 2 mil millones de pesos y 2.05 t ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2019). El chile guajillo se usa principalmente en la elaboración de pastas para moles, salsas y adobos que se incorporan en diversos platillos regionales y nacionales (Moreno-Pérez *et al.*, 2011). Además, los pigmentos presentes en los frutos son demandados por la industria alimentaria para ser empleados como colorantes naturales que, complementado con el sabor, mejoran la presentación y la calidad de diversos productos (Ramiro-Córdoba, 2001; Moreno-Pérez *et al.*, 2006).

El éxito en el mejoramiento genético se basa en la existencia de variabilidad genética, por lo que, si esta es limitada, es indispensable generarla de forma natural o artificial. La elección de los materiales parentales y el diseño de apareamientos son factores claves en el fitomejoramiento convencional (Nduwumuremyi *et al.*, 2013). En el cultivo de chile, los cruzamientos interespecíficos se han empleado para mejorar caracteres agronómicos, bioquímicos y de resistencia a factores bióticos y abióticos (Manzur *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2016). Mientras que, los cruzamientos intraespecíficos que incluye a las cruzas interraciales, interpoblacionales o intertipos, se han utilizado en múltiples estudios y programas de mejoramiento genético para incrementar el rendimiento y características de fruto (Martínez-Martínez *et al.*, 2014; Singh *et al.*, 2017; Luna-García *et al.*, 2018, 2021; Hernández-Mendoza *et al.*, 2021). Con base en lo anterior, el objetivo de la investigación fue determinar la variabilidad genética, por medio de parámetros genéticos y el avance genético en progenitores y progenies provenientes de cruzas intertipos de chile guajillo por puya y árbol.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano (P-V) de 2019 y 2020 en el Campo Experimental San Luis del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en el Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí, localizado en las coordenadas 22° 13' 40.77" Latitud Norte y 100° 50' 53.41" Longitud Oeste a una altitud de 1837 msnm (INEGI, 2021), con temperatura y precipitación media anual de 16.2 °C y 210 mm. El tipo de suelo se clasifica como Feozem, de textura franco arcillo arenosa, con pH de 8.1 y CE de 0.81 dS m⁻¹ y problemas de compactación.

El material parental fue proporcionado por el Banco de Germoplasma del Colegio de Postgraduados (COLPOS) Campus Montecillo y consistió de dos poblaciones criollas de chile guajillo y su cruce: la población 4 de frutos grandes (guajón) colectada en el Estado de San Luis Potosí (P4G), la población 9 de frutos pequeños originario de Guanajuato (P9g) y P4G*P9g; seis poblaciones provenientes de cruzas intertipos por puya y árbol: F1(P4GxP), F1(P4GxA), F1(P9gxP), F1(P9gxA), F1(P4G*P9gxP) y F1(P4G*P9gxA); seis poblaciones provenientes de retrocruzas:

RC1(P4GxP)x(P4G), RC1(P4GxA)x(P4G), RC1(P9gxP)x(P9g), RC1(P9gxA)x(P9g), RC1(P4G*P9gxP)x(P4G*P9g), RC1(P4G*P9gxA)x(P4G*P9g) y la variedad Guajillo Don Luis como testigo.

Se evaluó el rendimiento en seco (RS, t ha⁻¹) y características de fruto: longitud de fruto (LF, cm), diámetro de fruto a nivel de cáliz (DFC, mm), diámetro de fruto en la parte media (DFM, mm) y diámetro del fruto en el ápice (DFA, mm). Los datos de rendimiento por hectárea se obtuvieron por extrapolación a partir de los datos de la parcela útil. Las características de fruto LF, DFC, DFM y DFA se tomaron en una muestra aleatoria de tres frutos secos por parcela. Los datos se analizaron mediante el paquete estadístico SAS® 9.4 (SAS Institute, 2002). Se verificaron los supuestos estadísticos del modelo con base en el diseño experimental empleado. Se realizó un análisis de varianza conjunto para los dos años mediante el procedimiento GLM, anidando las repeticiones (bloques) dentro de años. Posteriormente se realizó la comparación de medias por el método de Tukey (P ≤ 0.05). Los componentes de varianza fenotípica (σ_F^2), genética (σ_G^2) y ambiental (σ_E^2) se estimaron mediante el procedimiento VARCOMP. La heredabilidad en sentido amplio (H^2), coeficiente de variabilidad genética (CV_G), índice de variabilidad (b) y avance genético (Δ_G) se calcularon mediante las formulas siguientes:

$$H^2 = \frac{\sigma_G^2}{\sigma_F^2} * 100$$

$$CV_G = \frac{\sqrt{\sigma_G^2}}{\mu} * 100$$

$$b = \frac{CV_G}{CV}$$

$$\Delta_G = k * \sigma_F * H^2$$

$$\Delta_G = \frac{\Delta_G}{\mu} * 100$$

Donde:

σ_G^2 = Varianza genotípica

σ_F^2 = Varianza fenotípica

μ = Meda general

CV_G = Coeficiente de variación genética

CV = Coeficiente de variación

k = Diferencial de selección al 9 % de intensidad de selección, equivalente a 1.80

σ_F = Desviación estándar fenotípica

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) entre años y entre genotipos para todas las variables evaluadas. La interacción año por genotipo únicamente resulto significativa ($P \leq 0.01$) para las variables DFM y DFA. Las diferencias estadísticas entre años se deben principalmente a condiciones ambientales cambiantes; mientras que las diferencias entre genotipos se deben al efecto de las cruza intertipos y la inclusión del testigo (Cuadro 1). Estos resultados coinciden con los reportados por Amador-Ramírez *et al.*, 2013 y 2014 donde al evaluar el RS en cultivares de guajillo, concluyeron que este estuvo influenciado por el ambiente durante los años de estudio. Por su parte Martínez-Martínez *et al.* (2014) y Luna-García *et al.* (2018) encontraron diferencias significativas en el rendimiento y características de fruto al evaluar progenitores y progenies provenientes de cruza interpopulacionales e interracial.

Cuadro 1. Cuadrados medios para rendimiento seco y características de fruto en 16 poblaciones de chile guajillo provenientes de cruza intertipos por puya y árbol.

| FV | GL | RS | LF | DFC | DFM | DFA |
|--------------|----|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Año | 1 | 17.052** | 47.045** | 50.920** | 738.592** | 86.527** |
| Genotipo | 15 | 0.831** | 16.654** | 117.330** | 597.955** | 52.566** |
| Bloque(Año) | 2 | 0.006 ^{ns} | 8.362 ^{ns} | 1.532 ^{ns} | 13.810 ^{ns} | 2.242 ^{ns} |
| Año*Genotipo | 15 | 0.430 ^{ns} | 5.025 ^{ns} | 4.939 ^{ns} | 31.193** | 10.954** |
| Error | 60 | 0.311 | 3.622 | 3.481 | 14.026 | 4.219 |
| C.V (%) | | 15.513 | 13.699 | 13.604 | 15.006 | 24.583 |

** : $P \leq 0.01$, * $P \leq 0.05$, FV: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, RS: Rendimiento seco, LF: Longitud de fruto, DFC: Diámetro de fruto a nivel de cáliz, DFM: Diámetro de fruto en la parte media, DFA: Diámetro de fruto en el ápice.

Con relación a los parámetros genéticos, en el rendimiento seco (RS) se observó que la varianza ambiental fue superior a la varianza genética, lo que provocó la estimación de valores bajos de heredabilidad, coeficiente de variabilidad genética, índice de variabilidad y avance genético (Cuadro 2); esta situación puede atribuirse a la condición poligénica del carácter, tal como lo menciona Molina (1992) que la mayoría de los caracteres de importancia económica como el rendimiento de los cultivos son caracteres cuantitativos que presentan variación continua dentro de una población, imposibilitando así la capacidad de cuantificar el efecto o grado promedio de cada locus. Respecto a la LF, el aporte de la varianza genética al fenotípico fue superior en comparación al componente ambiental y por ende se observó una alta heredabilidad ($H^2 = 71.460$); sin embargo, presentó el menor valor de avance genético, lo que sugiere la presencia de genes con acción génica aditiva y no aditiva (Cuadro 2). Al respecto, Chandra-Shekar *et al.* (2012), indican que la fracción no aditiva no es heredable, situación por la cual limita la eficiencia de la selección en este tipo de caracteres. Referente a las características de diámetro de fruto (DFC, DFM y DFA) destaca la superioridad de la varianza genética con respecto a la varianza ambiental, al igual que una alta heredabilidad, coeficiente de variación genética y avance genético; situación que favorece la selección de poblaciones con diámetro de frutos acordes a mercados específicos para el aprovechamiento de los efectos genéticos aditivos. Araméndiz-Tatis *et al.* (2014) clasifican a la heredabilidad y al avance genético de la siguiente manera: bajo ($H^2 < 30\%$; $\Delta_G < 10\%$), moderado ($H^2 = 30-60\%$; $\Delta_G = 10-20\%$) y alto ($H^2 > 60\%$; $\Delta_G > 20\%$); con base en lo anterior, la LF, DFC, DFM y DFA presentan una alta heredabilidad, pero solo los diámetros de fruto presentan un elevado avance genético.

Cuadro 2. Media general, rangos y parámetros genéticos estimados para rendimiento seco y características de fruto en 16 poblaciones de chile guajillo provenientes de cruas intertipos.

| Variabes | μ | Rango | CV (%) | σ_F^2 | σ_G^2 | σ_E^2 | H^2 (%) | CV_G (%) | b | Δ_G (%) |
|--------------------------|--------|-----------------|--------|--------------|--------------|--------------|-----------|------------|-------|----------------|
| RS (t ha ⁻¹) | 3.596 | 2.945 - 4.266 | 15.510 | 0.418 | 0.066 | 0.352 | 15.789 | 7.144 | 0.461 | 5.110 |
| LF (cm) | 13.892 | 12.055 - 15.172 | 13.699 | 0.904 | 0.646 | 0.258 | 71.460 | 5.786 | 0.422 | 8.804 |
| DFC (mm) | 13.715 | 9.510 - 18.954 | 13.604 | 6.575 | 6.243 | 0.332 | 94.951 | 18.218 | 1.339 | 31.954 |
| DFM (mm) | 24.958 | 15.998 - 35.649 | 15.006 | 36.400 | 31.486 | 4.914 | 86.500 | 22.483 | 1.498 | 37.638 |
| DFA (mm) | 8.355 | 5.533 - 11.017 | 24.583 | 2.849 | 2.311 | 0.538 | 81.116 | 18.195 | 0.740 | 29.497 |

RS: Rendimiento seco, LF: Longitud de fruto, DFC: Diámetro de fruto a nivel de cáliz, DFM: Diámetro de fruto en la parte media, DFA: Diámetro de fruto en el ápice.

CONCLUSIONES

Las estimaciones de los parámetros genéticos permitieron observar una suficiente variabilidad genética, heredabilidad, coeficiente de variación genética, índice de variabilidad y avance genético para el diámetro de fruto (DFC, DFM y DFA), por lo que estos rasgos pueden ser mejorados por selección para el aprovechamiento de los efectos genéticos aditivos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al COLPOS-Campus Montecillo y al INIFAP por los apoyos y facilidades brindadas para la realización de la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Laborde-Cancino J. A. y O. Pozo-Campodonico (1982) Presente y pasado del chile en México. SARH-INIA. México, D.F. 80 p.

2. Molina G. J. D. (1992) Introducción a la genética de poblaciones y cuantitativa: Algunas implicaciones en Genotecnia. A.G.T. Editor. México, D.F. 349 p.
3. Moreno-Pérez E. del C., M. T. Martínez-Damián, D. Reyes-López, C. A. Pérez-Mercado, A. Peña-Lomelí y P. Espinosa-Robles (2006) Intensidad de color y contenido de antocianinas en chile guajillo (*Capsicum annum* L.). *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12:135-140.
4. Nduwumuremyi A., P. Tongoona and S. Habimana (2013) Mating designs: Helpful tool for quantitative plant breeding analysis. *Journal of Plant Breeding and Genetics* 1:117-129.
5. Araméndiz-Tatis H., C. Cardona-Ayala y E. Correa-Álvarez (2014) Parámetros genéticos en berenjena (*Solanum melongena* L.). *Revista Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, Actualidad y Divulgación Científica* 17: 361-369.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

XOCHITL F2021: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO HARINERO PARA SIEMBRAS DE TEMPORAL EN MÉXICO

Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹, René Hortelano Santa Rosa¹, María Florencia Rodríguez García^{1*}, Eliel Martínez Cruz¹, Julio Huerta Espino¹, Ernesto Solís Moya², Leodegario Osorio Alcalá³ y Eduardo Espitia Rangel¹.

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP, ²Campo Experimental Bajío-INIFAP y ³Campo Experimental Valles Centrales-INIFAP

rodriguez.maria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Royas, Mayor rendimiento, Calidad industrial.

INTRODUCCIÓN

El trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) es uno de los cereales de mayor importancia después del maíz; la producción mundial es destinada principalmente para consumo humano (FAO, 2020). En México, durante el 2018 destacó como el tercer cereal en importancia en cuanto a superficie sembrada (541,789 mil ha) (SIAP, 2019). Se prevé que para el 2050, la demanda de trigo aumentará un 70% debido al crecimiento de la población y los cambios en sus hábitos alimentarios; sin embargo, la producción de trigo en los últimos años se ha visto afectada por factores bióticos (plagas y enfermedades) y en gran parte por factores abióticos (suelo y clima) (Beddow *et al.*, 2015). Dentro de los factores bióticos, las enfermedades causadas principalmente por hongos, destacan aquellas causadas por el género *Puccinia* por ser consideradas las más destructivas del trigo y las que más pérdidas han causado en el mundo (Singh *et al.*, 2016). Dichos hongos cambian su virulencia constantemente y se forman nuevas razas que vencen la resistencia de las variedades sembradas (Rodríguez *et al.*, 2010). En los últimos años en México la roya amarilla causada por *Puccinia striiformis* f. sp. *tritici* es la más diseminada en las áreas sembradas bajo condiciones de temporal, su mejor control ha sido mediante la resistencia genética de las variedades, por lo que es necesario poner a disponibilidad de los productores variedades resistentes, que además deben tener mayor potencial de rendimiento y posean buena calidad industrial. El objetivo del presente trabajo es dar a conocer las principales características agronómicas, fitopatológicas y de calidad industrial de la nueva variedad Xochitl F2021.

MATERIALES Y MÉTODOS

Xóchitl F2021 es una variedad de trigo harinero de gluten fuerte que fue generada por el Programa de Mejoramiento Genético de Trigo de Temporal del INIFAP. La línea se obtuvo por recombinación genética en donde intervinieron seis progenitores en cinco niveles de cruzamientos; en el último de ellos participó la variedad Nana F2007 (NANA). Su cruce final se realizó en el ciclo O-I/2011-12 y se identificó con la siguiente genealogía:

ATTILA*2/PBW65*2/4/BOW/NKT//CBRD/3/CBRD/5/NANA

La cruce y la evaluación de la F1 se realizó en Chapingo Estado de México. El método de selección utilizado fue el de familias masivas y la evaluación en las generaciones segregantes fue como sigue: la generación F₂ fue en la Mixteca Oaxaqueña bajo temporal (15OAX), la F₃ en Roque, Gto. en riego limitado (0R), la F₄ en Santa Lucía, Méx. en temporal (0SL), la F₅ en Roque, Gto. en riego normal (0R), la F₆ fue en Chapingo, Méx. en temporal (1C) y la F₇ en Roque, Gto. en riego normal (0R). Su historial de selección es el siguiente:

TC-12056-15OAX-0R-0SL-0R-1C-0R

La línea experimental se evaluó en temporal por cinco años en los ensayos nacionales de rendimiento. En el ciclo P-V/2016 en el Viveros de Selección de Trigos Harineros de Temporal (21voVSTHT) y de los ciclos P-V/2017 al P-V/2020 en los Ensayos de Rendimiento de Trigos Harineros de Temporal reconocidos como

21voERHT al 24voERTHT. La evaluación se realizó en 40 ambientes de temporal bajo un diseño alfa látice con dos repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El promedio de rendimiento de grano de 40 ensayos (Cuadro 1) indica que Xóchitl F2021 superó a todas las variedades testigo de 13.5 % (Valles F2015) hasta 38.8 % (Nana F2007); su mayor ventaja se manifestó en ambientes favorables en donde superó en promedio a los testigos en 29 %, mientras que en ambientes críticos los superó en 23 %, desde luego también fue una ventaja importante. A la variedad Valles F2015, que tiene buen nivel de resistencia/tolerancia a royas y tizones foliares (Cuadro 2), la superó en los tres ambientes de producción de 15 % a 10 %, lo que indica que Xóchitl tiene mayor potencial de rendimiento.

Cuadro 1. Rendimiento de grano de Xóchitl F2021 y variedades testigo evaluadas en 40 ensayos, P-V/2017 a P-V/2020.

| VARIEDAD | 40 ensayos | | 13 ensayos | | 13 ensayos | | 14 ensayos | |
|------------------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
| | Gral | %/Xoc | Fav | %/Xoc | Int | %/Xoc | Cri | %/Xoc |
| TEMPORALERA M87 | 3789 | -19.3 | 5428 | -20.7 | 3345 | -21 | 2769 | -14.3 |
| ROMOGA F96 | 3310 | -29.5 | 4448 | -35 | 2967 | -29.9 | 2463 | -23.8 |
| NAHUATL F2000 | 3174 | -32.4 | 4608 | -32.7 | 2890 | -31.8 | 2184 | -32.4 |
| TLAXCALA F2000 | 3393 | -27.8 | 4636 | -32.3 | 3099 | -26.8 | 2544 | -21.3 |
| REBECA F2000 | 3528 | -30.3 | 4888 | -28.6 | 3352 | -20.8 | 2396 | -25.9 |
| TRIUNFO F2004 | 3275 | -24.9 | 4652 | -32.0 | 3105 | -26.7 | 2176 | -32.7 |
| ALTIPLANO F2007 | 3624 | -22.8 | 5084 | -25.7 | 3234 | -23.6 | 2711 | -16.1 |
| NANA F2007 | 2875 | -38.8 | 4066 | -40.6 | 2617 | -38.2 | 2077 | -35.8 |
| DON CARLOS M2015 | 3785 | -19.4 | 5324 | -22.2 | 3520 | -16.9 | 2679 | -17.1 |
| VALLES F2015 | 4065 | -13.5 | 5787 | -15.4 | 3695 | -12.7 | 2900 | -10.3 |
| XOCHITL F2021 | 4698 | ..... | 6845 | ..... | 4235 | ..... | 3232 | .... |

Gral = rendimiento promedio; Fav = ambientes favorables; Int = ambientes intermedios; Cri = ambientes críticos; %Xoc = porcentaje con respecto a Xóchitl F2021.

En el Cuadro 2 se presenta la reacción a royas y enfermedades foliares de Xóchitl F2021 y variedades testigo evaluadas bajo condiciones de temporal del 2016 al 2020, en donde se observa que esta nueva variedad posee niveles de resistencia satisfactorios a roya amarilla (5R-10MR) y roya de la hoja (10MR-20MR). Para enfermedades foliares posee resistencia similar a Valles F2015 y Rebeca F2000. De acuerdo con su evaluación fitopatológica durante cinco años, Xóchitl F2021 se describe como una variedad con resistente a roya amarilla de la hoja y tolerante al complejo de enfermedades foliares.

Cuadro 2. Reacción a royas y enfermedades foliares de Xóchitl F2021 y variedades testigo evaluadas bajo temporal del 2016 al 2020.

| VARIEDAD | YrH | YrE(%) | Lr | Fol (%) |
|------------------|-----------|--------|-----------|---------|
| GALVEZ M87 | 20MS-40MS | 25 | 10MS-60S | 90 |
| TEMPORALERA M87 | 10MR-60S | 30 | 20MR-70S | 70 |
| ROMOGA F96 | 20MR-50MS | 20 | 10 MR30MS | 80 |
| NAHUATL F2000 | 20MR-70S | 30 | 10MR-30MS | 90 |
| TLAXCALA F2000 | 20MR-60MS | 20 | 10R-40MS | 80 |
| JUCHI F2000 | 30MR-70S | 30 | 20MR-50MS | 80 |
| REBECA F2000 | 20MR-60MS | 20 | 20MR-60S | 60 |
| TRIUNFO F2004 | 30MR-70S | 30 | 20MR-40MS | 70 |
| ALTIPLANO F2007 | 12MR-40MS | 10 | 10MR-30MR | 60 |
| NANA F2007 | 30MS-80S | 50 | 20MR-30MR | 90 |
| DON CARLOS M2015 | 20MR-50MS | 20 | 10R-20MR | 80 |
| VALLES F2015 | 0-15R | 5 | 10MR-30MS | 60 |
| XOCHITL F2021 | 5R-10MR | 5 | 10MR-20MR | 60 |

YrH = Roya amarilla en la hoja; YrE = roya amarilla en la espiga; Lr = roya de la hoja; Fol = complejo de enfermedades foliares; R = resistente; MR = moderadamente resistente; MS = moderadamente susceptible; S = susceptible. En Fol se presentaron *Cochliobolus sativus*, *Zymoseptoria nodorum*, *Z. tritici*, *Pyrenophora tritici-repentis* y *Alternaria triticina*.

La nueva variedad Xóchitl F2021 se clasificó como de grano duro, con base a su índice de perlado, con un valor de 45 %, similar a la variedad Valles F2015 que fue de 38 %. Su contenido de proteína en grano fue de 12.7 % y en harina refinada de 11.3% equivalente a la de Valles F2015 la cual presentó valores de 12.4 y 11.0 %, para estos dos parámetros. Con base a las variables alveograficas fuerza de la masa (W) y relación tenacidad-extensibilidad (PL), esta nueva variedad se caracterizó por presentar valores de W de 325×10^{-4} J y un PL = 0.8; mientras que la variedad testigo Valles F2015 mostró un W de 329 y 0.8 de PL. El grano de Xóchitl F2021 permitirá producir porcentajes aceptables de almidón dañado en la harina durante la molienda lo cual se asocia a mayor absorción de agua resultando en textura de miga de buena calidad. Por otro lado, con base a sus variables alveograficas, W y PL, se clasifica como una variedad de masa fuerte-extensible. Lo anterior, grano duro asociado con masa fuerte y extensible, se releja en su volumen de pan de Xóchitl F2021 el cual fue de 958 cc similar al de Valles F2015 de 937 cc. Por lo que la harina de Xóchitl F2021 es apropiada para la industria de la panificación mecanizada o como mejoradora de masas tenaces o débiles.

CONCLUSIONES

Xóchitl F2021 superó el rendimiento de grano a todos los testigos en diferentes condiciones de producción, es resistente a royas y tolerante a enfermedades, y su calidad corresponde a la de un trigo de gluten fuerte balanceado, que es el más demandado en México, por lo que se recomienda para su siembra en los diferentes ambientes de producción de temporal desde la Mixteca Oaxaqueña hasta el norte centro de México.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece por el financiamiento parcial de las investigaciones que permitieron recopilar la información presentada a: MasAgro-Trigo "Identificación de nuevas líneas con interés para la cadena de valor de trigo en México 2018 y 2019".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beddow, J. M., P. G. Pardey, Y. Chai, T. M. Hurley, D. J. Kriticos, H. J. Braun, R. F. Park, W. S. Cuddy and T. Yonow. 2015. Research investment implications of shifts in the global geography of wheat stripe rust. *Nature Plants* 1:15132.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. Crops. Rome, Italy. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (Junio 2020).

Rodríguez, G. M. F.; Huerta-Espino, J. Villaseñor, M. H. E.; Sandoval, I. J. S.; Singh, R. 2010. Análisis de virulencia de la roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) del trigo (*Triticum aestivum* L.) en los Valles Altos de México. *Agrociencia*. 44(4): 491-502.

SIAP, Servicio de información agroalimentaria y pesquera (2019) Producción Agroalimentaria y Pesquera. <https://www.gob.mx/siap/> (marzo de 2020).

Singh, R. P.; Singh, P. K.; Rutkoski, J.; Hodson, D. P.; Lee, X.; Jorgensen, L. N.; Hovmoller, M. S. and Huerta-Espino, J. 2016. Disease impact on wheat yield potential and prospects of genetic control. *Annual Review of Phytopathology*. 54(1):303-322.

Sección: Recursos genéticos y productividad.

EVALUACIÓN FISIOLÓGICA DE DIFERENTES ESTRATEGIAS DE CONSERVACIÓN A LARGO PLAZO EN SEMILLAS DE *Phaseolus vulgaris* L.

Carlos Iván Cruz Cárdenas^{1*}, Gabriela Sandoval Cancino¹, Luis Felipe Guzmán Rodríguez¹, Francisco Fabián Calvillo Aguilar¹, Juan Manuel Pichardo González¹, Martín Quintana Camargo¹.

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP.

cruz.ivan@inifap.gob.mx

Palabras clave: Crio-conservación, Recursos genéticos, Semillas ortodoxas.

INTRODUCCIÓN

Existe una gran diversidad de accesiones de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) que cimientan la alimentación local y regional en México, esta diversidad necesita ser conservada con el objetivo de lograr un aprovechamiento de aquellas accesiones con características de interés para nuestra sociedad en el diseño de estrategias integrales tanto de consumo, como de conservación y aprovechamiento en programas de mejoramiento genético que permita el desarrollo de nuevas variedades con características nutricionales mejores para la población mexicana que consume el frijol. Se ha identificado que, principalmente en el área rural, que las variedades locales y parientes silvestres son la fuente primaria de alimento relacionado al acceso y disponibilidad del recurso (Bvenura y Afolayan, 2015).

Esa gran diversidad y riqueza presente en los cultivares tradicionales del frijol común y sus especies silvestres representa un gran potencial de servicios y bienes para la región y sus habitantes. Sin embargo, el cultivo y la conservación de muchas de esas especies se dificultan debido a problemas asociados con los protocolos de conservación a largo plazo utilizados. Es esencial, por lo tanto, implementar protocolos efectivos y eficientes dirigidas a la conservación de la diversidad de accesiones de frijol común, las que beneficiarán a nuestra población.

OBJETIVO

Evaluar el efecto de diferentes condiciones de conservación en semillas de accesiones de *Phaseolus vulgaris* L., para definir la mejor estrategia de conservación a largo plazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron semillas de 3 accesiones de *Phaseolus vulgaris* L. con diferentes características morfológica de color y tamaño de semilla que están siendo conservadas en el laboratorio de semillas ortodoxas del CNRG. Las semillas fueron sometidas a un proceso de pureza física en el cual se separaron todas las semillas visiblemente en buen estado (sin daños físicos externos), además de análisis de rayos X para seleccionar semillas sin daños físicos internos. Una vez realizados estos análisis se seleccionaron 1000 semillas por cada accesión, las cuales a su vez se separaron en 5 muestras de 200 semillas donde 4 de estas muestras se utilizaron para los diferentes tratamientos (50 semillas por repetición por tratamiento) y una muestra de 200 semillas para la prueba de viabilidad con TZ. Las semillas se sometieron a tratamiento de secado hasta dejarlas a una humedad relativa interna de 7 %.

El experimento consistió en evaluar el efecto de diferentes condiciones de conservación para las semillas de las diferentes accesiones. Las condiciones de conservación de las semillas fueron: Temperatura Ambiente (30 °C), Cámara Fría (-18 °C), Vapor de Nitrógeno Líquido (-100 °C) e Inmersión en Nitrógeno Líquido (-196°C). Las diferentes condiciones de conservación se evaluaron durante 30 días. Transcurrido el tiempo del experimento todas las semillas se retiraron de sus distintas temperaturas de conservación. Las semillas de la prueba de viabilidad con Cloruro de Tetrazolio (TZ) fueron apartadas y en las demás se llevó a cabo la prueba de germinación en forma de taco en papel tipo M de grado comestible, se colocaron las 4 repeticiones de cada accesión por separado, los tacos fueron humedecidos con agua destilada y se llevaron a una cámara de germinación con una temperatura de 26.5 °C y una humedad de 80.0%, todas permanecieron ahí durante 7 días como lo marca la ISTA.

Terminado este tiempo se retiraron y se realizó su evaluación de acuerdo a semillas con germinación normal, muertas y anormales. Para la prueba de TZ, las semillas se colocaron en inhibición por 18 horas en agua destilada. Luego de este tiempo se les retiro la testa y se colocaron en solución de TZ al 1% y se llevaron a incubar a 35 °C durante 4 horas, la viabilidad de las semillas se determinó en función del patrón de tinción del embrión y la intensidad de la coloración. Con los datos obtenidos se realizó un ANOVA y una prueba de comparación de medias *Tukey* con un *alpha* de 0.05 en el programa estadístico SAS 9.4 ®.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de viabilidad mostraron que todos los tratamientos de conservación después de 30 días de evaluación conservaban una viabilidad por encima del 90 %, siendo los tratamientos de conservación a -100 y -196 °C los que mantenían una viabilidad de 100 % para las accesiones 1121800251 y 1121800255 mientras que en la accesión 1121800258 el valor más alto de viabilidad fue del 99 % en el tratamiento de conservación a -196 °C. Para la variable Germinación pudimos observar diferencias si lo comparamos con la viabilidad ya que el valor más alto de germinación obtenido fue de 91, 92 y 99 % para las diferentes accesiones y fueron en los tratamientos de -18 y -196°C respectivamente (Cuadro 1). Estos resultados sugieren una respuesta diferente de cada accesión ya que las primeras dos accesiones 1121800251 y 1121800255 tienen una respuesta germinativa mejor a la conservación a -18 °C mientras que la accesión 1121800258 responde mejor a la crio-conservación a -196 °C. Estas diferencias podrían deberse según Abdelnour-Esquivel *et al* (2007) algunas accesiones responden de manera más eficiente al almacenamiento de material vivo de interés en nitrógeno líquido (-196°C), donde las semillas pueden ser acopiadas a largo plazo a diferencia de otras modalidades, sin que pierdan su viabilidad; al suspenderse toda actividad metabólica la semilla no sufre mutaciones.

Cuadro 1. Parámetros fisiológicos de semillas de *Phaseolus vulgaris* L. bajo diferentes protocolos de conservación a largo plazo.

| ACCESION | TRATAMIENTO | VIABILIDAD (%) | GERMINACIÓN (%) |
|------------|-------------|----------------|-----------------|
| 1121800251 | | | 73 c |
| | -100 °C | 100 a | 88 b |
| | -196 °C | 100 a | 85 a |
| | 30 °C | 92 b | 91 b |
| | -18 °C | 100 a | |
| 1121800255 | | | 74 c |
| | -100 °C | 100 a | 84 b |
| | -196 °C | 100 a | 84 a |
| | 30 °C | 93 b | 92 b |
| | -18 °C | 95 b | |
| 1121800258 | | | 67 c |
| | -100 °C | 92 b | 99 a |
| | -196 °C | 99 a | 90 a |
| | 30 °C | 92 b | 92 a |
| | -18 °C | 92 b | 92 a |

Durante la evaluación de los parámetros de plantas normales, anormales y semillas muertas resultado de los diferentes tratamientos (Cuadro 2) pudimos observar que la conservación a -100 °C es la que genera el menor porcentaje de plantas normales para las tres accesiones (60, 70 y 70 % respectivamente) y la temperatura de - 18 °C es la que mantiene los porcentajes más altos de plantas normales con valores de 85 % en las accesiones 1121800251 y 1121800255 mientras que para la accesión 1121800258 el valor más elevado se obtuvo en la temperatura de -196 °C de igual manera estos tratamientos fueron los mismos que generaron el menor porcentaje de semillas muertas en las diferentes accesiones así como los valores

más aceptables de plantas anormales, lo que nos da la pauta para poder decir que son los más idóneos para utilizarse en la conservación a largo plazo de semillas de *Phaseolus vulgaris* L.

Pudimos observar que cada accesión responde de manera diferente en donde algunas muestran mejores valores fisiológicos a la conservación a -18 °C y algunas a las condiciones de crio-conservación. La crioconservación de semillas *Phaseolus vulgaris* L. por el método de congelamiento rápido a -196 °C es un procedimiento expedito y sencillo, que reduce sustancialmente el esfuerzo y los costos que representan el mantenimiento de colecciones de germoplasma vegetal *in vivo* o *in vitro*, evitando los riesgos fitopatológicos y fisiológicos que aparecen en el sostenimiento de los bancos de germoplasma vegetales. Se puede utilizar la crio-conservación como alternativa a las técnicas tradicionales de almacenamiento de semillas de *Phaseolus vulgaris* L. previendo fallas de funcionalidad en los otros sistemas de preservación, teniendo copias extras o duplicado de las semillas en crio-conservación.

Cuadro 2. Metabolitos identificados mediante el análisis de espectrofotometría de masas DART (DART-MS) en accesiones de *Phaseolus vulgaris* L.

| ACCESION | TRATAMIENTO | PLANTA NORMAL (%) | PLANTA ANORMAL (%) | SEMILLAS MUERTAS (%) |
|------------|-------------|-------------------|--------------------|----------------------|
| 1121800251 | -100 °C | 70 d | 3 c | 27 a |
| | -196 °C | 80 c | 8 a | 12 b |
| | 30 °C | 80 c | 5 b | 15 b |
| | -18 °C | 85 b | 6 b | 9 c |
| 1121800255 | -100 °C | 70 d | 4 c | 26 a |
| | -196 °C | 80 c | 4 c | 16 b |
| | 30 °C | 80 c | 4 c | 16 b |
| | -18 °C | 85 c | 7 a | 8 c |
| 1121800258 | -100 °C | 60 d | 7 a | 33 a |
| | -196 °C | 90 a | 9 a | 1 d |
| | 30 °C | 85 b | 5 b | 10 c |
| | -18 °C | 87 a | 5 b | 8 c |

CONCLUSIONES

Se logró conocer las mejores condiciones de conservación a largo plazo para semillas de *Phaseolus vulgaris* L. donde ocurre el menor impacto en las características fisiológicas de germinación y viabilidad.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, se demostró que la mejor alternativa para la conservación a largo plazo de germoplasma de *Phaseolus vulgaris* en la accesión 1121800251 Y 1121800255, era su almacenamiento en la temperatura de -18 °C, mientras que para la accesión 1121800258 era la temperatura de inmersión en nitrógeno líquido (-196 °C).

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados preliminares son parte del proyecto fiscal “Regeneración, caracterización y conservación a largo plazo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en el INIFAP”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdelnour-Esquivel A, Rojas G, Alfaro U. Estudios preliminares para la crioconservación de especies forestales arbóreas. *Tecnología en Marcha*. 2007. Vol. 20-1: 98-103.
2. Bvenura C, & Afolayan AJ. The role of wild vegetables in household food security in South Africa: A review. *Food Research International*. 2015. 76, 1001-1011.
3. Copeland, L. O & Kauffman, H. H. *Principles of seed science and technology*. 3 rd ed. Chapman Hall. New York USA. 1995. 409 p.
4. International Seed Testing Association, 2007. *Seed Testing International*

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

RENDIMIENTO DE HÍBRIDOS DE MAÍZ AZUL Y SU ADAPTABILIDAD EN LOCALIDADES DE ALTA, MEDIANA Y BAJA PRODUCTIVIDAD DE LOS VALLES ALTOS

José Luis Arellano Vázquez^{1*} y Germán Fernando Gutiérrez Hernández²

¹ C E Valle de México CIRCE INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel: 01595 9212681; ²Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional. Av. acueducto s/n. CP 07340, La laguna Ticomán, México, D. F.

arellano.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: [Interacción genotipo x ambiente](#), [adaptabilidad de híbridos](#), [regiones de temporal y riego](#)

RESUMEN

Las regiones productoras de maíz en los valles altos de la mesa central de México comprenden una superficie de 1.6 millones de hectáreas de las cuales aproximadamente 150 mil son cultivadas con maíz azul, en esas regiones el rendimiento de los cultivares depende en gran medida de la humedad disponible del riego y de las lluvias del temporal que pueden ser en promedio anual de 450 a 900 mm, bajo esas condiciones la generación y disponibilidad de cultivares con adaptabilidad para ambientes de alta, intermedia y baja productividad son claves para mejorar los rendimientos. Se evaluaron 15 híbridos trilineales de maíz azul, el diseño experimental fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Se establecieron diez experimentos en el periodo 2010 a 2015 en localidades con manejo del cultivo bajo temporal y riego de los estados de Tlaxcala y México. Se detectaron diferencias ($P \leq 0.001$) entre localidades, híbridos y en la interacción genotipo x ambiente para rendimiento. Entre localidades el rendimiento varió de 2.7 a 10.9 t ha⁻¹, entre híbridos de 6.4 a 8.2. El análisis estadístico de la interacción genotipo x ambiente y su representación gráfica permitieron detectar a los híbridos H-AZUL 01, H-AZUL-05, H-AZUL 11, H-AZUL-12, H-AZUL-13 y H-AZUL-15 como los híbridos más aptos para ambientes de alta productividad (7.7 – 10.9 tha⁻¹), al H-AZUL-10 apto para ambientes de intermedia a baja productividad, (2.7 – 7.0 tha⁻¹), y para ambientes de baja productividad EL H AZUL 06 Y H AZUL 09, no obstante, en base a la media global de rendimiento por genotipo se determinó que el H-AZUL10 fue el de mejor rendimiento a través de ambientes de alta, mediana y baja productividad (8.2 tha⁻¹) en la región de estudio, sin embargo este híbrido no mostró gráficamente amplia adaptabilidad.

INTRODUCCION

Se estima que la producción de maíz azul en el Altiplano Central de México es de 300 mil toneladas al año, sin embargo la demanda podría ser de más de 400 mil, sin considerar la demanda de la industria de harina nixtamalizada, ya que el precio de compra de maíz azul se mantiene todo el año 70 % arriba del de maíz blanco (Arellano *et al.*, 2013). La demanda estimada se podría satisfacer si los rendimientos promedio actuales por hectárea pasan de 3.0 a 4.5 t ha⁻¹ en la actual superficie sembrada, lograr un aumento de 1.5 t ha⁻¹ aparentemente no es un problema agronómico ya que se puede elevar la producción con variedades de polinización libre que han mostrado rendimientos de 4.7 a 6.5 t ha⁻¹ (Arellano *et al.*, 2014) o con híbridos de maíz azul que han mostrado rendimientos de 8.5 a 10.5 ha⁻¹ bajo riego o en ambiente favorable de precipitación pluvial (Arellano *et al.*, 2013) ya que el rendimiento por hectárea se puede elevar entre 50 y 60 % debido a la contribución genética del híbrido (Duvick, 2005; Lee y Tollenaar, 2007). Los objetivos del presente estudio fueron: 1. Conocer el potencial de

rendimiento de los híbridos de maíz azul; 2. Determinar la interacción genotipo x ambiente del rendimiento de los híbridos y su adaptabilidad a través de ambientes y 3) Seleccionar genotipos aptos para ambientes de alta, intermedia y baja productividad.

MATERIALES Y MÉTODOS.

En 10 localidades se evaluaron 15 híbridos trilineales de maíz azul generados por el Programa de Mejoramiento Genético de Maíz del Campo Experimental Valle de México, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Cuatro experimentos se establecieron en 2010 en las localidades de San Luis Huamantla (1), Benito Juárez (2), San Pedro Tlacualpan (3) y Calpulalpan (4) del estado de Tlaxcala, tres en 2012 en Chapingo (8), Coatlinchán (9) y Calimaya (10) del Estado de México y tres en 2015 en San José Teacalco (5), San Cosme Xalostoc (6) y Francisco Villa Huamantla (7), de Tlaxcala. Las localidades se ubican en altitudes de 2250 a 2650 msnm y sus niveles de precipitación pluvial promedio anual varían de 500 a 900 mm. Se aplicaron las fórmulas de fertilización 150N-60P-30K para las localidades de Tlaxcala y 140N-60P-30K para las del Estado de México. La densidad de siembra fue de 60 mil plantas por hectárea en todas las localidades. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. Se hicieron análisis de varianza de los experimentos en conjunto, se realizó un análisis de la interacción genotipo x ambiente del rendimiento y se obtuvo la representación gráfica de ésta en base al procedimiento AMMI propuesto por Vargas y Crossa (2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.001$) entre localidades, híbridos y en la interacción híbridos x localidades para rendimiento. En las localidades Calpulalpan (4) y Benito Juárez (2), se observaron los rendimientos más altos de 10.9 y 9.6 t ha⁻¹, respectivamente, mientras que en Francisco Villa Huamantla (7), el más bajo de 2.7 t ha⁻¹, este resultado podría atribuirse a un periodo de sequía durante la floración y la etapa inicial de llenado de grano. Entre híbridos, el H-AZUL-10 y H-AZUL-12 mostraron los rendimientos más altos de 8.2 y 7.9 t ha⁻¹, respectivamente, mientras que el H-AZUL-5 mostró el menor rendimiento de 2.2 t ha⁻¹. El análisis de la interacción genotipo x ambiente por medio del procedimiento estadístico AMMI Biplot, detectó diferencias significativas ($P < 0.001$) entre ambientes, genotipos y en la interacción genotipo x ambiente, lo cual se explica en función de la diversidad de genotipos y ambientes. Los resultados de la separación de sumas de cuadrados para los términos o

componentes del análisis AMMI indicaron que los dos primeros componentes (Factor 1 y 2) acumularon el 82 % de la suma de cuadrados de la variación total para rendimiento y resultaron significativos ($P < 0.001$). La descripción gráfica permitió detectar a los híbridos a los híbridos H-AZUL 11, H-AZUL 12, H-AZUL 13 y H-AZUL 15 como los híbridos más aptos para ambientes de alta productividad ($7.7 - 10.9 \text{ tha}^{-1}$), al H-AZUL 10 apto para ambientes de intermedia a baja productividad, ($2.7 - 7.0 \text{ tha}^{-1}$), y para ambientes de baja productividad EL H AZUL 06 Y H AZUL 09, no obstante, en base a la media global de rendimiento por genotipo se determinó que el H-AZUL10 fue el de mejor rendimiento a través de ambientes de alta, mediana y baja productividad (8.2 tha^{-1}) en la región de estudio, sin embargo este híbrido no mostró gráficamente amplia adaptabilidad lo cual si se observa en H- AZUL 13 (Figura 1).

CONCLUSIÓN

El análisis estadístico y la representación gráfica del comportamiento de los híbridos permitieron definir los híbridos con mejor adaptabilidad al nivel de productividad de las localidades estudiadas.

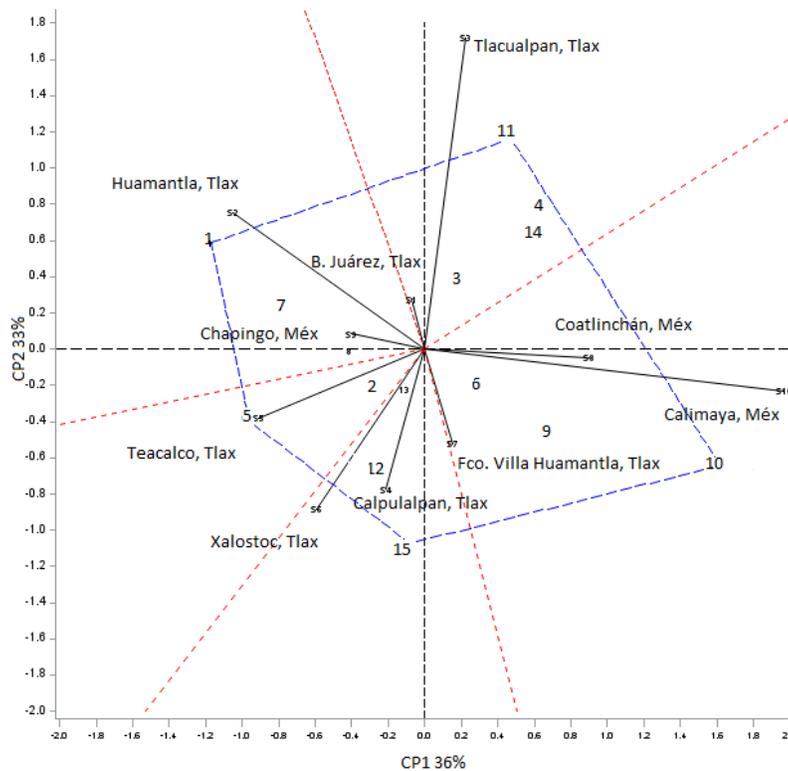


Figura 1. Representación de interacción genotipo x ambiente del rendimiento de 15 híbridos de maíz azul a través de 10 localidades de los estados de Tlaxcala y México

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Híbridos y variedades mejoradas de maíz azul para el Altiplano Central de México”

LITERATURA CITADA

1. Arellano VJ L, Rojas M I y Gutiérrez H G F (2014) Variedades de maíz azul Chalqueño seleccionadas por múltiples caracteres y estabilidad del rendimiento. Rev. Mex. Cien. Agric. 5:1469-1480.
2. Arellano VJ L, Rojas M I y Gutiérrez H G F (2013) Híbridos y variedades sintéticas de maíz azul para el Altiplano Central de México: potencial de rendimiento y estabilidad del rendimiento. Rev. Mex. Cien. Agric. 4: 999-1011.
3. Duvick D N (2005) The contribution of breeding to yield advances in maize (Zea Mays L.) Advances in Agronomy. 86: 83-145.
4. Lee E A and Tollenaar M (2007) Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. Crop Sci. 47: S202 - S215.
5. Vargas H M y Crossa J (2000) El análisis AMMI y la gráfica del biplot en SAS. Unidad de Biometría y Estadística. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). 42 p.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

APTITUD COMBINATORIA PARA EL RENDIMIENTO DE POBLACIONES DE MAÍZ AZUL DE VALLES ALTOS

José Luis Arellano Vázquez^{1*} y Germán Fernando Gutiérrez Hernández²

¹C E Valle de México CIRCE INIFAP. Carretera Los Reyes-Texcoco km 13.5. Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. Tel: 01595 9212681; ²Departamento de Bioprocesos, Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología, Instituto Politécnico Nacional. Av. acueducto s/n. CP 07340, La laguna Ticomán, México, D. F.

*arellano.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Razas de maíz azul, Chalqueño, Bolita y Azul

RESUMEN

En el altiplano central de México el maíz azul se produce exclusivamente en áreas de temporal donde el 100 % de la semilla que se siembra es de variedades criollas. Las cruza s varietales entre poblaciones de maíz azul de valles altos de diferentes regiones ecológicas de México podrían expresar buena combinación para mejorar el rendimiento y hacer accesible económicamente el uso de semilla mejorada a los agricultores del sistema tradicionalista de producción. Con el objetivo de conocer la aptitud combinatoria general (ACG) y la específica (ACE) para el rendimiento de poblaciones de maíz azul de los valles altos y definir posibles combinaciones varietales, se evaluaron 45 cruza s dialélicas entre 10 poblaciones selectas de maíz azul de las razas Chalqueño, Bolita y Azul, el estudio se realizó en las localidades de San Cosme Xalostoc, Tlaxcala y en Coatlinchán, Texcoco, Estado de México. Se detectaron diferencias altamente significativas para el rendimiento entre cruza s, ACG, ACE y en la interacción de ACE x localidades. Las poblaciones de la raza Chalqueño: Puebla 63, Puebla 66, Puebla 74 y Puebla 92 mostraron valores significativos ($p < 0.001$) de ACG de 0.964, 0.509, 0.448 y 0.494 t ha⁻¹, respectivamente. En los efectos de aptitud combinatoria específica, se observó significancia estadística positiva solamente en ocho cruza s entre las poblaciones Puebla 36, Puebla 74 y Puebla 92, x la población Oaxaca 867 mostraron valores de ACE 0.957, 1.173 y 1.177 t ha⁻¹ y rendimientos entre 5.3 y 5.4 t ha⁻¹, mientras que las cruza s entre Puebla 36 y Puebla 66 x Chihuahua 103 mostraron valores de ACE de 1.162 y 1.265 y rendimientos de 5.5 a 6.0 t ha⁻¹.

INTRODUCCION

En el altiplano central de México el maíz azul se produce exclusivamente en áreas de temporal donde el 100 % de la semilla que se siembra es de variedades criollas. Las cruza s varietales entre poblaciones de maíz azul de valles altos de diferentes regiones ecológicas de México podrían expresar buena combinación para mejorar el rendimiento. Se ha observado que el 84% de cruza s varietales exceden el rendimiento promedio de sus progenitores y de ellas el 55% excede el rendimiento del mejor progenitor (Robinson y Moll, 1965). El desarrollo de híbridos no convencionales, incluyendo híbridos de cruza s entre poblaciones y cruza s de mestizos, podrían ser una buena opción ya que incluyen materiales de nulo o bajo nivel de endogamia que podría utilizarse para la producción de semilla de bajo costo, en vez de utilizar líneas endogámicas homocigotas (Vasal *et al.*, 1995). No existen estudios con poblaciones de

maíz azul del altiplano central de México que muestren los efectos genéticos de aptitud combinatoria y su aplicación en un programa de desarrollo de híbridos varietales, debido a esto los objetivos del presente estudio fueron: 1) Conocer los efectos de aptitud combinatoria general (ACG), y específica (ACE) para el rendimiento de poblaciones de maíz azul de las razas Chalqueño, Bolita y Azul y 2) Seleccionar las poblaciones con los efectos genéticos sobresalientes de ACE que permitan generar híbridos varietales de maíz azul con mejor rendimiento y caracteres de planta y grano.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Seis variedades representativas de la raza Chalqueño originarias del estado de Puebla con alto rendimiento, grano grande e intensa coloración azul del grano, 1. Puebla 36; 2. Puebla 66; 3. Puebla 63; 4. Puebla 74; 5. Puebla 92 y 6. Puebla 16, tres de la raza Bolita de Oaxaca de planta baja y resistencia al acame 7. Oaxaca 26; 8. Oaxaca 711 y 9. Oaxaca 867 y una de la raza Azul de Chihuahua con precocidad 10. Chihuahua 103 se utilizaron para generar las cruza directas obtenidas mediante polinización controlada. Los experimentos se establecieron en 2017 en terrenos del Campo Experimental Valle de México en Coatlinchán, Texcoco, Estado de México y en la localidad de San Cosme Xalostoc, Tlaxcala, se utilizó el diseño de látice doble 7 x 7, que incluye las 45 cruza dialélicas directas más cuatro variedades testigo, los cruzamientos dialélicos se evaluaron estadísticamente de acuerdo al método 4 modelo 1 de Griffing, (1956) para determinar la aptitud combinatoria general y específica de las cruza. Para el análisis estadístico de los datos se aplicó el procedimiento de análisis de los diseños genéticos por medio de R (AGD – R), (Rodríguez *et al.*, 2015).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los resultados del análisis de varianza combinado para rendimiento se detectaron diferencias ($p < 0.01$) en todas las fuentes de variación involucradas, excepto para repeticiones dentro de localidades y en la interacción de ACG x Localidades, también se observó que la variabilidad de mayor importancia en función de los valores de la suma de cuadrados, se concentró en las localidades y las cruza, lo cual sugiere que existieron diferencias ambientales importantes, así como variación considerable en el rendimiento de las cruza, que pudo ser determinado tanto por efectos genéticos aditivos y no aditivos, también se observó significancia ($p < 0.01$) para ACE x localidades lo que indica que los valores para esos efectos genéticos fueron diferentes entre localidades, por lo cual se pueden identificar cruza específicas para cada localidad. Respecto a la estimación de los parámetros genéticos, se observó que los efectos de ACG, efectos genéticos aditivos que permiten buena combinación en cruzamientos resultaron positivos y significativos ($P < 0.01$) para las poblaciones 4. Pue 74, 5. Pue 92, 2. Pue 66 y 3. Pue 63 de la raza Chalqueño con valores en un rango de 0.448 a 0.964 t ha⁻¹, Barata y Carena (2006) indicaron que las líneas desarrolladas de poblaciones de amplia base genética proveen de buena ACG para su combinación con líneas de diversos grupos heteróticos. Por otro lado, se observó que en las poblaciones de las razas Bolita y Azul no fueron significativamente importantes los valores de ACG. Respecto a los efectos de aptitud combinatoria específica, se observó significancia estadística positiva solamente en ocho cruza entre las poblaciones Puebla 36, Puebla 74 y Puebla 92, x la población Oaxaca 867 que mostraron valores de ACE de 0.957, 1.173 y 1.177 t ha⁻¹ y rendimientos entre 5.3 y 5.4 t ha⁻¹, mientras que las cruza entre Puebla 36 y Puebla 66 x Chihuahua 103 mostraron valores de ACE de 1.162 y 1.265 y rendimientos de 5.5 a 6.0 t ha⁻¹, respectivamente. Valores altos de ACE indican la significancia de efectos genéticos de acción no aditiva que se manifiestan entre cruza de progenitores genéticamente divergentes, principalmente debido a la preponderancia de los efectos genéticos dominantes (Nepir *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Efectos de aptitud combinatoria específica para el rendimiento de grano de cruzas dialélicas entre diez poblaciones de maíz azul en dos localidades de valles altos

| Poblaciones de maíz azul | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 Pue36 | -0.971* | 0.048 | -1.785* | -0.456 | -0.327 | 0.675 | 0.696 | 0.959** | 1.162** |
| 2 Pue66 | | 0.176 | -0.782* | 0.453 | -0.099 | -0.471 | 1.100** | 0.237 | 1.265** |
| 3 Pue63 | | | -0.212 | -0.787* | 0.166 | 0.694 | -0.229 | -0.567 | 0.710 |
| 4 Pue74 | | | | -0.883* | -0.762* | 1.665** | 1.185** | 1.173** | 0.401 |
| 5 Pue92 | | | | | 0.115 | 0.543 | 0.689 | 1.177** | 0.055 |
| 6 Pue16 | | | | | | 0.372 | 0.319 | -0.418 | 0.634 |
| 7 Oax26 | | | | | | | -1.60** | -0.565 | -1.31** |
| 8 Oax711 | | | | | | | | -0.618 | -1.54** |
| 9 Oax867 | | | | | | | | | -1.37** |
| 10 Chih103 | | | | | | | | | |

Error estándar: 0.422

Ahora bien, en el análisis estadístico del juego completo de materiales evaluados que incluye a las variedades testigo se encontraron diferencias ($P \leq 0.01$) entre localidades, cruzas y cruza x localidades para los caracteres medidos lo cual indica que las condiciones ambientales entre localidades fueron distintas, y las expresiones de genotipo y genotipo x ambiente de esos caracteres también fueron diferentes. En el resultado de la prueba de medias para rendimiento de las cruza (datos no mostrados), se registraron rendimientos de 5.0 a 6.0 t ha⁻¹ y se observó que las cruza 4 x 7, 4 x 8, 4 x 9, y 4 x 10 que representan a la población Pue 74 de la raza Chalqueño combinada con las poblaciones de la razas Bolita y Azul, mostraron buen rendimiento de 5.2 a 5.8 t ha⁻¹ y fueron estadísticamente superiores a las variedades testigos Puebla 65 y criollo de Tlaxcala, estas combinaciones también denotan buena ACG de la población 4 y buena ACE al cruzarse ésta con las poblaciones 7, 8, 9 y 10 lo cual permite inferir que a través de cruzamientos entre poblaciones con divergencia de origen genético y geográfico es posible mejorar el rendimiento debido a los efectos genéticos de dominancia representados en la ACE.

CONCLUSIONES

Se detectaron efectos favorables de Aptitud combinatoria general solamente en cuatro poblaciones de maíz de la raza Chalqueño, y efectos favorables de aptitud combinatoria específica en ocho combinaciones de poblaciones de la raza Chalqueño x poblaciones de las razas Bolita y Azul.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Accesiones de maíz azul de textura semicristalina y harinosa para la formación de cruza dialélicas y la generación de híbridos intervarietales II Rendimiento y producción de semilla"

LITERATURA CITADA

1. Barata C. y M. J. Carena (2006) Classification of North Dakota maize inbred lines into heterotic groups based on molecular and testcross data. *Euphytica* 151: 201-208.
2. Griffing B. (1956) Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Austr. J. Biol. Sci.* 9:463-493.
3. Nepir G., D. Wegary and H. Zeleke (2015) Heterosis and combining ability of highland quality protein maize inbred lines. *Maydica* 60: 1-12.
4. Robinson, H. F. and R. H. Moll (1965) Procedimientos útiles para mejorar el comportamiento de cruces intervarietales. *Fitotecnia Latinoamericana* 2 (1-2):29-56.
5. Rodríguez F., G. Alvarado, A. Pacheco, J. Burgueño y J. Crossa (2015) AGD – R (Analysis of genetic designs with R for Windows) versión 5.0 (2015-08-28). <https://hdl.handle.net/11529/2020>. CIMMYT Research Data & Software Repository. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), El Batán, Estado de México, México.
6. Vasal S. K., G. Srinivasan, A. N. Vergara y F. González (1995) Heterosis y aptitud combinatoria en germoplasma de maíz de valles altos. *Rev. Fitotec. Mex.* 18 (2): 123-139.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

DOSIS DE RADIACIÓN GAMMA Y SU RELACIÓN CON LA SUPERVIVENCIA DE PLÁNTULAS EN VARIETADES DE SORGO (*Sorghum bicolor* Moench)

Ma. Eugenia Cisneros López¹, Eulogio de la Cruz Torres² y Ulises Aranda Lara¹

Campo Experimental Río Bravo, Tamaulipas. Río Bravo, Tamaulipas-INIFAP¹; Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares² Carretera México Toluca-La Marquesa s/n, Ocoyoacac, Estado de México.

cisneros.maria@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Sorgo, Radiación Gamma, Plántulas

INTRODUCCIÓN

Debido a que el sorgo no es originario de México su variabilidad genética es limitada. Algunos genotipos de sorgo grano blanco han sido introducidos desde el Instituto Internacional de Investigación de Cultivos para los Trópicos Semiáridos (ICRISAT) en India (Mendoza *et al.*, 2017). Por lo tanto, la inducción de mutaciones es una alternativa para generar variabilidad genética no presente en una población (Antúnez *et al.*, 2017), o para obtener genotipos que pueden emplearse como progenitores en programas de fitomejoramiento, al producir nuevas combinaciones genéticas o al incrementar la variabilidad en una población (Al-Salhi *et al.*, 2004). Los mutágenos pueden ser físicos y químicos. Entre los agentes mutagénicos físicos está el ⁶⁰Co o radiación gama, el cual se ha empleado en sorgo para inducir variabilidad (Soeranto y Sihono, 2013). El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de la dosis de irradiación gama en plántulas de sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La semilla de sorgo (20 gramos) se irradió con ⁶⁰Co, usando cinco dosis y un testigo: 0, 100, 200, 300, 400 y 500 Gy (Soeranto y Sihono, 2013) de las variedades de sorgo grano blanco: Blanco-86, Fortuna, Istmeño, Mazatlán-16, Pacificio-301 y Sureño, en el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares el 25/10/2018. El experimento de campo se estableció bajo riego, el 06/08/2019 en el Campo Experimental Río Bravo del INIFAP. El manejo agronómico fue conforme al paquete tecnológico del INIFAP para la región. La parcela útil fueron dos surcos de 5 m x 0.80 m. El diseño fue bloques completos al azar con tres repeticiones. Se midió porcentaje de supervivencia (número de plantas/parcela) a los 30 días después de la siembra. El análisis de varianza se realizó de dos formas: a) para medir el efecto de la dosis de irradiación (DR=6), del genotipo (G=6) e interacción (G x DR) en un arreglo factorial y b) por genotipo en forma independiente para conocer la dosis específica. El ANAVA se hizo con PROC GLM, y prueba de medias con Tukey ($p < 0.05$), con el paquete estadístico SAS versión 9.3.1. La tasa de supervivencia se calculó por medio de regresiones con los datos promedio por genotipo por cada nivel de radiación, utilizando el programa Excel.

RESULTADOS Y DISCUSION

Wanga *et al.*, 2020, reporta que la dosis de irradiación (DR) es el factor que más influye en la supervivencia de las plántulas de sorgo con 91 % de la variación. En este experimento el análisis de varianza mostró que la dosis de irradiación contribuyó significativamente ($P \leq 0.001$) a explicar el 84.7 % de la variación, el genotipo (12.3 %) y en menor medida ($P \leq 0.01$) la interacción G x DR (3 %). Hubo diferencias significativas entre genotipos ($P \leq 0.05$); en la supervivencia de plántulas, las cuales fueron afectadas significativamente por las dosis de irradiación (Cuadro 1). Las variedades más tolerantes fueron Sureño, Pacificio-101, Fortuna, Mazatlán-16, porque aún con dosis de 500 Gy hay un porcentaje de plántulas que sobreviven. Mientras que la variedad Blanco-86 e Istmeño solo toleran un rango entre 100 a 300 Gy. Estos intervalos de dosis se pueden utilizar para determinar las dosis óptimas de irradiación para fines de mejoramiento genético. La atención debe centrarse en la población derivada de la dosis dentro del intervalo, por cada genotipo. Es importante considerar la mutagénesis como una estrategia para inducir variabilidad, tomando en consideración que se deben hacer estudios previos para evaluar el efecto de la dosis en una población o genotipo determinado. En comparación con los resultados aquí observados (Figura 1), Soeranto y Sihono,

2013 reportaron en sorgo a dosis de 550 y 990 Gy una tasa de supervivencia de plántulas del 1 a 19 %. Antúnez *et al.* (2017) estudiaron el efecto de la dosis de rayos gamma con ⁶⁰Co en semillas de *Physalis peruviana* L., los datos muestran que la tasa de supervivencia en plántulas con 15 dosis desde 5 a 275 Gy, la población se mantiene constante entre 70 % a 80 %, sin embargo, la dosis incrementa de 300 a 350, la respuesta es del 45 % y 25 % respectivamente.

Cuadro 1. Datos promedio de supervivencia de plántulas entre variedades de sorgo.

| Gy | Sureño | Pacífico-101 | Blanco-86 | Fortuna | Mazatlán-16 | Istmeño | media |
|-------|--------|--------------|-----------|---------|-------------|---------|-------|
| | | | (%) | | | | |
| 0 | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 a | 100 A |
| 100 | 98 a | 59 b | 43 b | 57 b | 51 b | 89 ab | 66 B |
| 200 | 38 b | 48 ab | 34 bc | 43 bc | 26 c | 63 b | 42 C |
| 300 | 18 c | 45 ab | 9 c | 17 c | 23 c | 34 c | 25 D |
| 400 | 9 d | 23 c | 0 c | 9 c | 21 c | 0 d | 10 E |
| 500 | 11 d | 9 c | 0 c | 9 c | 5 d | 0 d | 6 E |
| media | 35 A | 37 A | 17C | 27 AB | 25 BC | 37 A | |

Gy: Nivel de irradiación. Datos con la misma letra dentro de cada columna son iguales según Tukey, (p<0.05). Nota: el promedio por genotipo corresponde a datos sin el testigo, solo material irradiado.

La tasa de supervivencia también fue diferente entre las variedades de sorgo blanco, como se observa en la Figura 1. Los resultados mostraron que hay una tendencia inversamente proporcional entre la dosis de irradiación y la supervivencia de plántulas, es decir a menor dosis mayor número de plántulas.

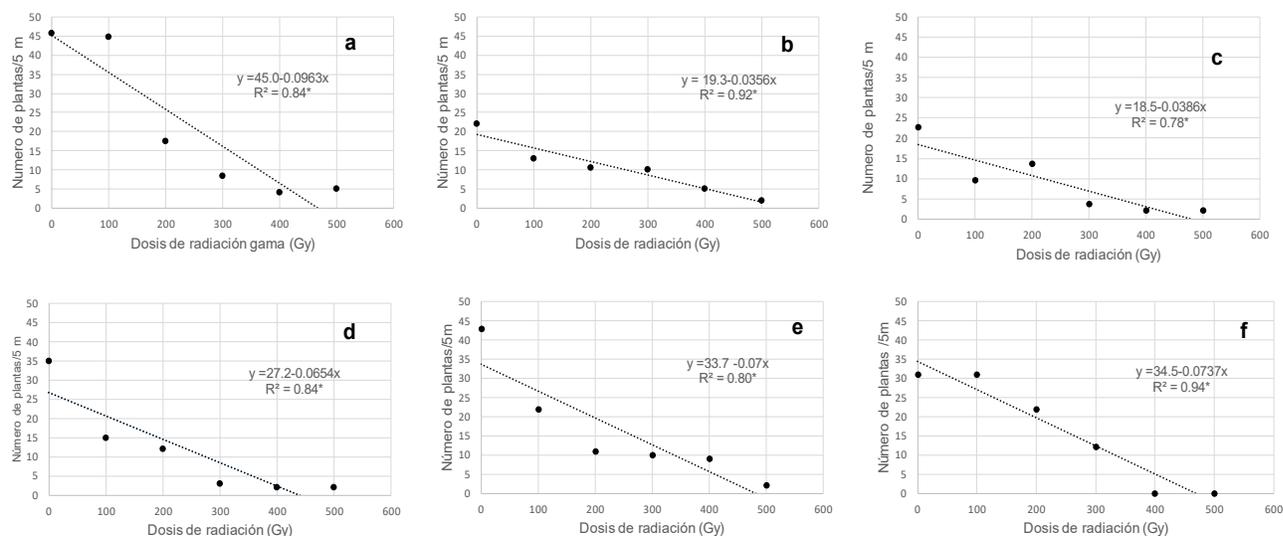


Figura 1. Tasa de supervivencia de plántulas en variedades de sorgo grano blanco. Respuesta de las variedades: a) Sureño, b) Pacífico-101, c) Fortuna, d) Blanco-86, e) Mazatlán-16 y f) Istmeño.

La variedad que experimentó una menor tasa de mortalidad fue Sureño (Figura 1). Soeranto y Sihono (2013), reportaron en sorgo que el modelo que mejor explica la relación entre estas dos variables fue de tendencia logarítmica. Wanga et al., 2020, en ensayos realizados en campo también encontró una relación lineal utilizando seis dosis desde 100 a 600 Gy. Una posible explicación a estas diferencias, puede ser atribuida al método de siembra. En este experimento la prueba se hizo en campo, lo cual implica que la semilla está expuesta a los cambios ambientales del suelo, como humedad y temperatura durante la germinación y emergencia de la plántula, también está expuesta a plagas y enfermedades. Mientras que en otros ensayos se hace en charolas (Soeranto y Sihono, 2013; Antúnez et al., 2017).

CONCLUSIÓN

El análisis de varianza mostró que la dosis de irradiación contribuyó significativamente ($P \leq 0.001$) a explicar el 84 % de la variación, el genotipo (12.3 %) y en menor medida ($P \leq 0.01$) la interacción G x DR (3 %). En

promedio las dosis con mayor mortalidad fueron entre 400 y 500 Gy. La variedad con mayor mortalidad promedio fue Blanco-86 e Istmeño con 17 %. En todas las variedades, la relación entre dosis de irradiación y tasa de mortalidad se ajusta a un modelo lineal, a mayor dosis menor supervivencia de las plántulas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al proyecto SIGI: 10403734893 “Obtención de híbridos o variedades de sorgo grano para las regiones productoras de México.”

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Al-Salhi M., Ghannam MM, Al-Ayed MS, El-Kameesy SU, and Roshdy S. 2004. Effect of gamma irradiation on the biophysical and morphological properties of corn. *Nahrung* 48: 95–98.
2. Antúnez-Ocampo O, Cruz-Izquierdo S, Sandoval-Villa M. Santa Cruz, VA, Mendoza-Onofre, LE, de la Cruz-Torres E y Peña-Lomelí A. 2017. Variabilidad inducida en caracteres fisiológicos de *Physalis* peruviana L. mediante rayos gamma ^{60}Co aplicados a la semilla. *Rev. Fitotec. Mex.* 40: 211-218.
3. Mendoza-Onofre LE, Cisneros-López ME, Galicia-Juárez M y Hernández-Martínez M. 2017. Líneas mantenedoras (Líneas B) y restauradoras (Líneas R) de sorgo granífero adaptadas a los valles altos centrales de México. 2017. *Rev. Fitotec. Mex.* 40: 107 – 110.
4. Soeranto H and Sihono P. 2013. Application of mutation techniques in sorghum breeding for improved drought tolerance. Center for the Application of Isotope and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency (BATAN), Jl. Cinere Pasar Jumat, Jakarta, Indonesia. 35-43 p.
5. Wanga MA, Shimelis, H, Horn LN and Sarsu, F. 2020. The Effect of single and combined use of gamma radiation and ethylmethane sulfonate on early growth parameters in sorghum. *Plants*. 9: 1-16; doi:10.3390/plants9070827.

Sección: Recursos Genéticos y Mejoramiento.

VALIDACIÓN DE LA VARIEDAD ISABEL ORO C2018 EN EL NOROESTE DE MÉXICO

Jorge Iván Alvarado Padilla^{1§}, Huizar Leonardo Díaz Ceniceros², Gabriela Chávez Villalba², René Hortelano Santa Rosa⁴, Yara Nohemí Vargas Ruvalcaba¹, Julio Huerta Espino⁴, Elizabeth García León³, Héctor Eduardo Villaseñor Mir⁴, Eliel Martínez Cruz⁴ y Alberto Borbón Gracia².

¹Campo Experimental Valle de Mexicali - INIFAP, ²Campo Experimental Norman E. Borlaug – INIFAP, ³Campo Experimental Valle del Fuerte – INIFAP y ⁴Campo Experimental Valle de México - INIFAP

(alvarado.jorge@inifap.gob.mx)

Palabras Clave: *Triticum durum*, Rendimiento de grano, Calidad

Introducción

En la región noroeste de México, la producción de trigo cristalino (*Triticum durum* Desf) es la que más predomina (SIAP, 2021); en el Valle de Mexicali y Norte de Sonora, la calidad industrial del grano es un parámetro que se reconoce y mejora el precio al momento de la comercialización. En esta región triguera la incidencia de roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*), se ha presentado de manera esporádica en variedades de trigo duro susceptibles. Esta enfermedad en otras regiones trigueras ha causado serios problemas de resistencia como es el caso de la raza BBG/BNG que en el año 2001 venció la resistencia de la variedad Altar C84, en 2008 las razas BBG/BPC y CBG/BPC afectaron las variedades Júpare C2001, Samayoa C2004 y Banámichi C2004 (Huerta *et al.*, 2009), y en el año 2016 la raza BBG/BPC que venció la resistencia de CIRNO C2008 (Pérez *et al.*, 2017). Por otra parte, en el noroeste de México la disponibilidad del agua de riego para el cultivo es otro factor restrictivo en la producción (Salazar *et al.*, 2012), que en los últimos años ha limitado la siembra de la superficie potencial para el cultivo de trigo. Considerando estos dos factores, el objetivo del presente trabajo fue validar el rendimiento y calidad de grano de la variedad Isabel Oro C2018 bajo condiciones del Valle de Mexicali.

Materiales y Métodos

La variedad Isabel Oro C2018 se validó y comparó junto con las variedades CIRNO C2008 y Baroyeca Oro C2013, en el Valle de Mexicali durante el ciclo agrícola 2020/2021, en dos terrenos de productores innovadores. En cada lugar la siembra se realizó durante el mes de diciembre de 2020, el manejo agronómico del cultivo en cada predio se realizó de acuerdo a las recomendaciones del INIFAP y la cosecha se realizó durante el mes de mayo de 2021. En estos sitios se validó el rendimiento de grano, proteína en grano, peso de mil granos y color de sémola.

Resultados y Discusiones

En el Cuadro 1 se presenta el rendimiento de grano y la calidad industrial de Isabel Oro C2018 y las dos variedades testigo, en donde se observa que el rendimiento de grano de Isabel Oro C2018 fué similar a la variedad CIRNO C2008, pero superior a la variedad Baroyeca Oro C2013. Con respecto al peso de mil granos y color de sémola Isabel Oro C2018 superó a los dos testigos. En este ciclo agrícola no se presentaron enfermedades, sin embargo Alvarado *et al.*, 2021 reporta que Isabel Oro C2018 posee resistencia a las razas de roya de la hoja que prevalecen en las áreas productoras de trigo en el noroeste de México, situación que en la actualidad es un problema en Cirno C2008.

En la Figura 1 se presenta el comportamiento del rendimiento de grano de Isabel Oro C2018 y las dos variedades testigo, en donde se observa que esta variedad igualó a CIRNO C2008 y superó con 5% a Baroyeca Oro C2013. La información presentada en la Figura 1 toma mayor importancia, cuando se confirma que con las siembras de Isabel Oro C2018 puede generar proteína en grano sin modificar la fertilización nitrogenada.

Cuadro 1. Rendimiento de grano y calidad Isabel Oro C2018 y variedades testigo bajo condiciones del Valle de Mexicali, O-I/2020-2021.

| Variedades | Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹) | Peso de mil granos (g) | Color de sémola (B minolta) |
|--------------------|---|------------------------|-----------------------------|
| ISABEL ORO C2018 | 7533 | 57.3 | 26.17 |
| CIRNO C2008 | 7537 | 55.2 | 21.03 |
| BAROYECA ORO C2013 | 7156 | 47.3 | 25.67 |

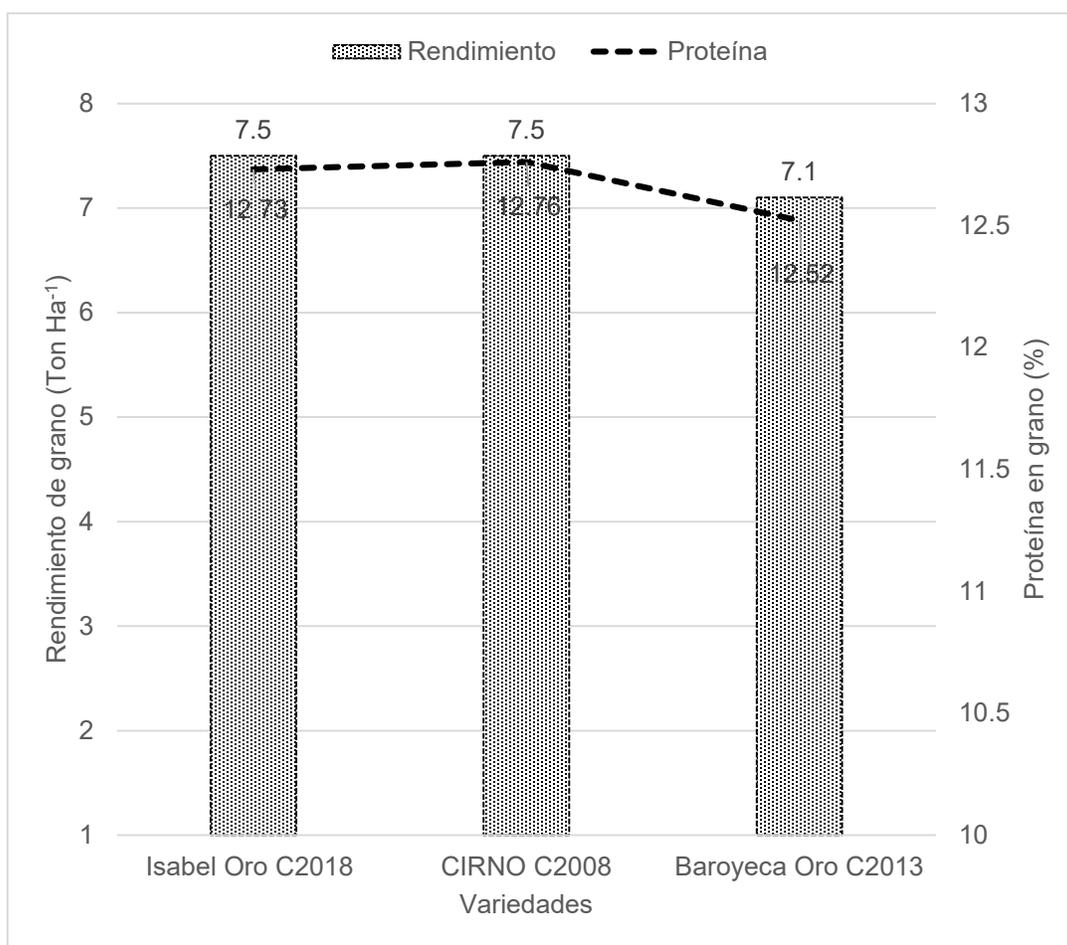


Figura 1. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) de Isabel Oro C2018 y testigos en el Valle de Mexicali, O-I/2020-2021.

Conclusiones

La validación de la variedad Isabel Oro C2018 en el Valle de Mexicali y norte de Sonora, confirma que es una variedad de trigo cristalino que superó la calidad industrial de los testigos y que sería una buena opción para mejorar el color de sémola en la región.

Agradecimientos y Fuente financiera

Los resultados son parte del proyecto fiscal "ISABEL ORO C2018 NUEVA VARIEDAD DE TRIGO CRISTALINO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO", con número SIGI 1923445068

Referencias Bibliográficas

- Alvarado P. J. I., Chávez V. G., Ammar K., Santa Rosa R. H., Huerta E. J., Martínez C. E., Borbón G. A, Villaseñor M. H. E., Rodríguez G. M. F. y Vargas R. Y. N. ISABEL ORO C2018: NUEVA VARIEDAD DE TRIGO CRISTALINO (*Triticum durum* Desf.) PARA EL NOROESTE DE MÉXICO. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 44 (1): 119 – 121.
- Huerta E. J., Singh R. P., Herrera F. S. A., Pérez L. J. B. and Figueroa L. P. (2009) First detection of virulence in *Puccinia triticina* to resistance genes *Lr27 + Lr31* present in durum wheat in Mexico. *Plant Disease* 93:110, <https://doi.org/10.1094/PDIS-93-1-0110C>
- Pérez L. J. B., García L. E., Villaseñor M. H. E., Singh R. P. y Ammar K. (2017) Desarrollo de la epifitía de roya de la hoja causada por *Puccinia triticina* E. en la variedad de trigo cristalino Cirno C2008 durante el ciclo otoño-invierno 2016-2017 en el Bajo Río Mayo, Sonora. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35(Supl, 2017): S39.
- Salazar A. A., Moreno V. J. L. y Lutz L. A. N (2012) Agricultura y manejo sustentable del acuífero de la Costa de Hermosillo. *Región y Sociedad* 24:155-179, <https://doi.org/10.22198/rys.2012.3.a411>
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2021) Boletín mensual de producción. Trigo. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/537083/Boletin_avance_produccion_trigo_enero_2021.pdf (Julio 2021).

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento.

CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL DE UNA COLECTA DE PARIENTES SILVESTRES DE FRIJOL EN LA REGIÓN DEL BAJÍO, MÉXICO

José Luis Anaya López¹, Martín Quintana Camargo², Elizabeth Chiquito Almanza¹, Jorge A. Acosta Gallegos³, Fabián Francisco Calvillo Aguilar^{2*}

¹Programa de Biotecnología, INIFAP-CEBAJ; ²Laboratorio Agrícola Forestal, INIFAP-CENID-CNRG; ³Programa de frijol y garbanzo, INIFAP-CEBAJ

calvillo.francisco@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Phaseolus*, ecogeografía, silvestre

INTRODUCCIÓN

La caracterización ambiental de los sitios donde es recolectada una especie, es la primera aproximación en la comprensión de los rasgos hereditarios útiles en el aprovechamiento de los recursos genéticos (Maxted *et al.*, 2013). Bajo este contexto, la conservación y caracterización de parientes silvestres de cultivos prioritarios como el frijol, puede proveer de caracteres genéticos importantes, como la tolerancia a estrés abiótico, y resistencia a plagas y enfermedades (Porch *et al.*, 2013). Mediante el uso de sistemas de información geográfica y las coordenadas obtenidas en las expediciones de recolecta de germoplasma, se realizan estudios ecogeográficos que complementen las observaciones en campo. El presente análisis consistió en la caracterización de los elementos agroclimáticos y fisiográficos, de los sitios de recolecta de parientes silvestres de frijol, *Phaseolus* spp., muestreados en el año 2019 en la región del Bajío, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

La expedición de recolecta se realizó en el año 2019 en México, en las regiones noreste del estado de Michoacán, centro sur de Guanajuato y centro sureste de Querétaro. En cada sitio se recolectaron vainas en etapa de madurez fisiológica, asignándoles un código y registro de coordenadas geográficas tomadas con equipo GPS (Garmin eTrex Venture HC). Posteriormente, las semillas fueron enviadas al CNRG para su caracterización, preservación e incremento.

La caracterización ambiental se realizó determinando los valores ambientales, para cada una de las coordenadas geográficas de las muestras recolectadas en campo. Con apoyo del software QGIS 3.16.9, los datos se extrajeron utilizando geoprocésamiento y muestro de puntos, apilando las capas ambientales vectoriales de unidades climáticas, edafología y provincias fisiográficas disponibles en INEGI (2021); capas ambientales tipo ráster de altitud (Jarvis *et al.*, 2008), radiación solar global (WorldClim database), y capas generadas de temperatura y precipitación. Las capas tipo ráster de temperatura y precipitación se generaron mediante un proceso de interpolación IDW (ponderación de distancia inversa), utilizando los valores medios anuales de 146 estaciones meteorológicas (SMN, 2021), seleccionadas como dentro del área de influencia de los sitios de muestreo utilizando los siguientes criterios; localización geográfica menor o igual a 50 km del sitio de muestreo más cercano, periodo de datos 1981-2010, y con estado "Operando".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La expedición obtuvo un total de 55 muestras, distribuidas en tres entidades federativas, 26 muestras recolectadas en el estado de Guanajuato, 20 en Michoacán y 9 en Querétaro; de las que se identificaron seis especies, siendo *P. vulgaris* la más representada con 34 muestras, *P. maculatus*, y *P. acutifolius* las menos presentes con solo una muestra cada una. Respecto a la caracterización ambiental, las unidades climáticas fueron tres, Templado subhúmedo, Semiseo templado y Semiseo semicálido con 47, 5 y 3 muestras respectivamente (Figura 9a). En el aspecto edafológico, 50 muestras (33 de *P. vulgaris*) se encontraron sobre suelos tipo vertisol, cuatro sobre feozem y solo una muestra en litosol (Figura 9b), esto es explicable por el sistema de topografías, donde el bajío y las llanuras funcionan como sitio de depositación de las elevaciones circundantes, en este sentido, las muestras se distribuyeron en cinco provincias fisiográficas, principalmente Sierras y Bajíos Michoacanos con 34 muestras.

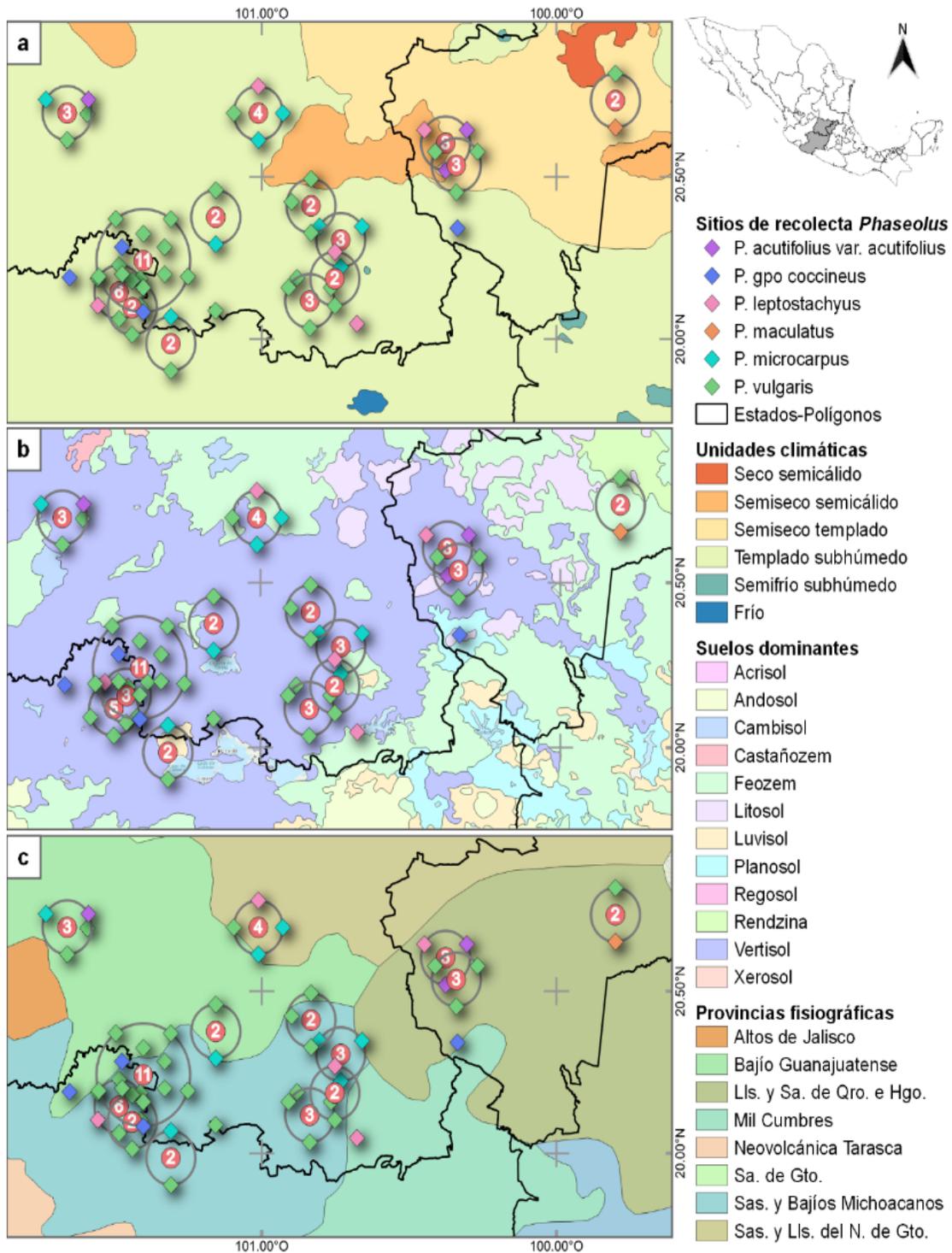


Figura 9. Distribución geográfica de los sitios de recolecta de *Phaseolus* spp., mostrando la unidad climática, tipo de suelo dominante y provincia biogeografía correspondiente.

Respecto a las variables ambientales, solo altitud y precipitación mostraron un rango de variación mayor al 10% de la media; precipitación media anual con rangos entre 467.6 a 862.2 mm, temperatura media anual entre 16.8 y 19.1 °C, altitud entre 1687 a 2636 m, y radiación solar entre 18,332.3 a 18,549 KJ. A nivel de especies, sobresale *P. gpo coccineus* con una muestra a más de 2600 msnm, y *P. maculatus* con la menor

temperatura media anual (16.8 °C) y precipitación media anual (467.6 mm), sin embargo, como puede observarse la Figura 10, *P. maculatus* cuenta con una sola muestra y al extremo noreste de la región explorada.

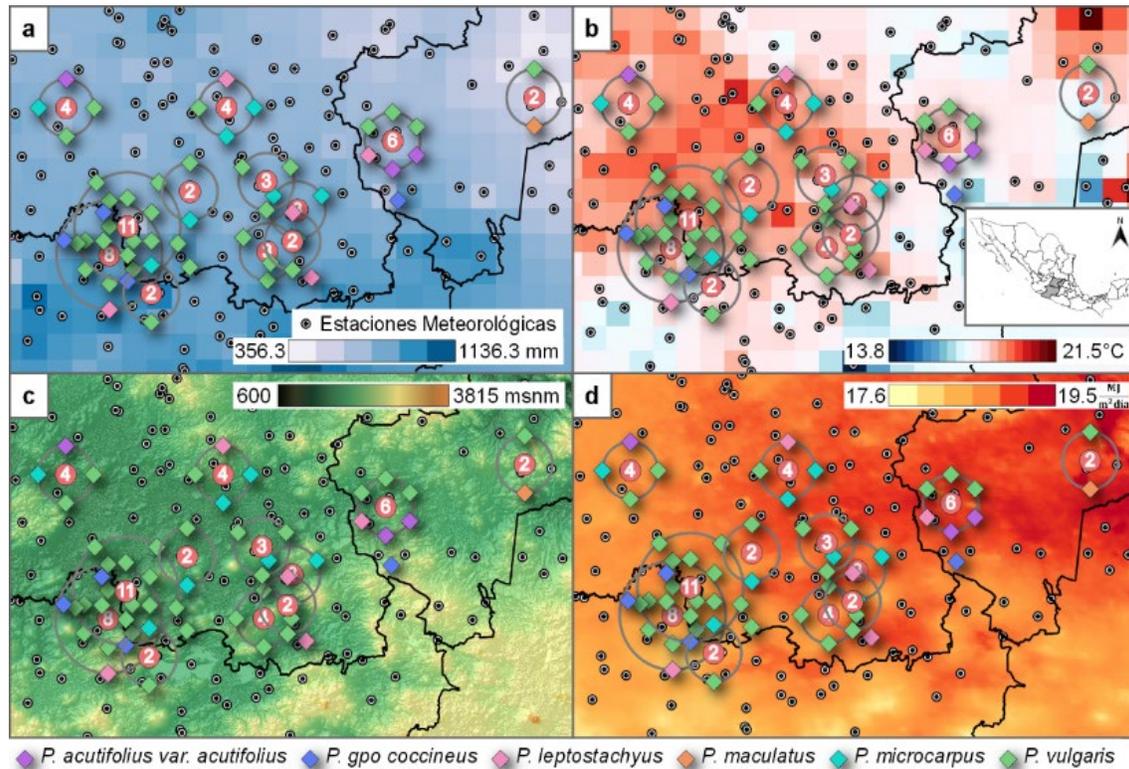


Figura 10. Distribución geográfica de los sitios de recolecta de *Phaseolus* spp. y estaciones meteorológicas utilizadas, sobre las capas de precipitación media anual (a), temperatura media anual (b), altitud (c) y radiación solar global en MJ m⁻²día⁻¹ (d).

CONCLUSIONES

Se realizó la caracterización ambiental de 55 sitios de muestreo de parientes silvestres de *Phaseolus* spp. destacando la presencia de *P. vulgaris* en toda la región, así como de suelos tipo vertisol, clima Templado subhúmedo y una especie, *P. maculatus*, fuera de las medias globales.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Agradecimiento expreso al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por el financiamiento al proyecto fiscal “Conservación *ex situ* de parientes silvestres de maíz y frijol de la región del Bajío y el estado de Oaxaca” con número SIGI: 1244134906.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. INEGI. 2021. Biblioteca digital de Mapas. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
2. Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2008, Hole-filled seamless SRTM data V4, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT). Disponible en: <https://srtm.csi.cgiar.org>
3. Maxted N., Magos B.J. & Kell S. 2013. Resource book for preparation of national conservation plans for crop wild relatives and landraces. University of Birmingham. United Kingdom.

4. Poch, T.G., Beaver, J.S., Debouck, D.G., Jackson, S.A., Kelly, J.D., Dempewolf, H. 2013. Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. *Agronomy*. 3(2):433-461.
5. SMN. 2021. Normales climatológicas por estado. Servicio Meteorológico Nacional. México. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/informacion-climatologica/informacion-estadistica-climatologica>

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DE GRANO DE CRUZAS TRILINEALES COMBINANDO DOS PATRONES HETEROTICOS DE MAÍZ

José Luis Ramírez Díaz^{1*}, Ivone Alemán de la Torre¹, Edgardo Bautista Ramírez¹, Alejandro Ledesma Miramontes¹, Yolanda Salinas Moreno¹, y Víctor Antonio Vidal Martínez¹

¹Programa de Maíz. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro - INIFAP. Parque Los Colomos S/N, Colonia Providencia. 44660 Guadalajara, Jalisco México.

*ramirez.joseluis@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Zea mays* L., hibridación, heterosis.

INTRODUCCIÓN

Las cruzas trilineales de maíz continúan demandándose porque su producción es más rentable que el de las cruzas simples y permite ofrecer híbridos al productor a menor costo. Sin embargo, su formación y evaluación representa un problema práctico y económico para el mejorador, debido al número de cruzas posibles que se forman cuando el número de líneas a evaluar es mayor que ocho. Para resolver este problema, Jenkins (1934) propuso cuatro métodos para predecir el rendimiento de grano de cruzas trilineales y dobles a partir de cruzas simples, los cuales se ha perfeccionado usando sólo líneas con alta aptitud combinatoria (Katragadda *et al.*, 2020; Melchinger *et al.*, 1987). También, en forma práctica, los mejoradores forman cruzas trilineales con uno o más probadores reconocidos de crusa simple, los que combinan con líneas que desean evaluar. Pero, algunas veces, no tienen el resultado esperado porque se desconoce la combinación de las líneas con los componentes de la crusa. Una opción para mejorar la estimación de las cruzas trilineales, sería seleccionar líneas con alta aptitud combinatoria de un patrón heterótico conocido, A y B, y una o más líneas de otro par heterótico, que contraste en diversidad genética con A y B, para utilizarse como componente de las cruzas simples o machos potenciales de las cruzas simples A x B de las cruzas trilineales. Esta investigación tuvo como objetivo generar una metodología para predecir el rendimiento de grano de cruzas trilineales a partir de cruzas simples formadas con líneas de los patrones heteróticos de maíz subtropical de grano amarillo LPC1A x LB18A y una línea seleccionada del patrón heterótico B-39A x B-40A.

MATERIALES MÉTODOS

Se utilizaron seis líneas subtropicales de maíz de grano amarillo, cinco pertenecientes al patrón heterótico LPC1A x LB18A, dos líneas de LPC1A (A1 y A2) y tres de LB-18A (B1, B2 y B3), y la línea B-40A-36 (C1) que corresponde al patrón heterótico B-39A x B-40A. Las líneas tienen un nivel de endogamia S_3 , excepto B3 que es S_2 , todas fueron seleccionadas por aptitud combinatoria general (ACG) dentro de su respectivo patrón heterótico. Las cruzas simples se formaron con base en el Diseño Genético II de Carolina del Norte y adicionalmente se hicieron los cruzamientos A1 x C1 y A2 x C1. El número total de cruzas simples (NTCS) generados en este esquema son 11 y se calcula con la ecuación $NTCS = AiBi + Ci(Ai + Bi)$, donde $i = 1, \dots, n$ (Cuadro 1). El número de cruzas trilineales posibles (CTP) generadas son 18 y se calculan con la ecuación $CTP = 3(AiBiCi)$, donde $i = 1, \dots, n$. (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Progenitores y esquema de cruzamientos del material experimental.

| Progenitores | | B1 | B2 | B3 | A1 | A2 |
|--------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Genealogía | LB18A-14 | LB18A-48 | LB18A-59 | LPC1A-52 | LPC1A-40 |
| A1 | LPC1A-52 | A1 x B1 | A1 x B2 | A1 x B3 | | |
| A2 | LPC1A-40 | A2 x B1 | A2 x B2 | A2 x B3 | | |
| C1 | B-40A-36 | C1 x B1 | C1 x B2 | C1 x B3 | C1 x A1 | C1 x A2 |

Las cruzas simples se formaron en el ciclo de Primavera-Verano (PV) 2018 en el Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco, Tepatitlán, Jal. (CECAJAL), con polinización controlada. Las cruzas

y el híbrido trilineal H-392 se evaluaron, en el ciclo PV 2019, en temporal, en el CECAJAL y en San Miguel Cuyutlán, municipio de Tlajomulco, Jal., ambas localidades se ubican a 1,930 y 1,565 m de altitud, respectivamente. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de parcela, un surco de 4.0 m distanciado a 0.80 m con 25 plantas cada uno, equivalente a la densidad de 78 mil plantas ha⁻¹. Se tomaron datos de rendimiento de grano ha⁻¹ (REND) en peso seco (0 % de humedad), porcentaje de humedad del grano (HUM), altura de planta (AP) y mazorca (AM), porcentaje de acame de raíz (AR), tallo (AT), plantas horras (PPHO) y plantas con carbón común (PPCC). Se hizo análisis estadístico de todas las variables combinando localidades. Se estimaron valores de aptitud combinatoria general (ACG) de las líneas, pero no se hizo el análisis estadístico de éstos.

La predicción de las cruza trilineales se estimó con el promedio de rendimiento de las cruza que se forman entre el macho y los progenitores de la cruza simple hembra. Asumir la cruza C1 x (A1 x B1), el valor predicho de la cruza trilineal estaría dado por el promedio de las cruza [(C1 x A1) + (C1 x B1)]/2 (Falconer, 1989), en este cálculo se consideran sólo efectos aditivos, por lo que, la predicción puede tener desviaciones por efectos epistáticos (Melchinger *et al.*, 1987).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el factor ambientes en casi todas las variables, excepto AR, AM y PPCC. En variedades, las diferencias fueron significativas ($P \leq 0.05$) en HUM, AR, AP, AM y PPHO, y en la interacción variedad x ambiente sólo hubo significancia ($P \leq 0.05$) en el PPHO (Datos no presentados). Para cubrir el objetivo del trabajo, sólo se discutirá la predicción del rendimiento de las cruza trilineales. Se calculó rendimiento grano predicho (RENDP) de las cruza trilineales con los valores de rendimiento de las cruza que éstas generan (Cuadro 2) Por ejemplo. La cruza A1 x (B1 x C1), genera las cruza A1 x B1 y A1 x C1, el promedio de ambas cruza, $(6,040 + 7,204) / 2 = 6,622$, que equivale al RENDP (Cuadros 1, 2 y 3).

Cuadro 2. Rendimiento de grano (kg ha⁻¹) en función del tipo de cruza. Promedio de dos ambientes.

| Progenitor | | B1 | B2 | B3 | A1 | A2 |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | Genealogía | LB18A-14 | LB18A-48 | LB18A-59 | LPC1A-52 | LPC1A-40 |
| A1 | LPC1A-52 | 6040 | 7567 | 6761 | | |
| A2 | LPC1A-40 | 6684 | 6034 | 6208 | | |
| C1 | B-40A-36 | 7171 | 7122 | 7274 | 7204 | 5731 |

Cuadro 3. Rendimiento de grano predicho (kg ha⁻¹) de las cruza trilineales posibles.

| Cruza | Cruzas generadas | | | RENDP | Cruza | Cruzas generadas | | | RENDP |
|----------------|------------------|---------|--|-------|----------------|------------------|---------|--|-------|
| A1 X (B1X C1) | A1 X B1 | A1 X C1 | | 6622 | B3 X (C1 X A1) | B3 X C1 | B3 X A1 | | 7018 |
| A1 X (B2 X C1) | A1 X B2 | A1 X C1 | | 7386 | B3 X (C1 X A2) | B3 X C1 | B3 X A2 | | 6741 |
| A1 X (B3 X C1) | A1 X B3 | A1 X C1 | | 6983 | C1 X (A1 X B1) | C1 X A1 | C1 X B1 | | 7188 |
| A2 X (B1 X C1) | A2 X B1 | A2 X C1 | | 6208 | C1 X (A1 X B2) | C1 X A1 | C1 X B2 | | 7163 |
| A2 X (B2 X C1) | A2 X B2 | A2 X C1 | | 5883 | C1 X (A1 X B3) | C1 X A1 | C1 X B3 | | 7239 |
| A2 X (B3 X C1) | A2 X B3 | A2 X C1 | | 5970 | C1 X (A2 X B1) | C1 X A2 | C1 X B1 | | 6451 |
| B1 X (C1 X A1) | B1 X C1 | B1 X A1 | | 6606 | C1 X (A2 X B2) | C1 X A2 | C1 X B2 | | 6427 |
| B1 X (C1 X A2) | B1 X C1 | B1 X A2 | | 6928 | C1 X (A2 X B3) | C1 X A2 | C1 X B3 | | 6503 |
| B2 X (C1 X A1) | B2 X C1 | B2 X A1 | | 7345 | | | | | |
| B2 X (C1 X A2) | B2 X C1 | B2 X A2 | | 6578 | | | | | |

Hubo seis cruzas trilineales cuyo RENDP osciló entre 7,018 y 7,386 kg ha⁻¹, valores que son similares al de las mejores cruzas simples, excepto al de A1 x B2 (7,567 kg ha⁻¹) (Cuadros 2 y 3). Asimismo, el RENDP de estas cruzas fueron similares al obtenido en la craza trilineal testigo H-392 (7,279 kg ha⁻¹) (Datos no presentados). De las seis cruzas trilineales con RENDP más alto, las de mayor interés son A1 x (B2 x C1), B2 x (C1 x A1), B3 x (C1 x A1), y C1 x (A1 x B2) porque tanto la craza simple hembra como trilineal tienen rendimiento alto, mientras que las cruzas C1 x (A1 x B1) y C1 x (A1 x B3) tienen RENDP alto, pero, la craza simple hembra tiene menor rendimiento y producirían menos semilla. Pero, aún falta formar y evaluar las cruzas a través de ambientes para la validar la metodología y selección de las cruzas.

El RENDP más alto de las cruzas trilineales estuvo asociado con valores más altos de aptitud combinatoria general (ACG) (Cuadro 4), lo cual coincide con lo señalado por Katragadda *et al.* (2020) y Melchinger *et al.* (1986). Las líneas que sobresalieron por su ACG para rendimiento y caracteres agronómicos fueron: LPC1A-52, B-40A-36 y LB18A-48. La línea B-40A-36 combinó mejor en rendimiento con las líneas derivadas de LB-18A que con las de la población LPC1A. Asimismo, es importante señalar que en los híbridos trilineales con RENDP alto en donde participa la línea LB18A-59 deben eliminarse por su susceptibilidad al acame de tallo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Aptitud combinatoria general* de líneas participantes en la predicción de cruzas trilineales.

| GENEALOGIA | REND | HUM | AR | AT | AP | AM | PPH | PPCC |
|--|------|------|------|------|-----|-----|------|------|
| (A1) LPC1A-52 | 165 | 0.4 | -0.3 | -2.6 | -10 | -9 | 0.3 | -0.5 |
| (C1) B-40A-36 | 96 | -0.1 | 0.7 | -0.8 | 11 | 10 | -0.1 | -0.1 |
| (A2) LPC1A-40 | -564 | -0.3 | -0.5 | 3.9 | -1 | 1 | 0.6 | 0.8 |
| (B2) LB18A-48 | 180 | -0.1 | -0.5 | -2.8 | -1 | -7 | -1.8 | 0.0 |
| (B3) LB18A-59 | 20 | 0.2 | 0.0 | 5.0 | -4 | -2 | -1.4 | 0.2 |
| (B1) LB18A-14 | -96 | -0.1 | 0.8 | -1.3 | 5 | 4 | 0.7 | -0.3 |
| (C1) B-40A-36 con LB18A | 461 | -0.1 | 1.0 | -1.7 | 15 | 10 | -1.2 | -0.3 |
| (C1) B-40A-36 con LPC1A | -261 | -0.1 | -0.5 | -1.4 | 0 | 6 | 3.6 | 0.1 |
| Media general de cruzas experimentales | 6728 | 18 | 0.5 | 6.9 | 283 | 134 | 2.6 | 1.5 |

* En la aptitud combinatoria general se estimaron las medias, pero no se hizo el análisis estadístico.

Esta metodología tiene como ventajas: a) reducir el número de cruzas a evaluar y con ello los costos de operación; seis líneas generarían 60 cruzas trilineales posibles; con esta metodología se generaron 18 cruzas trilineales posibles (30 %), b) con el segundo par heterótico, B-40A, se resuelve el problema del probador para formar cruzas trilineales de un patrón heterótico, LPC1A x LB18A, y c) se aprovecha mejor la diversidad genética en los programas de maíz entre y dentro de patrones heteróticos.

CONCLUSIONES

La metodología tiene ventajas respecto a la de evaluar las cruzas trilineales posibles, tanto en número de cruzas evaluadas como en el aprovechamiento de germoplasma, pero necesita validarse para conocer la correlación entre los valores reales y los predichos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del Proyecto Fiscal financiado por el INIFAP. "Formación de híbridos y variedades mejoradas de maíz de grano blanco y amarillo para las zonas subtropical y de transición de México y diversificación de germoplasma".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Falconer, D. S. 1989. Introduction to Quantitative Genetics. Third Edition. Ed. Longman. New York. USA. pp: 285-286.
2. Jenkins, M. T. 1934. Methods of estimating the performance of double crosses in corn. Journal of American Society of Agronomy 26: 199-204.
3. Katragadda S., P. Tekale and S. Dinasarapu. 2020. Identification of potential parental lines for single, three-way and double crosses in maize (*Zea mays* L.). Maydica 65: (2) 1-9.
4. Melchinger, A. E., H. H. Geiger, G. Seitz and G. A. Schmidt. 1987. Optimum prediction of three-way crosses from single crosses in forage maize (*Zea mays* L.). Theoretical and Applied Genetics 74: 339-345. <https://doi.org/10.1007/BF00274716>

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento.

EVALUACIÓN DE CUATRO GENOTIPOS DE CHILE POBLANO BAJO INVERNADERO EN EL SURESTE DE COAHUILA

Arely Hernández Acosta^{1*}, Neymar Camposeco Montejo^{2*}, Alberto Sandoval Rangel¹, Rebeca Betancourt Galindo³.

¹Departamento de Horticultura. ²Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. ³Centro de Investigaciones en Química Aplicada.

ambientalarely@gmail.com*. Neym_33k@hotmail.com*

Palabras clave: Rendimiento, mejoramiento, adaptación

INTRODUCCIÓN

El chile (*Capsicum spp.*) es una hortaliza de gran importancia en México, con centro de origen en América y se cultiva en todo el mundo, ya que tiene usos para producto en fresco, seco y procesado (Dubey *et al.*, 2019). Las especies de chile que más se cultivan son jalapeño, serrano, poblano, guajillo, ancho y mirasol, para el año agrícola 2020 se contó con una superficie sembrada en chile verde poblano de 16, 867.52 hectáreas, obteniendo una producción 420, 498.22 toneladas, de las cuales aproximadamente el 90% se produce a cielo abierto y solo el 10% bajo sistemas protegidos (invernadero, malla sombra y macrotúnel). Los principales estados productores de chile poblano son Zacatecas, Guanajuato y Sinaloa (SIAP, 2020).

La pérdida de la diversidad de este cultivo es un problema ya que genera vulnerabilidad ante los constantes cambios ambientales que se han venido presentado en México y el mundo, de ahí la necesidad de contar con una amplia riqueza genética del cultivo, de manera que se genere la adaptación de estas especies a nuevas condiciones ambientales y sistemas de producción con el fin de extender su área de producción a otras regiones (Aguilar *et al.*, 2010). Es por eso que el objetivo de este proyecto es evaluar el rendimiento y desempeño agronómico de cuatro genotipos de chile poblano provenientes de los estados de Puebla, Jalisco y Zacatecas, en el sureste de Coahuila bajo un sistema protegido.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el ciclo Verano-Otoño, en un invernadero del departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se usaron semillas criollas de cuatro genotipos de chile poblano, estas semillas se colectaron en los estados de Puebla (Genotipo 1 y 2), Zacatecas (Genotipo 3) y Jalisco (Genotipo 4) en 2019, regiones donde tradicionalmente se cultiva.

Cuadro 1. Procedencia de la semilla criolla de los cuatro genotipos evaluados en el sureste de Coahuila

| ID | Color | Municipio | Estado | Coordenadas | msnm |
|----|-------|-----------------------|-----------|------------------------|------|
| G1 | Café | San Martín Texmelucan | Puebla | 19°17'00"N 98°26'00"O | 2300 |
| G2 | Café | San Martín Texmelucan | Puebla | 19°17'00"N 98°26'00"O | 2300 |
| G3 | Rojo | Villa de Cos | Zacatecas | 23°17'42"N 102°20'24"O | 1980 |
| G4 | Café | Tomatlán | Jalisco | 19°56'00"N 105°14'00"O | 50 |

El diseño experimental y el modelo estadístico fue en bloques completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. Se midieron las variables de rendimiento por planta, número de frutos, longitud, ancho en base, parte media y punta del fruto, grosor de pericarpio y profundidad del cáliz, en frutos frescos y secos.

Para las variables de comportamiento agronómico con una cinta métrica se evaluaron largo y ancho de la hoja, altura de planta, altura de la primera bifurcación, y con un vernier digital se midió el grosor de tallo.

Los datos fueron analizados en el programa estadístico InfoStat versión 2019.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ANOVA y prueba de medias (Tukey ≤ 0.05) indicó diferencias en la mayoría de las variables evaluadas, a excepción de peso promedio por fruto, ancho de base y ancho en centro de fruto. En cuanto a rendimiento el genotipo 4 sobresalió con 381.48 gramos por planta cosechados, seguido del genotipo 1 con 379.25 gramos, para número de frutos por planta destacó el genotipo 1 con 5.62, en longitud de fruto resultó superior el genotipo 3 con 17.79 cm y para ancho de punta en fruto destacó el genotipo 4 con 39.11 mm, mientras que en profundidad del cáliz sobresalió el genotipo 1 y 3. En investigaciones realizadas por Zermeño *et al.* (2019), obtuvieron rendimientos de 776.63 gramos, 14.75 frutos por planta, con pesos en fruto de 52.69 gramos y longitud de 9.54 cm, en la producción del híbrido vencedor de Chile poblano. Siendo valores más altos a los obtenidos en esta investigación en cuanto a rendimiento y número de frutos, sin embargo hay que destacar características como el peso por fruto y longitud, al tratarse de semilla criolla.

El genotipo tres obtuvo una mayor altura en plantas con 136.51 cm y para altura de la primera bifurcación sobresalió el genotipo uno con 41.19 centímetros. Gómez *et al.* (2019), reportaron alturas en planta de 91.56 a 98.88 centímetros, en la variedad "ancho Magno". Por lo que son plantas de menor tamaño a las reportadas en esta investigación.

Tabla 1. Varianza y comparación de medias de las variables evaluadas en cuatro genotipos de Chile poblano en el sureste de Coahuila.

| Variables | G1 | G2 | G3 | G4 |
|--------------------------|-----------|-----------|-----------|----------|
| Rendimiento (g/p)* | 379.25 ab | 291.54 b | 308.64 ab | 381.48 a |
| NFP ** | 5.62 a | 3.51 b | 3.66 b | 4.36 b |
| PPF (g) ns | 67.39 a | 87.54 a | 88.61 a | 89.45 a |
| Longitud de fruto (cm) * | 16.86 ab | 16.94 ab | 17.79 a | 16.35 b |
| Ancho de base (mm) ns | 57.41 a | 60.04 a | 59.09 a | 54.58 a |
| Ancho en centro (mm) ns | 54.79 a | 55.49 a | 55.50 a | 55.25 a |
| Ancho de punta (mm) * | 35.65 b | 36.74 ab | 38.52 ab | 39.11 a |
| Prof. de cáliz (mm) ** | 15.24 a | 11.03 ab | 15.17 a | 5.79 b |
| Altura de planta (cm) ** | 121.86 b | 117.94 bc | 136.51 a | 109.38 c |
| APB (cm) ** | 41.19 a | 36.65 b | 38.57 b | 26.60 c |

Medias con una letra en las filas son estadísticamente iguales (Tukey ≤ 0.05). ns= no significativo ($p=0.05$ o superior), *=significativo al 0.05 ($p=0.01-0.05$), **=altamente significativo 0.01 ($p<0.01$). NFP=Numero de frutos por planta, PPF: Peso promedio de frutos, APB=Altura primera bifurcación, G=Genotipo.

CONCLUSIONES

Por la cantidad de fruto por planta, el de mayor potencial es el genotipo 1, mientras que en la calidad de los frutos el genotipo 3 y 4 tuvieron un mejor comportamiento. Existe variabilidad genética en los genotipos evaluados, la cual se debe a su origen geográfico, y puede usarse en programas de

mejoramiento genético, a fin de generar variedades mejoradas, que se adapten a diferentes condiciones ambientales, en los diferentes sistemas de producción que generen altos rendimientos, frutos de calidad y a su vez plantas que presenten mayor resistencia a plagas y enfermedades

AGRADECIMIENTOS Y FUENTES FINANCIERAS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), ya que los resultados antes mencionados forman parte de la tesis de maestría del primer autor. Maestría en Ciencias en Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar, R.V.H., Corona, T., López, L.P., Latoumerie, M., Ramírez, M.M., Villalón, M.H. and Aguilar, C.J.A. (2010). *Los chiles de México y su distribución*. SINAREFI, Colegio de Postgraduados, INIFAP, IT-Conkal, UANL, UAN. ISBN 978-607-7533-68-9. 114 p. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/235657255_Los_chiles_de_Mexico_y_su_distribucion.
2. Dubey, A., Malla, M.A., Khan, F., Chowdhary, K, Yadav, S., Kumar, S., Sharma, S., Khare, K.P. and Khan, .L. (2019). *Soil microbiome: a key player for conservation of soil health under changing climate*. Biodiversity and Conservation. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01760-5>.
3. Gomez, G.A., Reyes, C.J.G., Garcia, H.E.J., Pimentel, L.J., and Silos, E.H. (2019). *Efecto de la orientación y forma de contenedor sobre el crecimiento y desarrollo de chile ancho cultivado en invernadero*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. 10 (spe22). 43-51. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i22.1857>.
4. SIAP. (2020). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Consultado y disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
5. Zermeño, G.A., Marroquin, M.J.A., Melendres, A.A.I., Ramirez, R.H., Cadena, Z.M. and Campos, M.S.G. (2019). *Propiedades espectrales de la cubierta de macro túneles y su relación con el crecimiento y rendimiento del chile poblano (Capsicum annuum L.)*. Terra Latinoamericana. 37 (3). 253-260 pp. doi.org/10.28940/terra.v37i3.473.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

POTENCIAL DE RENDIMIENTO DE GRANO DE AVENA (*Avena sativa* L.) EN EL VALLE DEL YAQUI, SONORA

Huizar Leonardo Díaz-Ceniceros¹, Jorge Iván Alvarado-Padilla³, Elco Humberto García-Bolívar¹, Héctor Eduardo Villaseñor-Mir², José Ángel Marroquín-Morales¹, Yerica Renata Valdez-Rodríguez², Carlos Pérez-Chávez¹.

¹CE Norman E. Borlaug-CIRNO-INIFAP; ²CE Valle de México-CIRCE-INIFAP; ³CE Valle de Mexicali-CIRNO-INIFAP.

diaz.huizar@inifap.gob.mx

Palabras Clave: *Avena sativa* L., rendimiento de grano, avena doble propósito.

INTRODUCCION

En México la escasa precipitación de los últimos tres años ha limitado la producción nacional agrícola y pecuaria. El estado de Sonora es uno de los más impactados por el déficit hídrico. La falta de alimento para el ganado en zonas serranas pastoriles de esta entidad, ha afectado a los productores pecuarios. Para hacer frente este tipo de situaciones el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha liberado variedades de avenas como Obsidiana (Espitia-Rangel *et al.*, 2007), Turquesa (Villaseñor-Mir *et al.*, 2009), Ágata (Villaseñor-Mir *et al.*, 2018) y Jade con alto potencial de producción de grano y alto potencial forrajero, de buena calidad y con baja demanda de agua (Villaseñor-Mir *et al.*, 2019).

En Sonora durante el año 2020, los principales cultivos destinados para la producción de forraje en verde fueron sorgo, avena y maíz. Bajo condiciones de riego, la superficie destinada para cultivar avena fue 5,180.1 ha las cuales registraron un rendimiento promedio de 30.05 t ha⁻¹, rendimiento que superó en 5.8 y 14.4 % la producción de sorgo y maíz (SIAP, 2021). Por lo anterior, la presente investigación tuvo por objetivo conocer el comportamiento de rendimiento de cinco variedades de avenas doble propósito en el sur de Sonora.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en el sur de Sonora, en el Campo Experimental Norman. E. Borlaug (CENEB). Las variedades Avemex, Obsidiana, Turquesa, Ágata y Jade se evaluaron en un diseño experimental en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental consistió en dos surcos de 5.0 m de longitud, con distancia entre surcos de 0.8 m. La siembra se realizó el 28 de diciembre de 2020, a una densidad de 70 kg ha⁻¹.

La dosis de fertilización fue 126-52-00 de N-P-K, en presiembra se aplicaron 57 unidades de N más la totalidad del P; el resto del N se aplicó antes del primer riego de auxilio. Para el control malezas se usó Metsulfurón metil+Thifensulfurón metil, así mismo, para el combate de pulgón se utilizó Imidacloprid+Betacyfluthrin, en todas las aplicaciones de utilizó adherente (Inex A). No se realizaron aplicaciones de fungicidas para el control de enfermedades.

Las variables evaluadas fueron: días a espigamiento (DE), madurez fisiológica (MF), periodo de llenado de grano (PLLG), altura de planta (AP), kilogramos por día (KgD), rendimiento de grano (GY) y porcentaje de acame en parcela (GA). Se realizó un análisis de varianza, con el paquete estadístico SAS 9.4 (2013), en el cual los factores de variación fueron los bloques y variedades. Se realizó comparación de medias con la prueba Tukey con una confiabilidad de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variedad Turquesa registró el más alto rendimiento de grano (3,338 kg ha⁻¹), mostró una diferencia entre 59 y 2,002 kg ha⁻¹ con respecto al resto de las variedades (Figura 1). En cuanto a su desarrollo fisiológico, Ágata fue la más precoz, es decir, presentó el espigamiento y la madurez fisiológica primero que las demás variedades, además registró menor altura de planta, mientras que Avemex fue la variedad más tardía, registró madurez fisiológica y espigamiento a los 8 y 12 días después que Ágata, respectivamente. El resto de las variedades presentaron un desarrollo fisiológico similar entre ellas (Cuadro 1).

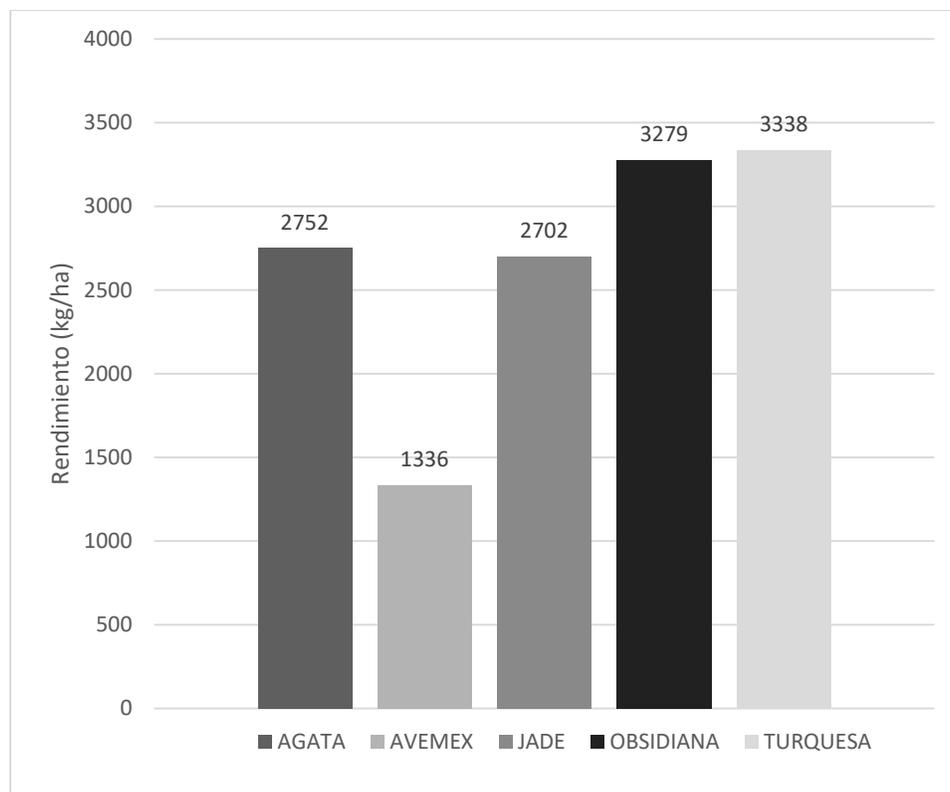


Figura 1. Rendimiento de grano de variedades de avena doble propósito en el Valle del Yaqui, Sonora durante el ciclo O-I 2020/2021.

La mayoría de las variedades de porte alto presentaron problemas fuertes de acame a la cosecha de grano, debido a los vientos que se presentaron durante el llenado de grano, a excepción de la variedad Turquesa, que presentó un menor porcentaje de acame que las variedades Avemex y Jade.

Cuadro 1. Comparación de medias de días a espigamiento (DE), madurez fisiológica (MF), periodo de llenado de grano (PLLG), altura de planta (AP), kilogramos por día (KgD) y rendimiento de grano (GY).

| VARIEDAD | DE (días) | MF (días) | PLLG (días) | AP (cm) | KgD (kg/día) | GY (kg/ha) | GA (%) |
|----------------------|--------------|--------------|----------------|------------|-----------------|---------------|-----------|
| AGATA | 72 d | 104 c | 31.3 a | 129.0 c | 88.0 ab | 2752 a | 10 |
| AVEMEX | 86 a | 112 a | 26.7 c | 146.0 a | 50.0 c | 1336 b | 60 |
| JADE | 74 c | 106 b | 32.0 a | 135.7 b | 84.3 b | 2702 a | 80 |
| OBSIDIANA | 73 cd | 105 b | 32.7 a | 133.3 bc | 100.3 ab | 3279 a | 10 |
| TURQUESA | 77 b | 106 b | 29.3 b | 141.0 a | 113.7 a | 3338 a | 20 |
| DMS | 1.7685 | 1.2325 | 1.7685 | 5.18 | 28.6 | 862.5 | |
| R² | 0.98 | 0.98 | 0.95 | 0.96 | 0.90 | 0.92 | |
| CV | 0.822 | 0.407 | 2.029 | 1.34 | 11.6 | 11.4 | |

DMS = Diferencia mínima significativa, R² = coeficiente de determinación, CV = Coeficiente de variación.

Las variedades Obsidiana y Turquesa mostraron rendimientos similares a los reportados por Villaseñor-Mir *et al.* (2018) en ambientes favorables, mientras que Jade, Ágata y Avemex mostraron rendimientos más cercanos a los que se observan en ambientes intermedios (Villaseñor-Mir *et al.* 2018 y 2019). Así mismo, todas las variedades mostraron menores rendimientos a los reportados por Alvarado-Padilla *et al.* (2020) en el Valle de Mexicali, B. C. Lo anterior se debe a que el rendimiento de grano de la avena es altamente influenciado por la interacción genotipo-ambiente, no solamente en el espacio, también a través del tiempo (Espitia-Rangel *et al.*, 2012).

Para generar un paquete tecnológico se requiere realizar trabajos en fechas de siembra, fertilización, riegos y manejo de problemas fitosanitarios. Además, generar variedades adaptadas a las condiciones climáticas del sur de Sonora, que ofrezcan tolerancia a las altas temperaturas que se presentan durante la etapa de llenado de grano ya que es el factor más limitante para este cultivo en la región.

CONCLUSIONES

Las variedades de avena evaluadas mostraron un excelente desarrollo durante el ciclo de cultivo lo que permite presentarlas como una alternativa de producción de grano y forraje en el sur de Sonora como cultivo de bajo consumo de agua y buena calidad forrajera. Sin embargo, se requiere continuar con investigaciones para desarrollar variedades mejor adaptadas a las condiciones de la región.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y al Programa de Trigo y Avena del Campo Experimental Valle de México por proporcionar la semilla para realizar el presente estudio.

REFERENCIAS

- Alvarado-Padilla J. I., Villaseñor-Mir H. E., Hortelano-Santa Rosa R., Díaz-Ceniceros H. L. y Martínez-Cruz E. (2020)** *In: Memoria de XXXII Semana Internacional de Agronomía.* Durango, México. Septiembre 2020.
- Espitia-Rangel E., Villaseñor-Mir H. E., Huerta-Espino J., Salmerón-Zamora J. J., González-Iñiguez, R. M. y Osorio-Alcalá L. (2007).** Obsidiana, variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Agricultura técnica en México*, 33(1), 95-98. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172007000100011&lng=es&tlng=es.
- Espitia-Rangel E., Villaseñor-Mir H. E., Tovar-Gómez R., De la O-Olán M. y Limón-Ortega A. (2012)** Momento óptimo de corte para rendimiento y calidad de variedades de avena forrajera. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 3(4), 771-783. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000400012&lng=es&tlng=es.
- Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2019)** SAGARPA. México. Consultado: junio, 2020. Disponible en <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/>.
- Villaseñor-Mir H. E., Espitia-Rangel E., Huerta-Espino J., Osorio-Alcalá L. y López-Hernández J. (2009)** Turquesa, nueva variedad de avena para la producción de grano y forraje en México. *Agricultura Técnica en México*, 35(4),487-492. ISSN: 0568-2517. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60812274015>
- Villaseñor-Mir H. E., Espitia-Rangel E., Huerta-Espino J., Osorio-Alcalá L., Hortelano-Santa Rosa R., Martínez-Cruz E. y Rodríguez-García M. F. (2018)** Ágata: nueva variedad de avena (*Avena sativa* L.) para la producción de grano en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(5), 1083-1088. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i5.1512>

Villaseñor-Mir H. E., Espitia-Rangel E., Rodríguez-García M. F., Martínez-Cruz E., Huerta-Espino J., Hortelano-Santa Rosa R. y Osorio-Alcalá L. (2019) Jade: nueva variedad de avena para la producción de grano en siembras de temporal en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(5), 1183-1188. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i5.1872>

SECCIÓN: Recursos genéticos y mejoramiento

TIPO DE PRESENTACIÓN: Cartel

CARACTERIZACIÓN FÍSICO - QUÍMICA EN AGUA DE TRES VARIEDADES EN COCOTERO (*Cocos nucifera* L.)

Feliciano Gerardo Balderas Palacios^{1*}, Irma Julieta González Acuña², Matilde Cortazar Ríos³, e Itzel Abigail Balderas Alba⁴.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
1,2CE Santiago Ixcuintla-CIRPAC-INIFAP; 3CIRSE-INIFAP; 4Conalep-SEP.

balderas.gerardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cocotero, ° Brix, Volumen de agua.

INTRODUCCIÓN

El agua de coco es una bebida hidratante, refrescante e isotónica por su excelente equilibrio de minerales, y por el equilibrio de la presión osmótica de la sangre en el organismo que puede reemplazar a productos demasiados aditivos, y que puede ser consumida no solo por deportistas, sino, también por personas en general. La (FAO 2006) hace mención que el agua de coco es totalmente natural y baja en carbohidratos, baja en grasa (99% libre de grasa) y azúcar; estas propiedades ayudan en el buen funcionamiento del organismo, entonces, con un buen protocolo de procesamiento para el agua de coco se puede obtener, un producto límpido, estéril y sin actividad enzimática (Aragão, 2001). Los estándares internacionales indican que el agua de coco se encuentre con un pH mínimo de 4.9, y un promedio de 5.5 de grados Brix. En el interior del fruto existe un ambiente estéril que permite la conservación por un prolongado tiempo a temperatura ambiente, y debido al pH ligeramente ácido del agua de coco, constituye un medio propicio para el cultivo de microorganismos, como son hongos, levaduras, bacterias formadoras de ácido, larvas de moscas de frutas (Leite *et al.*, 2000), por lo que es un fruto de mucha atracción para la industrialización y comercialización en diferentes modalidades (Leber, 2001). El agua de coco se forma a partir de las primeras etapas de la formación del fruto en su cavidad, hasta que se llena por completo, y entre sus componentes, los azúcares tienen una gran importancia. Por lo que el objetivo principal de este estudio se centra en la caracterización físico, química y de peso del fruto, en tres variedades de cocotero como son el criollo alto Pacífico, el cocotero Híbrido y el malayo enano amarillo, para dar respuesta a productores, empresarios e industriales, sobre que material establecer según el mercado requerido. Las tres variedades en estudio están establecidas en terrenos del INIFAP, en Nayarit.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la metodología.

Sólidos solubles totales. Los sólidos solubles totales o °Brix se determinó por el método óptico de refractómetro portátil (Scientific), a 20 °C, para lo cual fue necesario el uso de un refractómetro digital que se calibro previamente. **Determinación del pH.** El pH se midió en un potenciómetro (Hitachi Modelo.32FH). **Peso del fruto y volumen del agua.** La caracterización morfológica fue en base a la "Guía técnica para la descripción varietal de cocotero (*Cocos nucifera* L)" en México, del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), 2014.

Variables estudiadas, diseño experimental y análisis estadísticos.

Variables estudiadas. Las variables estudiadas fueron: los °Brix, el pH, del agua de coco, el peso del fruto y el volumen del agua. **Diseño experimental.** El diseño experimental será bloques completamente aleatorizados con 3 tratamientos, con cuatro repeticiones, fungiendo los frutos como unidad experimental. **Análisis estadístico.** Los resultados se someterán al análisis de varianza y prueba de comparación de

medias de Tukey al 0.05% de probabilidad para la comparación de medias, lo anterior mediante la aplicación de programa estadístico (Statistix, 2005).

Descripción de actividades a realizar.

Actividad 1. Sólidos solubles totales. Se colocó el agua de coco en el refractómetro y se cuantificó el fenómeno físico de refracción. **Actividad 2. pH.** Se midió en laboratorio de suelos del INIFAP en Nayarit, se tomó una alícuota de agua de 10 ml y se colocó en un vaso de 50 ml; se introdujo el electrodo del pHmetro a la muestra. **Actividad 3. Peso del fruto y volumen de agua.** A los frutos se les brindó un tratamiento de sanidad y el peso del fruto que se llevó a cabo con una balanza y medir el volumen del agua.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran las características fisicoquímicas del agua y fruto de las tres variedades de estudio en cocotero. Se observa que los mejores °Brix se obtienen con el malayo enano amarillo, con respecto al peso del fruto lo registró el criollo alto Pacífico, lo mismo que con el volumen de agua.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas del agua de coco

| Parámetro | Estado fisiológico | | | | | |
|-------------------|-----------------------|------------|------------------|------------|-----------------------|------------|
| | Criollo Alto Pacífico | | Cocotero Híbrido | | Malayo enano amarillo | |
| | Valor | Desviación | Valor | Desviación | Valor | Desviación |
| | Medio | estándar | Medio | estándar | Medio | estándar |
| °Brix | 5.69 | 0.07 | 6.43 | 0.03 | 7.3 | 0.07 |
| Peso del fruto Kg | 3.43 | 0.11 | 2.21 | 0.20 | 1.16 | 0.11 |
| Volumen del agua | 487 | 11.93 | 412 | 4.86 | 215 | 18.20 |

La calidad del agua de coco en dos de los parámetros más importantes que impactan en el consumidor, son los grados Brix (°Brix) o dulzura del agua, y pH o grado de acidez.

Grados Brix, peso y volumen de agua por fruto

Los ° Brix, obtenidos en el presente estudio registraron para el criollo alto Pacífico una media de 5.69, para el híbrido una media de 6.43 y para el malayo enano amarillo de 7.3, ° Brix respectivamente, datos que están dentro del rango y superan a lo requerido por los estándares internacionales (Figura 1A), el pH de las tres variedades obtuvo una media 5.44. El peso total y el volumen de agua por fruto, también fue significativamente diferente en las tres variedades, para peso el criollo alto Pacífico fue de 3.376, en segundo lugar, el híbrido con 2.301, y el malayo enano amarillo con 1.162, kg/fruto respectivamente (Figura 1B). El fruto del criollo alto Pacífico presenta mayor cantidad de mesocarpio (estopa) que las otras dos variedades, por lo que pudiera ser ideal para producción de estopa. Respecto al volumen de agua, el criollo obtuvo 485, el híbrido 413 y el enano 216, ml respectivamente de agua por fruto (Figura 1C). El híbrido produce más frutos por palma y al final más volumen de agua por hectárea.

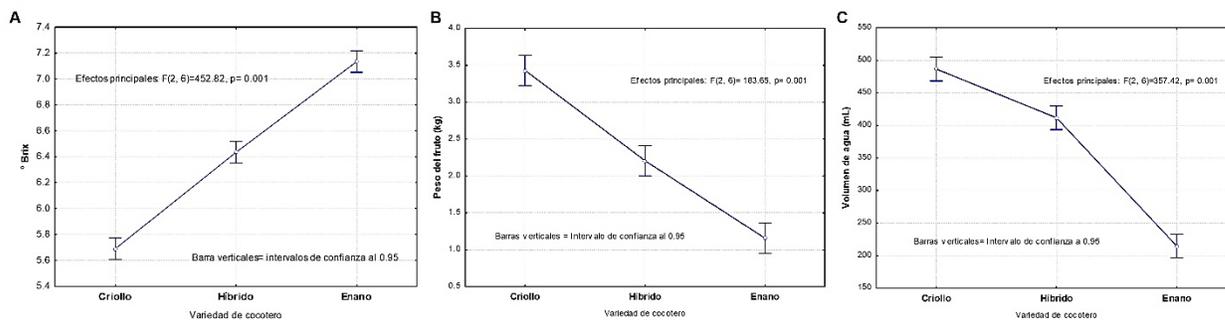


Figura 1 A, B y C. Grados Brix, peso y volumen de agua por fruto y variedad.

CONCLUSIONES

Con respecto al comportamiento del pH en las tres variedades, siempre conservó el mismo nivel, es decir, un pH promedio de 5.44, que cumple los estándares internacionales que indican que debería ser un pH de 4.9 como mínimo.

Los análisis físico - químicos del agua de coco de las tres variedades indicaron diferencia significativa ($P < 0.05$) en los °Brix, presentando mayor concentración de azúcares el malayo enano amarillo, posteriormente el cocotero híbrido y el menos dulce lo es el criollo alto Pacífico, con 5.69, 6.46 y 7.18, para criollos, híbrido y enano, respectivamente, siendo superiores a los que indican los estándares internacionales con 5.5 de °Brix.

Las tres variedades estudiadas de cocotero son aprovechadas y comercializadas en fresco o bien pueden servir para ser transformadas y usadas en la industria del aceite, dulce y otras, y otra ventaja que tiene el cultivo de cocotero, es que puede producir todo el año.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte de un proyecto FORDECYT “Impulso a la cadena de valor del cocotero para incrementar su competitividad y contribuir al desarrollo socio-económico en la región Pacífico Sur y otros Estados productores”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aragão, W. M. 2001. Agua de coco. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 32p

FAO, 2006. Principales Países Importadores de coco.

Leber, A. S. 2001. Avaliação da estabilidade de água de coco (*Cocos nucifera*) em garrafas de polietileno tereftalato (PET) estocadas congelada y refrigerada. Campinas. UNICAMP/FEA. Tese de Mestrado, 151p.

C. C Leite C.C. 2000. Avaliação microbiológica da água de coco produzida e comercializada na cidade de Salvador-BA. Higiene Alimentar, v. 14, n. 70, p. 64-66.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA DE QUINUA (*Chenopodium quinoa willd.*) EN LOS VALLES ALTOS DEL CENTRO DE MÉXICO

Miriam Gabriela Valverde-Ramos¹, Eduardo Espitia-Rangel^{1*}, Luisa Fernanda Sesma¹ y Yarami Guadalupe López Rodríguez¹

¹ Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Apdo. Postal 307 y 10, C.P. 56250, Coatlinchán, Texcoco Edo. de México. espitia.eduardo1957@gmail.com

Palabras clave: *Chenopodium quinoa*, variedades, rendimientos, tamaño de grano, adaptación

INTRODUCCIÓN

El cambio climático está afectando las condiciones para la producción agrícola. La sequía y salinidad del suelo son uno de los mayores problemas, los agricultores necesitan explorar nuevas alternativas para adaptarse a los cambios. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es uno de los cultivos más antiguos de la región andina de Sudamérica domesticada hace más de 7000 años en su centro de origen (Perú y Bolivia). Es una especie anual, dicotiledónea, de la familia Amaranthaceae (Bazile *et al.*, 2016). La quinua tiene una gran variabilidad genética, se cultiva en condiciones de sequía severa, lo que refleja la adaptación a condiciones agroecológicas de estrés, tales como suelos marginales, baja fertilidad, temperatura baja, sequía, salinidad y ambientes ricos en radiación ultravioleta (Bosque *et al.*, 2000). La quinua es un cultivo en expansión, puede ser utilizado para alimentos humanos y en materias primas para animales debido a su alto valor nutritivo. Tiene un alto contenido de vitaminas, proteínas y minerales, y se reporta que provee todos los aminoácidos esenciales para los humanos (Rojas *et al.*, 2013).

En México ya se comercializa pero, en general es un cultivo de pequeña escala y no se cuenta con variedades, ni tecnología para su producción (Espitia *et al.*, 2019). El objetivo del presente estudio fue determinar el comportamiento agronómico en 16 genotipos de quinua para ver su adaptabilidad en la región de los valles altos del centro de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 15 genotipos que fueron introducidos recientemente de Perú, Ecuador y Bolivia, y un Huauzontle (también conocido como la quinua mexicana). Estos materiales fueron seleccionados a partir de una evaluación de 100 colectas y fueron los que presentaron mejor comportamiento y adaptación a las condiciones de México. Los genotipos se evaluaron en tres ambientes: Santa Lucía de Prías, Texcoco, Estado de México, en el año 2019; y Nanacamilpa, Tlaxcala, en los años 2018 y 2019. Los genotipos se evaluaron en: Nanacamilpa 2018 con fecha de siembra del 25 de julio, en Nanacamilpa 2019 el 18 de junio y en Santa Lucía de Prías el 28 de junio. En las tres localidades se sembró el experimento con y sin fungicida para simular ambientes con diferente severidad de mildiu (*Peronospora variabilis*), sin el propósito de evaluar su efecto. En los tres ambientes la textura del suelo era franco arenoso. Los valores respectivos de precipitación pluvial en el ciclo del cultivo fueron 264 mm en Sta. Lucía; 300 mm en Nanacamilpa 2018 y 364 mm en Nanacamilpa 2019. En cada experimento los genotipos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental consistió en tres surcos con 0.8 m de separación y 5 m de largo. El cultivo se condujo en condiciones de secano (temporal), sin fertilización química, ni control de plagas. Los datos se analizaron mediante GLM del SAS (SAS 9.4 2012). Se realizó un análisis de varianza para ambientes y genotipos, se realizaron pruebas de Tukey ($p \leq 0.05$) para la comparación de medias entre genotipos y ambientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En ambientes al igual que en genotipos se encontraron diferencias significativas en todas las variables (cuadro 1). Para la interacción genotipo x ambiente, se obtuvieron diferencias significativas para la mayoría las variables excepto para diámetro de tallo y diámetro de semilla. Lo que indica una respuesta diferencial de los genotipos y los ambientes evaluados; así como una variación en la respuesta de los genotipos al cambiar de ambiente.

Cuadro 1. Cuadrados medios para las variables estudiadas de 16 genotipos de quinua, en seis ambientes de secano en la Mesa Central. P-V 2018-2019.

| Fuente | Ambiente | REP(AMB) | Genotipos | GEN*AMB | Error |
|--|------------|----------|------------|-----------|--------|
| Gl | 5 | 12 | 15 | 75 | 180 |
| Emergencia de panoja (días) | 15733.40** | 68.50 | 14712.43** | 1074.48** | 3.92 |
| Días a madurez | 7564.78** | 4.87 | 1541.75** | 48.42** | 3.32 |
| Llenado de grano (días) | 1916.78** | 6.45 | 1207.45** | 50.55** | 10.12 |
| Diámetro de tallo (cm) | 276.72** | 3.07 | 14.84** | 2.51ns | 2.17 |
| Altura de planta (cm) | 37193.56** | 345.66 | 8238.28** | 255.50** | 147.83 |
| Diámetro de semilla (mm) | 0.396** | 0.033 | 0.318** | 0.03ns | 0.035 |
| Peso hectolítrico (c) | 91.25** | 4.80 | 51.33** | 5.37** | 2.93 |
| Índice de cosecha | 0.395** | 0.005 | 0.021** | 0.006ns | 0.006 |
| Peso de mil granos (g) | 2.51** | 0.06 | 2.46** | 0.09** | 0.05 |
| Rendimiento de grano kg ha ⁻¹) | 27468465** | 811814 | 8253981** | 867282** | 330269 |

** , NS diferencias significativas y no significativas.

En la comparación de genotipos, los genotipos tardíos Suyana, Suma, Pata de venado, Blanca Ayacucho y Huauzontle tienen mayor rendimiento de grano (4004.9, 3888.3, 3091.1, 2999.7 y 2967.2 kg ha⁻¹, respectivamente). De los genotipos intermedios Tokio rosa y Pasankalla reventona mostraron mayor rendimiento de grano (2858.4 y 2118.4 kg ha⁻¹ respectivamente). Mientras que en los genotipos precoces CP-forraje presentó mayor rendimiento de grano (3005.8 kg ha⁻¹). En cuanto a diámetro de semilla solo Huauzontle y Quinua negra presentaron un tamaño igual o menor a 1.8 mm, el resto de los genotipos puede ser comercializados en graneado por su tamaño de semilla (cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de medias de 16 genotipos de quinua evaluados en seis ambientes de secano en la Mesa Central. P-V 2018-2019.

| Variables/ Genotipo | EPA | MAD | LLG | DIT | ALM | DIS | PEH | IC | PMG | REN |
|------------------------|--------|---------|-------|-----------|---------|--------|---------|--------|--------|-----------|
| Tardíos | | | | | | | | | | |
| Suma | 62b | 149a | 73bcd | 13.7a | 206a | 2.1ac | 66.7cde | 0.3d | 2.7cd | 3888.3a |
| Blanca Ayacucho | 50def | 146ab | 83a | 13.0abc | 175b | 2.0cd | 67.5cde | 0.3cd | 2.8cd | 2999.7acd |
| Suyana | 57c | 143abc | 72cd | 13.5ab | 173b | 2.1ac | 67.4cde | 0.3acd | 2.9ac | 4004.9a |
| Huauzontle | 71a | 142abcd | 60e | 12.0abcde | 160bc | 1.7e | 71.8a | 0.4ac | 1.9g | 2967.2acd |
| Pata de venado | 49efg | 142abcd | 81ab | 11.0de | 150cde | 1.9cde | 68.9c | 0.3acd | 2.5c | 3091.1ac |
| Rojita | 53cd | 141bcd | 76abc | 11.1cde | 149cdef | 2.1ac | 67.7cde | 0.3c | 2.6cd | 1930.9d |
| Roja ku | 46fgh | 140bcd | 83a | 11.3cde | 142cdef | 2.0ac | 67.8cd | 0.4acd | 2.7df | 2498.2cd |
| Intermedios | | | | | | | | | | |
| Tokio rosa | 49efgh | 139bcd | 80ab | 12.7abcd | 160bc | 2.2a | 69.0c | 0.3acd | 2.9acd | 2858.4cd |
| Pasankalla lila | 48efgh | 135cde | 76abc | 10.7e | 140def | 2.2ac | 67.4cde | 0.3acd | 2.9a | 1960.2d |
| Quinua negra | 45hil | 135de | 80abc | 11.1de | 131efg | 1.8de | 69.9a | 0.4acd | 2.3a | 2087.6cd |
| Pasankalla plomo | 46gh | 130ef | 74bc | 11.6cde | 131fg | 2.1ac | 66.5cde | 0.4acd | 3.3a | 2084.9cd |
| Pasankalla reventona | 46gh | 129ef | 73bc | 11.7bcde | 131efg | 2.1ac | 67.0cde | 0.3acd | 3.3a | 2118.4cd |
| Precoces | | | | | | | | | | |
| CP-forraje | 53ced | 125f | 63e | 12.1abcde | 152cd | 2.2a | 68.3c | 0.4a | 3.0a | 3005.8acd |
| Misa amarilla | 50defg | 125f | 62e | 12.0abcde | 138def | 2.2a | 64.9e | 0.3acd | 3.0a | 1965.8d |
| Marangani | 53de | 124fg | 61e | 12.3abcde | 149cdef | 2.2a | 68.5c | 0.3acd | 3.0acd | 2381.9cd |
| Choclo | 41i | 116g | 64de | 11.2cde | 117g | 2.0acd | 65.2de | 0.4a | 2.8cd | 1964.7d |

De los ambientes evaluados los menos favorables fueron Nanacamilpa 2019 CON y SIN fungicida, mientras que Santa Lucía de Prías 2019 CON y SIN son los ambientes más favorables (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comparación de medias de 10 variables evaluadas en seis ambientes de secano en la Mesa Central. P-V 2018-2019.

| Variable /Ambiente | Nanacamilpa 2018 CON | Nanacamilpa 2018 SIN | Nanacamilpa 2019 CON | Nanacamilpa 2019 SIN | Santa Lucía de Prías 2019 CON | Santa Lucía de Prías 2019 SIN |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Emergencia de panoja (días) | 44.83c | 43.39c | 61.60a | 61.56a | 49.56b | 48.25b |
| Días a madurez | 120.97c | 119.18d | 147.58a | 147.21a | 139.33b | 139.14b |
| Llenado de grano (días) | 65.56c | 65.25c | 74.18b | 73.79b | 78.66a | 80.08a |
| Diámetro de tallo (cm) | 11.71b | 12.88b | 9.26c | 8.97c | 14.32a | 14.43a |
| Altura de planta (cm) | 145.34b | 151.76b | 123.40c | 116.61c | 184.35a | 179.10a |
| Diámetro de semilla (mm) | 2.14ab | 2.16a | 2.03bc | 2.04bc | 1.95c | 1.95c |
| Peso hectolítrico (kg l ⁻¹) | 66.41c | 66.21c | 67.51bc | 69.88a | 68.17b | 68.51ab |
| Índice de cosecha | 0.38a | 0.365a | 0.401a | 0.405a | 0.223b | 0.209b |
| Peso de mil granos (g) | 3.11a | 3.04a | 2.79b | 2.77bc | 2.54d | 2.61cd |
| Rendimiento de grano kg ha ⁻¹) | 2576.4b | 2910.8ab | 1930.5c | 1538.8c | 3231.5a | 3489.9a |

Ambientes con la misma letra en hileras son estadísticamente iguales.

En los genotipos precoces (Figura 1). CP-forraje tiene el mejor rendimiento en los ambientes favorables y en los ambientes intermedios, seguida de Maranganí, Misa amarilla y Choclo. En los ambientes menos favorables CP-forraje tiene el mejor rendimiento, seguida de lo genotipo Choclo, Maranganí y Misa amarilla, respectivamente.

Con los datos encontrados se puede establecer que seleccionando los genotipos adecuados se pueden tener buenos rendimientos en diferentes ambientes.

CONCLUSIONES

Los ambientes Santa Lucía de Prías, Estado de México con y sin aplicación de fungicida fueron favorables, Nanacamilpa, Tlax. 2018 CON y SIN fungicida fueron los menos favorables. Dentro del grupo tardío Suyana y Suma fueron los genotipos que presentaron mayor rendimiento de grano. En el grupo intermedio los mejores genotipos fueron Tokio rosa y Pasankalla reventona, mientras que en el grupo de precoces C.P. forraje.

Los genotipos C.P. forraje, Misa amarilla, Maranganí, Tokio rosa y Pasankalla lila fueron los que presentaron mayor diámetro y peso de semilla. Por su rendimiento, tamaños de semilla y los genotipos, Suyana, Suma, Tokio rosa y C.P. forraje pueden conformar un patrón varietal para la producción de grano blanco. Mientras que, Pasankalla reventona y quinua negra son buena opción para la producción de quinua de colores. El genotipo Choclo por su precocidad es una buena alternativa para zonas de estación de crecimiento corta.

LITERATURA CITADA

- Bazile, D., S. Jacobsen, and A. Verniau. 2016. The global expansion of quinoa: trends and limits. *Front. Plant Sci.* 7: 1-6. DOI:10.3389/fpls.2016.00622.
- Bosques S., H., R. Lemeur, y P. Van D. 2000. Análisis ecofisiológico del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) en condiciones de estrés de la sequía y la salinidad. *Tropicultura.* 18: 198-202.

- Espitia R., E., M. G. Valverde R., L. F. Sesma H., P. Rivas V., y A. V. Ayala G. 2019. Caracterización de germoplasma de *Chenopodium* spp. en México *in*: Ministerio de agricultura, INDAP, Pontificia Universidad Católica de Chile y ODEPA (eds). VII Congreso mundial de quinua y otros granos andinos. Génesis impresiones Santiago-Chile. p. 19.
- Rojas, W., M. Pinto, C. Alanoca, L. Gómez P., P. León-Lobos, A. Alercia, S. Diulgheroff, S. Padulosi, y D. Bazile. 2014. Estado de la conservación ex situ de los recursos genéticos de Quinua *in*: Bazile, D. *et al.* (eds.) Estado del Arte de la Quinua en el Mundo en 2013. Capítulo N° 1.5. FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier,

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

VARIABILIDAD GENÉTICA Y CRITERIOS DE SELECCIÓN EN QUINUA (*Chenopodium quinoa* Willd.)

Eduardo Espitia-Rangel^{1*}, Miriam Gabriela Valverde-Ramos¹, Luisa Fernanda Sesma¹ y Yarami Guadalupe López Rodríguez¹

Campo Experimental Valle de México, INIFAP. Apdo. Postal 307 y 10, C.P. 56250, Coatlinchán, Texcoco Edo. de México. espitia.eduardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Chenopodium quinoa*, variabilidad genética, respuesta a la selección.

INTRODUCCIÓN

El incremento de la población mundial y el cambio climático son factores que influyen en la búsqueda de nuevas especies vegetales o de genotipos capaces de producir en condiciones de estrés ambiental. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es una especie anual, dicotiledónea, de la familia Amaranthaceae (García *et al.*, 2003; Mujica, *et al.*, 2001.). La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) es un cultivo con un alto potencial nutritivo y agronómico, que se puede producir en condiciones de estrés ambiental. En México se cultiva en pequeña escala y no se dispone de variedades mejoradas. En el mejoramiento genético de los cultivos, se requiere estimar los parámetros genéticos asociados con el rendimiento para definir los esquemas de selección. El rendimiento de los cultivos se analiza a menudo en términos de sus componentes del rendimiento y una alta asociación entre estos componentes es una ventaja para incrementar las ganancias de la selección (Ligarreto y Ospina, 2009; Slafer *et al.*, 2014). El objetivo del presente estudio fue determinar la variabilidad genética, la heredabilidad, y las interrelaciones del rendimiento y sus componentes en 16 genotipos de quinua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron 16 genotipos de diferentes orígenes y características de color de fruto y grano, introducidos a través de la Red Amaranto (SADER), proveniente de Ecuador, Perú y Bolivia, los genotipos se evaluaron en tres ambientes: Santa Lucía de Prías, Texcoco, Estado de México, en el año 2019; y Nanacamilpa, Tlaxcala, en los años 2018 y 2019. En cada ambiente se establecieron dos experimentos: uno en el que se aplicó fungicida y otro sin fungicida. En los tres ambientes la textura del suelo era franco arenoso. Los valores respectivos de precipitación pluvial en el ciclo del cultivo fueron 264 mm en Sta. Lucía; 300 mm en Nanacamilpa 2018 y 364 mm en Nanacamilpa 2019. En cada experimento los genotipos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones; la parcela experimental consistió en tres surcos con 0.8 m de separación y 5 m de largo. El cultivo se condujo en condiciones de secano (temporal), sin fertilización química, ni control de plagas.

En los modelos de los análisis estadísticos se consideró a los genotipos y los ambientes como de efectos aleatorios. Las varianzas para la estimación de parámetros genéticos se obtuvieron al utilizar el procedimiento VARCOM del SAS mediante el método REML (SAS 9.4 2012). Se realizó un análisis de correlación del rendimiento y sus componentes mediante el procedimiento CORR del SAS (SAS 9.4, 2012). El coeficiente de variación genética se calculó mediante el cociente de la desviación estándar genética entre la media. La heredabilidad es en sentido estrecho, la cual se obtuvo al dividir la varianza genética aditiva entre la varianza.

EPA: Emergencia de panoja, MAD: Días a madurez, PLLG: Periodo de llenado de grano, LPA: Longitud de panoja, DIT: Diámetro de tallo, ALF: Altura de planta a la floración, ALM: Altura de planta a la madurez, DIS: Diámetro de semilla, RPD: Rendimiento por día, PHE: Peso hectolítrico, IC: Índice de cosecha, PMC: Panojas por m², PMG: Peso de mil granos, GMC: Granos por m² y REN: Rendimiento de grano. *, ** Significativo al 0.05 y 0.01 de probabilidad respectivamente.

La mayor varianza aditiva, heredabilidad y respuesta a la selección, fueron altas para granos por metro cuadrado, rendimiento, peso de mil granos, periodo de llenado de grano y emergencia de panoja; y la mayor asociación de variables con el rendimiento de grano se tuvo con el diámetro de tallo, altura de planta a la madurez, granos por metro cuadrado y el rendimiento por día, periodo de llenado de grano y emergencia de panoja, por lo que pueden emplearse como criterios de selección indirecta del rendimiento (Cuadro 2).

Cuadro 1. Parámetros genéticos de 15 variables en 16 genotipos de quinua evaluados en seis ambientes de sequo en la Mesa Central P-V 2018-2019.

| Variables | σ^2_P | σ^2_G | CVG | h^2 | R % |
|---|---------------|--------------|--------|-------|------|
| Emergencia de panoja (días) | 126.4 1 | 53.7 | 14.219 | 0.425 | 19.1 |
| Días a madurez | 258 | 83 | 6.718 | 0.322 | 7.8 |
| Periodo de llenado de grano (días) | 126.6 | 64.27 | 10.994 | 0.508 | 16.1 |
| Longitud de panoja (cm) | 61.51 | 8.26 | 6.945 | 0.134 | 5.2 |
| Diámetro de tallo (cm) | 8.72 | 0.68 | 6.937 | 0.079 | 4.0 |
| Altura de planta a la floración (cm) | 1265. 7 | 24.65 | 5.545 | 0.019 | 1.5 |
| Altura de planta a la madurez (cm) | 1405 | 443.48 | 14.03 | 0.316 | 16.2 |
| Diámetro de semilla (mm) | 0.058 | 0.016 | 6.122 | 0.273 | 6.5 |
| Rendimiento por día (kg) | 80.24 | 14.77 | 19.629 | 0.184 | 17.3 |
| Peso hectolítrico (kg l ⁻¹) | 8.16 | 2.55 | 2.357 | 0.313 | 2.7 |
| Índice de cosecha | 0.015 | 0.001 | 8.469 | 0.053 | 4.0 |
| Panojas por metro cuadrado | 12.53 | 1.42 | 7.63 | 0.113 | 5.2 |
| Peso de mil granos (g) | 0.25 | 0.131 | 12.884 | 0.528 | 19.3 |
| Granos por metro cuadrado | 2.8E+ 09 | 908971332 | 31.186 | 0.325 | 36.6 |
| Rendimiento de grano (kg ha ⁻¹) | 1493 901.5 | 410372.1 | 24.516 | 0.275 | 26.5 |

σ^2_P : Varianza fenotípica, σ^2_G : Varianza genotípica, CVG: Coeficiente de variación genética, h^2 : heredabilidad en sentido estricto, R: respuesta a la selección.

CONCLUSIONES

La variación debida a ambientes fue la de mayor relevancia para 10 de las 15 variables estudiadas, resaltando la altura de planta a la floración y el diámetro de tallo (84 y 65 %), respectivamente; mientras que la debida a genotipos, fue para el peso de mil granos y periodo de llenado de grano (53 y 50 %), respectivamente. En todas las variables, la variación debida a la interacción genotipo por ambiente fue menor al 20 %. Se presentó alta variabilidad genética aditiva para granos por metro cuadrado y rendimiento de grano y las heredabilidades y respuestas a la selección más altas fueron para peso de mil granos, periodo de llenado de grano, emergencia de panoja, granos por metro cuadrado, rendimiento de grano, y días a emergencia de la panoja. La mayor asociación de variables con el rendimiento de grano se tuvo con el diámetro de tallo, altura de planta a la madurez, granos por metro cuadrado y el rendimiento por día, periodo de llenado de grano y emergencia de panoja, por lo que pueden emplearse como criterios de selección indirecta del rendimiento.

LITERATURA CITADA

García, M., D. Raes, y S. Jacobsen. 2003. Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agric. Water Manage.* 60: 119-134. DOI: 10.1016/S0378-3774(02)00162-2.

Ligarreto, M., G A., y A. R. Ospina H. 2009. Analysis of heritable parameters associated to yield and precocity in Santa Isabel type climbing pea (*Pisum sativum* L.). *Agron. Colomb.* 27: 333-339.

Mujica, A., J. Izquierdo, y J. Pierre M. 2001. Origen y descripción de la quinua *in*: Mujica, A., S. Jacobsen, J. Izquierdo y J. Pierre M. (eds). *Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro*, FAO, Santiago, Chile. pp: 1-8.

Slafer, G. A., R. Savin, y V. O. Sandras. 2014. Coarse and fine regulation of wheat yield components in response to genotype and environment. 157: 71-83. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2013.12.004>.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CALIDAD INDUSTRIAL GALLETERA DE MEZCLAS DE HARINA INTEGRAL DE AMARANTO Y TRIGO

Eliel Martínez Cruz*¹ y Eduardo Espitia Rangel¹, Fernanda Sesma Hernández¹ y Miriam Valverde Ramos¹.

*martinez.eliel@inifap.gob.mx

¹Campo Experimental Valle de México-INIFAP.

Palabras clave: Calidad galletera, Mezclas de harinas, Amaranto.

INTRODUCCIÓN

México ocupa el segundo lugar de obesos en el mundo; con base en la encuesta nacional de salud y nutrición realizada en 2012, en nuestro país, los niños en edad escolar, de ambos sexos de 5 a 11 años, presentaron 34.4% de sobrepeso u obesidad; mientras que para adultos se estimó en 73% para las mujeres y 69.4% para los hombres. Lo anterior se debe en parte al consumo excesivo de harinas refinadas y refrescos asociado con el sedentarismo; es decir existe un desbalance entre la ingesta de energía y el gasto (García-García *et al.*, 2008) una de las alternativas para contrarrestar este desbalance es incrementar el consumo de granos enteros. Existen números estudios en donde se refiere al amaranto como nutraceutico, es decir, que tiene un efecto favorable sobre la nutrición y salud del consumidor (Ruth *et al.*, 2021). Por lo que mediante la transformación del grano de amaranto se debe aprovechar sus cualidades nutritivas y potenciar su consumo. El consumo per cápita de amaranto en México es menor a 200 g mientras que el de galletas es de 5.9 kg siendo la principal materia prima en la elaboración de este producto la harina refinada de trigo. Por lo que la sustitución de la harina refinada por harina integral de amaranto puede ser una opción que favorezcan la salud del consumidor e incentive la producción de amaranto. De tal manera que el objetivo de esta investigación fue evaluar mezclas de harina refinada de trigo con harina integral de amaranto en función de su calidad reológica y galletera.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el laboratorio de calidad de trigo del CEVAMEX-INIFAP se generaron las harinas refinadas de trigo (HRT) e integrales de amaranto (HIA). La HRT se obtuvo con el molino Brabender (Quadrumat Senior, C.W. Brabender OHG, Alemania) y se tamizó a través de la malla de 129 mm. La HIA se produjo en un molino tipo UDY. La HRT se obtuvo de la variedad de trigo harinero para galleta Urbina S2007 y la HIA de la variedad Amaranteca. Ambas variedades son del INIFAP. Las mezclas que se analizaron fueron: 100% HRT, 50%HRT/50% HIA, 75%HRT/25%HIA, 25%HRT/75%HIA y 100%HIA. Las características de amasado de las mezclas se determinaron en el mixógrafo, mediante el método 54-40A de la AACC (2005). El amasado en el mixógrafo se registró mediante los mixogramas del cual se calculó el tiempo de amasado (min), estabilidad al amasado (min), tolerancia al sobreamasado (mm) y altura del mixograma (mm). En el Alveógrafo de Chopin (Tripette & Renaud, Francia) con el método 54-30A de la AACC (2005), y 60 g de las mezclas se calculó la fuerza (W), tenacidad (P), extensibilidad (L) y la relación de tenacidad/extensibilidad (PL) de la masa. Y se midió la calidad galletera mediante el factor galletero (obtenido a través de la relación del diámetro y espesor de la galleta) que indican el rendimiento de piezas de galleta por bulto de harina. Se realizó un análisis por triplicado para cada tratamiento. Con las variables medidas se efectuó un análisis de varianza como un diseño experimental completamente al azar, y se utilizó la prueba de Tukey para indicar las diferencias entre tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presentan las medias de las variables de amasado medidas en las mezclas de las harinas. Los valores más bajos para tiempo de amasado fueron para la harina 100% de amaranto, así como para la mezcla con mayor porcentaje de amaranto, 75% además disminuyeron la tolerancia al sobreamasado, debido a que presentaron los valores más altos. Comportamiento contrario mostraron los valores con harina refinada de trigo, dado que el número menor de tolerancia al sobreamasado indica una menor pendiente en la caída del mixograma y presentó valor alto de tiempo de amasado. Lo anterior concuerda con lo reportado por Sanz-Penella *et al.* (2013) quienes indicaron que la sustitución de harina de amaranto modifica las características de amasado de la mezcla. En las variables alveográficas, Cuadro 2, a medida que se incrementó la cantidad de harina de amaranto se aumentó la tenacidad (P) y la relación tenacidad/extensibilidad (PL), mientras que se observó un efecto contrario con la extensibilidad (L) y fuerza de la masa (W). Lo anterior concuerda con Bodroža-Solarov *et al.* (2008) quienes encontraron que la adición de harina de amaranto a la harina de trigo disminuye la fuerza y extensibilidad de la masa. Es importante indicar que no fue posible generar el alveograma de 100 % HIA dado que el alveógrafo es específico para harina refinada de trigo. Debido a la disminución de la extensibilidad de la masa conforme se incrementó la proporción de harina de amaranto se disminuyó el diámetro de la galleta, así como el factor galletero. Por lo que la galleta con un 75 y 100 % HIA obtuvieron el valor menor Cuadro 2. Sin embargo, a pesar de disminuir el diámetro de la galleta todas las mezclas se clasificaron como aceptables por su valor mayor de factor galletero mayor a 4.4.

Cuadro 1. Comparación de medias de las variables de amasado por combinaciones de harina de trigo y amaranto.

| COMBINACIÓN | TA (min) | EA (min) | TSA (min) | ALM (mm) |
|------------------|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 100% HRT | 2.2 ba | 2.1 a | 8.6 b | 55.6 a |
| 50% HRT /50% HIA | 1.6 ba | 2.3 a | 8.5 b | 42.0 b |
| 75% HRT /25% HIA | 2.0 ba | 2.2 a | 2.5 b | 50.0 ba |
| 25% HRT/75%HIA | 2.2 a | 2.5 a | 37.0 a | 51.5 a |
| 100% HIA | 1.5 b | 1.9 a | 36.0 a | 54.5 a |

HRT = harina refinada de trigo; HIA = harina integral de amaranto; TA = tiempo de amasado; EA = estabilidad al amasado; TSA = tolerancia al sobreamasado; ALM = altura del mixograma.

Cuadro. 2 Comparación de medias de variables alveográficas y factor galletero por combinaciones de harina de trigo y amaranto.

| COMBINACIÓN | P (mm) | L (mm) | PL | W (x10 ⁻⁴) | FG |
|----------------|-----------|-----------|-------|---------------------------|--------|
| 100%HRT | 44.0 b | 175.3 a | 0.2 c | 229.0 a | 6.1 a |
| 75%HRT/25% HIA | 40.3 b | 59.3 b | 0.6 c | 74.3 b | 4.9 cb |
| 50%HRT/50% HIA | 40.0 b | 19.0 b | 2.1 b | 31.0 b | 5.0 b |
| 25%HRT/75% HIA | 71.0 a | 12.0 b | 5.9 a | 41.0 b | 4.5 c |
| 100 % HIA | - | - | - | - | 4.4 c |

P = tenacidad de la masa; L = extensibilidad de la masa; W = fuerza de la masa; PL = relación tenacidad/extensibilidad; HIA = harina integral de amaranto y HRT= harina refinada de trigo; FG = factor galletero.

CONCLUSIONES

La sustitución de harina integral de amaranto disminuyó la extensibilidad de la masa y por lo tanto el diámetro de la galleta y el factor galletero. Sin embargo, fue posible obtener galletas que se clasificaron con base a este factor como aceptables por lo que es posible elaborar galletas de harina integral de amaranto aptas para consumo humano.

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTE FINANCIERA

Al proyecto fiscal del INIFAP: “Desarrollo de tecnología para mejorar la sustentabilidad de la cadena de valor de amaranto y especies relacionadas”. No. SIGI 14105734771

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AACC. Approved Methods of the AACC. 9th ed. American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA. 2005.

Bodroža-Solarov M, Filipčev B, Kevrešan Ž, Mandić A, and Šimurina O. Quality of bread supplemented with popped *Amaranthus cruentus* grain. *Journal of food process engineering*. 2008. 31(5): 602-618.

García-García E, la Llata-Romero D, Kaufer-Horwitz M, Tusié-Luna MT, Calzada-León R, Vázquez-Velázquez V, Barquera-Cervera S, Caballero-Romo AJ, Orozco L, Velásquez-Fernández D, Rosas-Peralta M, Barriguete-Meléndez A, Zacarías Castillo R y Sotelo-Morales J. La obesidad y el síndrome metabólico como problema de salud pública: Una reflexión. *Archivos de cardiología de México*. 2008. 78(3): 318-337.

Ruth ON, Unathi K, Nomali N, and Chinsamy M. Underutilization Versus Nutritional-Nutraceutical Potential of the *Amaranthus* Food Plant: A Mini-Review. *Applied Sciences*. 2021. 11(15):68-79.

Sanz-Penella JM, Wronkowska M, Soral-Smietana M, and Haros M. Effect of whole amaranth flour on bread properties and nutritive value. *LWT-Food Science and Technology*. 2013. 50(2): 679-685.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento.

H-391 Y H-392, NUEVOS HÍBRIDOS TRILINEALES DE MAÍZ DE ENDOSPERMO BLANCO PARA LA REGION CENTRO-OCCIDENTE DE MEXICO

José Luis Ramírez Díaz¹, Víctor Antonio Vidal Martínez^{1*} Alejandro Ledesma Miramontes¹, Ivone Alemán de la Torre¹, Yolanda Salinas Moreno¹, Edgardo Bautista Ramírez¹

¹Programa de Maíz. Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. Parque Los Colomos S/N, Colonia Providencia. 44660 Guadalajara, Jalisco México.

*vidal.victorantonio@inifap.gob.mx

Palabras clave. *Zea mays* L., híbridos trilineales, endospermo blanco.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo de mayor relevancia en México. En el 2017, se sembraron 7.5 millones de hectáreas cuya producción fue de 27.7 millones de toneladas de grano. Como una estrategia para impulsar la producción de grano de maíz, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) tiene un Programa de Mejoramiento Genético de Maíz en donde se generan variedades mejoradas para su uso comercial adaptadas a las diferentes zonas agroecológicas productoras de este cereal. La distribución de dichas variedades se hace a través de Asociaciones y empresas productoras de semilla, con la ventaja de que éstas tienen un precio más bajo debido a que están subsidiados los costos de la investigación (Ramírez *et al.*, 2019a, Ramírez *et al.*, 2019b). El objetivo de este trabajo es dar a conocer la adaptación, el potencial de rendimiento y las características agronómicas de dos nuevos híbridos trilineales de maíz de endospermo blanco.

MATERIALES MÉTODOS

El proceso genotécnico de ambos maíces se inició a partir del ciclo agrícola OI – 2012/2013. El H-391 dirigido para la producción de grano y para la industria de la masa y la tortilla. Se adapta a regiones maiceras ubicadas en un gradiente altitudinal que oscila entre los 800 y 1850 metros sobre el nivel del mar (msnm), en ambientes con buen temporal de lluvia (mayor que 700 mm, durante el periodo de junio a diciembre), riego y punta de riego. El H-392 es un híbrido trilineal de maíz y su ciclo de madurez es intermedio tardío, planta alta, mazorca larga y grano de color blanco cremoso. Su rango de adaptación ubica entre los 1500 y 2000 m de altitud que corresponden a la región subtropical y transición. El maíz H-391 finalizó su proceso genotécnico en el OI - 2017/2018; mientras que el H-392 lo realizó en PV – 2017 mediante sus correspondientes evaluaciones multiambientales.

El híbrido trilineal H-391 tiene ciclo de madurez intermedio tardío, porte alto de planta, hojas curvadas de color verde oscuro, espiga larga que supera los 35 cm con ramificaciones laterales semi-abiertas ($\pm 50^\circ$). La mazorca tiene forma cilíndrica cónica con 12 a 16 hileras rectas, y con 36 a 40 granos por hilera, textura de grano semidentado y color blanco cremoso. El híbrido H-391 tiene tolerancia al acame de raíz y tallo, buena sanidad de mazorca y buen aspecto de planta, pues se seleccionó para tolerancia a roya común *Puccinia sorghi* y mildiú vellosa *Sclerophthora macrospora*. La hembra del híbrido H-391 está formada por la cruce de los progenitores B-49 x B-41, ambos progenitores son líneas S4 y se derivaron de un sintético tardío formado con seis líneas élite del Programa de Maíz del CIRPAC. La cruce B-49 x B-41 es de ciclo tardío, porte de planta alto y altura de mazorca media, hojas erectas de color verde oscuro, mazorca corta de forma cilíndrica cónica con 12 a 14 hileras y con 21 a 30 granos por hilera, granos con corona hendida, grano semidentado y color blanco cremoso. La hembra, B-49 x B-41, se caracteriza por tener buena tolerancia al acame, sanidad de planta y mazorca. El progenitor macho B-51, se formó a partir de la

retrocruza unodel progenitor B-50 usando como donador alprogenitor B-48 y como progenitor recurrente al progenitor B-50. El énfasis en la selección del progenitor macho B-51 fue para tolerancia a las enfermedades de roya común *Puccinia sorghi*, mildiú velloso *Sclerophthora macrospora* y pudriciones de tallo y de la mazorca.

El H-392, es un híbrido trilineal de grano blanco cremoso, de ciclo intermedio tardío, porte de planta alto a muy alto y hojas ligeramentecurvadas de color verde oscuro. Tiene altura de mazorca intermedia, la forma de la mazorca es cónica cilíndrica y grano intermedio (entre semicristalino y semidentado), es tolerante al acame y presenta buena sanidad de planta y mazorca. Por su potencial de rendimiento de grano y características de planta, el híbrido H-392 podría utilizarse de doble propósito, grano y forraje. La hembra del híbrido H-392 es una cruce simple formada en el Campo Experimental Pabellón del INIFAP y se formó con los progenitores PAB-7 x PAB-8, "la línea PAB-7 (PGB-2-1-3-1-1-N1-3-b-b-b) se derivó de una población subtropical tardía de grano blanco denominada PGB, y PAB-8 se derivó de la línea pública del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), CML- 312, cuya genealogía actual es: CML-312-2-1-1-B-B-#. La hembra del híbrido H-392 tiene "altura de planta de 2.8 a 3.2 m, hojas curvadas, espiga abierta con 12 a 14 ramas primarias, estigmas con intensidad de color débil, mazorca cilíndrica con 14 a 18 hileras y de 41 a 50 granos por hilera, grano semidentado y de color blanco. La línea B-52, es el progenitor macho, el cual se formó a partir de la retrocruza uno del progenitor B-50 usando como donador al progenitor B-48 y como progenitor recurrente al progenitor B-50. El énfasis en la selección del progenitor macho fue para tolerancia a las enfermedades de roya común *Puccinia sorghi*, mildiú velloso *Sclerophthora macrospora*, pudriciones del tallo y de la mazorca.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El maíz H-391 durante el periodo de 2013-2017 fue evaluado en seis localidades. Con base en el promedio de rendimiento de grano de todas las localidades se encontró que este híbrido trilineal superó en un 13 % al híbrido H-318 y en 3 % al híbrido H-377. A pesar de que estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, el híbrido H-391 tiene ventajas importantes como: mejor tolerancia al acame que el híbrido H-318, precocidad similar al híbrido H-377, pero en producción de semillas, el macho del híbrido H-391 los supera en sanidad de planta, mazorca y tolerancia al ataque de Mildiú Velloso *Sclerophthora macrospora*. Al considerar el comportamiento del híbrido trilineal H-391 en las tres áreas ecológicas: subtropical, trópico y transición, el híbrido H-391 consistentemente rindió más que los híbridos H-377 y H-318, en el subtropical, fue la zona donde se obtuvo la media de rendimiento del H-391 más alta, con 10,349 kg ha⁻¹ seguida de la zona de transición, donde el mismo híbrido obtuvo un promedio de 6113 kg ha⁻¹ de grano de maíz en peso seco. Esto confirma, que la región subtropical es la zona principal de adaptación del H-391, porque ahí expresa un mayor potencial de rendimiento y otras características agronómicas, debido al origen genético del germoplasma.

El híbrido H-392 se evaluó en el sistema de siembra de temporal en las localidades de Tlajomulco, Jal., Santa María del Oro, Nay., Apatzingán, Mich. e Iguala, Gro., en punta de riego en Peña del Panal, Mich., y en riego en Pabellón, Ags., estas localidades cubren un espacio de exploración entre 800 y 1966 m de altitud. Las localidades de Tlajomulco y Peña del Panal se consideran ambientes subtropicales, Iguala, Santa María del Oro y Apatzingán tropicales, y Pabellón y Tepatitlán de transición. En promedio de todas localidades, el híbrido H-392 superó en rendimiento de grano a los híbridos H-318 y H-377 con 1243 y 585 kg ha⁻¹, respectivamente. Sin embargo, estas diferencias en rendimiento de grano no fueron significativas ($P \leq 0.05$), sólo la diferencia entre H-392 y H-318 fue significativa al 0.06 de probabilidad. La altura de planta de H-392 fue mayor en 7 y 9 %, y su tolerancia al acame (8 %) fue intermedia entre los híbridos H-318 (14 %) y H-377 (5 %), respectivamente. Al analizar el comportamiento por año del maíz híbrido H-392 y el de los testigos, se observó que, a través de años, el híbrido H-392 fue superior que los híbridos H-318 y H-377 en los cinco años de evaluación, lo que demuestra el potencial que tiene a través

de años y localidades. Con base en estos resultados se considera por lo tanto, que el ámbito de adaptación del híbrido H-392 se ubica entre los 1500 y los 2000 metros sobre el nivel del mar, que corresponden a las zonas ecológicas subtropical y de transición de México.

CONCLUSIONES

Los nuevos maíces de endospermo blanco, H-391 y H-392, están disponible para productores, asociaciones de productores o empresas semilleras mexicanas para que los produzcan y comercialicen a un precio más accesible al productor.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del Proyecto Fiscal financiado por el INIFAP. "Formación de híbridos y variedades mejoradas de maíz de grano blanco y amarillo para las zonas subtropical y de transición de México y diversificación de germoplasma".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ramírez D., J. L., I. Alemán de la T., A. Ledesma M., V. A. Vidal M., N. O. Gómez M., . Salinas M., A. Peña R., D. Briones R., S. Ruiz R., L. E. Arias C. y E. Bautista R. 2019. H-391. Híbrido trilineal de grano blanco para la zona centro occidente de Méxi-co. Folleto Técnico Núm. 3. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal. 29 p.
2. Ramírez D., J. L., A. Peña R., I. Alemán de la T., V. A. Vidal M., A. Ledesma M., D. Briones R. Y. Salinas M., N. O. Gómez M., C. A. Reyes M., S. Ruiz R., L. E. Arias C. y E. Bautista R. 2019. H-392. Híbrido de maíz de grano blanco para regiones agrícolas del subtrópico y transición de México. Folleto Técnico Núm. 4. Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jal. 31 p.

SECCIÓN: Recursos genéticos y mejoramiento genético.

UNA APROXIMACION AL DESARROLLO DE PROTOCOLOS DE FERMENTACIÓN EN 13 GENOTIPOS DE CACAO

Alfonso Azpeitia Morales^{1*}, Alejandro Juárez Cruz² y Norma del Carmen Hernández Rivera³

¹Programa de cultivos industriales perenes en el Campo Experimental Huimanguillo, Tabasco.
²Estudiante de la carrera de Ingeniería en industrias Alimentarias. ³Profesora-Investigadora del Instituto Tecnológico de Macuspana.
azpeitia.alfonso@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cacao, *Theobroma cacao* L. Fermentación.

INTRODUCCIÓN

En México las plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) ocupan una superficie de 59,655.16 ha (SIAP 2020) con genotipos del tipo amelonado (70 %), calabacillo (26 %) y criollo (4 %), los cuales se propagan por semilla (Azpeitia, 2019). En Tabasco existen 40,923.26 ha, donde se producen 18,298 t, y en Chiapas hay 18,475.90 ha con 9,870 t (SIAP, 2020). El cacao es un grano importante para elaborar chocolates y derivados; pero su calidad depende de la fermentación, la cual se traduce en la expresión de sus notas de aromas y sabores del chocolate. Cada genotipo requiere del desarrollo de un protocolo específico de fermentación que permita obtener el mayor porcentaje de grano fermentado. La fermentación es una serie de cambios fisicoquímicos que generan el desarrollo de sabor y aroma característicos del chocolate. Los defectos, que se consideran son: la falta de fermentación, la fermentación excesiva y la contaminación. La prueba de corte, empleada en la clasificación del cacao en grano indica una aproximación a encontrar defectos organolépticos como: amargor excesivo y astringencia debido a una alta proporción de granos pizarrosos, sabor a moho/humedad característica de granos mohosos (CAOBISCO, 2015). El tiempo de fermentación es de acuerdo con el material genético y no existe un protocolo aplicable a todo tipo de cacao.

Con base a lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue: Establecer protocolos preliminares de fermentación específicos para 13 genotipo de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Experimental Huimanguillo, perteneciente al INIFAP en el estado de Tabasco. Los genotipos que se estudiaron fueron: Caehui, Chibolón, K'in, H-20, Supremo, H-33, PA-169, ICS-95, UF-273, y Carmelo como testigo. Los genotipos fueron cosechados durante el año 2019 en el banco de germoplasma de cacao del INIFAP. Se utilizaron cajas de madera de teca de 27 L para realizar microfermentaciones, se utilizó un promedio de 3 kg de cacao en baba por genotipo. Los tratamientos que se evaluaron fueron: 1) 3 días de fermentación, 2) 6 días de fermentación y 3) 9 días de fermentación, bajo un diseño experimental completamente al azar. Cada dos días el grano fue removido y continuó hasta completar su periodo del tratamiento. Posteriormente, el grano de cada tratamiento fue secado al sol durante 5 días hasta alcanzar 7% de humedad. Los granos fueron evaluados por medio de una prueba de corte donde se tomo una muestra de 100 granos, donde se evaluó el porcentaje de granos con base a su coloración interna: 1) marrón, 2) violeta, 3) rubio y 4) pizarroso de acuerdo con el protocolo del FCCI (2016). Así mismo fue medido el pH del grano con apoyo de un potenciómetro marca Hannan, donde fueron utilizados 10 gr de cacao molido y diluido en 50 ml de agua destilada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fermentación del grano a los tres, seis, y nueve días. Los resultados mostraron a los tres días que el genotipo Carmelo considerado como testigo fue superior estadísticamente a los demás genotipos, alcanzando casi un 80% de granos con color marrón, indicativo de fermentación en la prueba de corte. El resto de los genotipos presentaron coloración violeta del grano en arriba del 80% (Figura 1). Para los seis días de fermentación, el porcentaje de granos marrón para el control bajo considerablemente al 5%, mientras que para Caehui, ICS 6, PA 169, H-42 y Mestizo fueron estadísticamente superiores al resto de genotipos en estudio con porcentajes superiores al 70% de granos marrón. Estos resultados muestran que este grupo se fermenta mejor a los seis días (Figura 2).

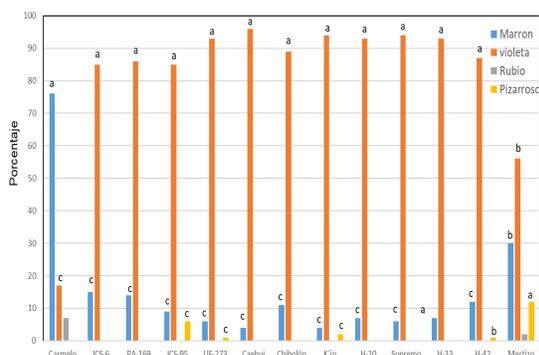


Figura 1. Porcentaje de granos marrón, violeta, rubio y pizarrosos a los tres días de fermentación en 13 genotipos de cacao. El genotipo Carmelo fue considerado como testigo (n=100 semillas, los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05).

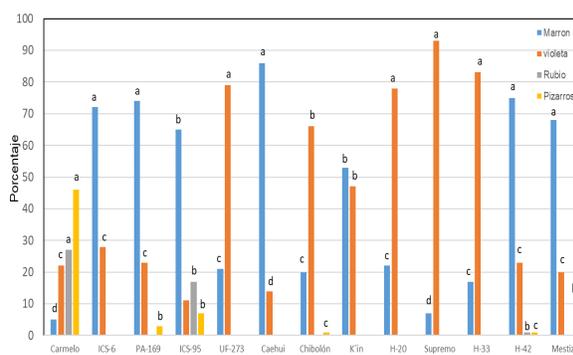


Figura 2. Porcentaje de granos marrón, violeta, rubio y pizarrosos a los seis días de fermentación en 13 genotipos de cacao. El genotipo Carmelo fue considerado como testigo (n=100 semillas, los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05).

A los 9 días, los resultados mostraron que el genotipo PA 169 fue superior al testigo y al resto de los demás con un 100% de granos marrones, lo cual indica que este genotipo, su fermentación es mas apropiada durante los 9 días (Figura 3).

En los resultados en esta investigación, encontramos que existieron diferencias entre los genotipos estudiados. El testigo Carmelo el cual es considerado como genotipo criollo de almendra blanca, su fermentación se obtuvo a los tres días, mientras que los demás genotipos se dieron a los seis días e incluso a los nueve días como el caso de genotipo PA 169.

En la Figura 4, los resultados muestran el pH de la almendra, donde se observó que, a los tres días, todos los genotipos de cacao presentaron pH ácido de alrededor de tres. Durante los seis días, el pH se incremento en cuatro y arriba de este para los genotipos Carmelo, ICS-95 e ICS-6. Para los nueve días, el genotipo ICS-95 presentó un pH alcalino cercano a ocho. Es importante señalar que todos los genotipos tuvieron un pH arriba de cinco. Generalmente, el pH del grano de cacao fermentado oscila entre un pH de 5.0 a 5.6. De acuerdo con Portillo, Graziani de Fariñas y Betancourt (2007) reportaron valores de pH para el grano de cacao porcelana de 5.12 y 5.23, a los tres y cuatro días de fermentación respectivamente, adicionalmente el grano de cacao ICS 6 presentó un de pH de alta acidez. Debido a las diferencias genotípicas, los resultados con 13 genotipos estudiados no son similares a los reportados, ya que su pH fue bajo a los tres días, mientras q a los cuatro días solamente tres genotipos, Carmelo, ICS 95 estuvieron cercanos a pH 5. A los 9 días de fermentación, el pH en todos los genotipos estuvieron arriba de 5, sobresaliendo los genotipos ICS 95 el cual fue superior estadísticamente a todos los tratamientos y un grupo de siete genotipos presento pH cercano a 7 (Carmelo, Caehui, K'in, Supremo, Hibrido 42,

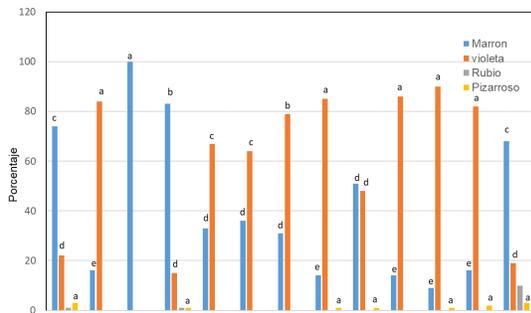


Figura 3. Porcentaje de granos marrón, violeta, rubio y pizarrosos a los nueve días de fermentación en 13 genotipos de cacao. El genotipo Carmelo fue considerado como testigo (n=100 semillas, los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05).

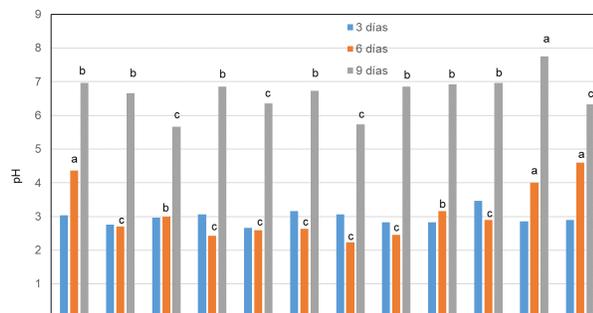


Figura 4. pH del grano a los 3, 6 y 9 días de fermentación en 13 genotipos de cacao. El genotipo Carmelo fue considerado como testigo (n=4 y cada una con 100 semillas, los valores con la misma letra son iguales estadísticamente, Tukey 0.05).

Mestizo y UF 273. Actualmente, los genotipos en estudio se encuentran en catación de chocolate al 70% procedentes del proceso de fermentación a los tres, seis y nueve días para correlacionar el tiempo de fermentación, pH y calidad organoléptica.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados mostrados, el periodo de fermentación esta ligada al genotipo y desde este punto de vista se requiere el desarrollo de protocolos específicos para cada variedad e incluso mezclas de diferentes variedades. Es evidente que el genotipo criollo denominado Carmelo presenta su mejor fermentación a los tres días con cerca del 80% de granos color marrón, otro grupo de genotipos constituido por Caehui, ICS 6, PA 169, H-42 y Mestizo su fermentación fue del 70%. Para los 9 días, los resultados mostraron que el genotipo PA 169 presento 100% de granos marrón. Es importante indicar que, a los 9 días de fermentación, el pH en todos los genotipos estuvo arriba de 5, sobresaliendo los genotipos ICS 95 y un grupo formado por Carmelo, Caehui, K'in, Supremo, hibrido 42, Mestizo y UF 273 presentaron pH cercano a 7.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Azpeitia, M. A. (2019) Olmeca: híbrido de cacao para alto rendimiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(8): 1999-2003, <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2054>.
- CAOBISCO/ECA/FCC, Chocolate, Biscuits & Confectionery of Europe/European Cocoa Association/Federation of Cocoa Commerce (2015) *Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements*. M.J. End and R. Dand (eds.). CAOBISCO/ECA/FCC. Brussels, Belgium and London, UK. 109 p.
- FCCI. 2016. *Protocolo de Muestras de Cacao*. Fine Cacao and Chocolate Institute, 3 p.
- Portillo, E, Graziani de Farinas, L, & Betancourt, E. (2007). Chemical analysis of Criollo Porcelana Cocoa (*Theobroma cocoa* L.) in the South of Maracaibo Lake. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 24(3), 522-546.
- SIAP, Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2020) *Anuario estadístico de la producción agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (abril 2021).

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CARACTERIZACIÓN CUALITATIVA Y DIVERSIDAD MORFOLÓGICA DE VARIEDADES CRIOLLAS Y CHILES SILVESTRES (*Capsicum* spp) EN CAMPECHE, MÉXICO

Crescencio de la Cruz Castillo Aguilar^{1*}, Lucero del Carmen López Castilla³, Rubén Andueza Noh³, René Garruña³, Ricardo Antonio Chiquini Medina²
¹Colegio de Postgraduados Campus Campeche; ²Tecnológico de Chiná, Campeche
³CONACYT-Instituto Tecnológico de Conkal, Yuc.

ccca@colpos.mx

Palabras clave: morfológica, variedades criollas, chiles silvestres

INTRODUCCIÓN

Los recursos genéticos de las plantas representan uno de los componentes más importantes de la biodiversidad, y su conservación permite realizar estudios de diversidad y evolución de las especies vegetales. Uno de los objetivos de la caracterización morfológica es la descripción de varios cultivares o ecotipos en busca de la diferenciación entre ellos, así como conocer la variación genética existente como recurso potencial para el mejoramiento genético (Govindaraj *et al.*, 2015). La caracterización morfológica de los recursos fitogenéticos, es la evaluación de características de la planta y su comportamiento por efecto del ambiente, la cual presenta la desventaja de plasticidad fenotípica, así como la determinación de pocos caracteres que permitan diferenciar los fenotipos dentro de una especie, lo cual da origen a la caracterización molecular mediante marcadores de ADN, con potencial de diferenciación entre plantas de una misma especie, caracterización absolutamente insensibles al ambiente (Laurentin, 2009). Sin embargo, la caracterización morfológica sigue siendo el primer contacto del conocimiento de las características de la planta con el uso de características cuantitativas y cualitativas, siendo consideradas éstas últimas poco influenciadas por el ambiente.

México cuenta con una gran cantidad de recursos fitogenéticos, incluidos especies del género *Capsicum* spp. En la península de Yucatán, el chile forma parte de la cultura de las comunidades rurales mayas, por lo cual los agricultores han conservado una gran diversidad de ecotipos de *Capsicum*. Sin embargo, muchos de los ecotipos no han sido del todo estudiados y es requerido una caracterización fenotípica que apoye al conocimiento de la diversidad genética, y ayude al proceso de conservación *in situ* y *ex situ*. El objetivo de la investigación fue la caracterización morfológica cualitativa de nueve ecotipos de chile cultivados bajo condiciones de invernadero, como elemento de apoyo a estudios de la diversidad genética de *Capsicum* en el estado de Campeche.

MATERIALES Y MÉTODOS

Frutos maduros de nueve ecotipos de chile fueron colectados en comunidades rurales del estado de Campeche (Calkiní, Campeche, Champotón y Palizada). Siete de los ecotipos del género *Capsicum annuum*: maax, bolita, dos tipos de Xcatik, chile dulce, chile verde y chile bobo), un ecotipo de *Capsicum chinense* (chile habanero rosita) y uno de *C. frutescens* (pico paloma). El trabajo experimental *ex situ* se llevó a cabo de mayo a diciembre de 2017 en el Campus Campeche del Colegio de Postgrados, ubicado en la localidad de Sihochac, municipio de Champotón, Campeche, a una altitud de 15 msnm, a 19 ° 29 '56.3 "NL, 90 ° 32 '44.5 "WL. Se extrajo semilla de los frutos de chile colectados para la obtención de plántulas. Las semillas se sembraron bajo prácticas estándar de producción en charolas de poliestireno de 200 cavidades, utilizando como sustrato peat moss canadiense. El trasplante se realizó a los 55 días después de la siembra en condiciones de invernadero y fertirrigación. La separación entre surcos fue de 1,5 m, a una distancia entre plantas de 0.30 m. El manejo agronómico consistió en riego, fertilización, control de malezas y control de plagas y enfermedades, según lo establecido por Soria *et al.* (2002). La evaluación morfológica de los ecotipos se realizó mediante la Guía de Descriptores de *Capsicum* (*Capsicum* spp.) del Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI, 1995). Se midieron un total de 39 variables cualitativas, que incluían características de la plántula, planta, flor, fruto y semilla. El diseño experimental fue el de bloques completos al azar con tres repeticiones. La unidad experimental consistió de 13 plantas, de las cuales 10 constituyeron la unidad experimental útil. Los patrones de variación se

analizaron con estadística descriptiva, análisis de componentes principales (CP) para las variables cuantitativas y cualitativas, respectivamente, con el software Statistical Analysis System (SAS 9.0.)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los primeros cuatro componentes principales explicaron el 77.35% de la variabilidad morfológica cualitativa observada de los diferentes ecotipos de *Capsicum* evaluados. El CP1 aportó el 35.51% de la variación influenciada por la pubescencia del hipocotilo, antocianinas en los nudos del tallo, margen de la hoja, color de la mancha de la corola, color del filamento de la antera, pedicelo atado al fruto, color de la semilla, tamaño de la semilla y número de semillas por fruto.

Cuadro 1 Varianza explicada y varianza acumulada obtenidas por los cuatro primeros componentes principales de 39 variables cualitativas de nueve ecotipos de *Capsicum* spp del estado de Campeche

| | Componentes principales | | | |
|--|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|
| | CP1 | CP2 | CP3 | CP4 |
| Valores propios | 13.07 | 7.15 | 5.35 | 4.58 |
| Proporción de la varianza explicada | 3.51 | 18.34 | 13.73 | 11.76 |
| Proporción de la varianza acumulada | 33.51 | 51.85 | 65.59 | 77.35 |
| Variable evaluada | Correlación de valores | | | |
| Color del hipocotilo | 0.226 | 0.529 | 0.488 | -0.206 |
| Pubescencia del hipocotilo | -0.820 | -0.024 | -0.316 | 0.169 |
| Forma del cotiledón | 0.399 | -0.367 | 0.367 | 0.664 |
| Color del tallo | 0.430 | -0.019 | -0.297 | 0.203 |
| Antocianinas en el nudo del tallo | 0.781 | 0.101 | -0.466 | 0.027 |
| Forma del tallo | 0.332 | -0.880 | 0.283 | 0.078 |
| Pubescencia del tallo | 0.159 | -0.007 | 0.542 | 0.285 |
| Hábito de crecimiento de la planta | 0.322 | -0.880 | 0.283 | -0.078 |
| Densidad de ramificación | -0.627 | -0.607 | 0.415 | 0.239 |
| Macollamiento | -0.703 | -0.570 | -0.088 | 0.294 |
| Densidad foliar | -0.607 | -0.504 | 0.547 | -0.088 |
| Color de la hoja | 0.500 | -0.367 | -0.230 | 0.653 |
| Forma de la hoja | 0.344 | -0.170 | -0.172 | 0.650 |
| Margen de la hoja | -0.870 | 0.283 | -0.077 | -0.328 |
| Pubescencia de la hoja | -0.456 | 0.127 | -0.660 | 0.051 |
| Número de flores por axila | -0.322 | 0.880 | -0.283 | 0.078 |
| Posición de la flor | -0.595 | 0.047 | -0.466 | 0.129 |
| Color de la corola | -0.641 | 0.718 | -0.224 | -0.110 |
| Color de la mancha de la corola | -0.878 | 0.096 | -0.015 | -0.379 |
| Longitud de la corola | 0.581 | 0.142 | 0.532 | -0.085 |
| Color de la antera | 0.205 | 0.395 | 0.203 | -0.800 |
| Color del filamento | -0.880 | 0.176 | -0.042 | -0.360 |
| Exserción del estigma | -0.331 | 0.529 | 0.488 | 0.239 |
| Margen del cáliz | 0.376 | -0.367 | 0.367 | 0.193 |
| Cuajado del fruto | 0.624 | -0.019 | -0.297 | 0.778 |
| Color del fruto maduro | -0.315 | -0.181 | 0.703 | 0.193 |
| Forma del fruto | -0.404 | 0.249 | 0.140 | 0.778 |
| Forma del fruto atado al pedicelo | 0.669 | 0.477 | 0.168 | 0.346 |
| Forma del ápice del fruto | 0.482 | 0.336 | 0.145 | 0.585 |
| Vestigio de floración | 0.282 | 0.239 | 0.554 | 0.363 |
| Corrugación del fruto | -0.031 | 0.846 | 0.205 | 0.333 |
| Número de lóculos | 0.325 | 0.572 | 0.652 | 0.263 |
| Superficie del fruto | -0.036 | 0.513 | 0.186 | 0.147 |
| Pedicelo atado al ruto | 0.850 | 0.371 | 0.133 | -0.006 |

Cuadro 1. Continuación.

| Variable evaluada | Correlación de valores | | | |
|------------------------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | | | | |
| Pedicelo atado al tallo | 0.560 | -0.181 | -0.138 | -0.175 |
| Color de la semilla | 0.931 | -0.223 | 0.114 | 0.200 |
| Superficie de la semilla | -0.725 | 0.264 | 0.270 | -0.491 |
| Tamaño de la semilla | 0.850 | 0.344 | 0.319 | -0.108 |
| Numero de semillas por fruto | 0.926 | 0.282 | 0.121 | -0.185 |

El CP2 (18.34%) fue influenciado por el número de flores por axila, hábito de crecimiento de la planta, color de la corola y corrugación del fruto. El CP3 (13.73) pubescencia de la hoja, color del fruto maduro, y número de lóculos. Finalmente el CP4 (11.76) incluyó como responsables de la variación estimada de los ecotipos de chile evaluados el color de la antera, cuajado del fruto y forma del fruto. Estos resultados indican que la variación morfológica de los diferentes ecotipos de chile puede ser explicada por diferentes características morfológicas cualitativas de la planta de *Capsicum*, no solamente por características de flor tradicionalmente utilizadas (Galvez – Muñoz *et al.*, 2018). Los resultados hallados mostraron que la descripción cualitativa de *Capsicum* es un elemento importante en la diferenciación de los ecotipos, atribuido a que son características poco influenciadas por factores ambientales (Elizondo-Cabalceña *et al.*, 2016); además son el primer contacto directo que se tiene con las plantas. Es posible que el número de características morfológicas que puedan explicar la variación entre diferentes ecotipos de chile esté en función de los ecotipos de *Capsicum*, la región y las condiciones de evaluación: in situ o ex situ. Con base en lo hallado se puede decir el género *Capsicum* en el estado de Campeche requiere de información complementaria y más extensa sobre su variabilidad morfológica y su distribución geográfica para un mejor uso sostenible. Resultados no mostrados de un análisis molecular complementario de los ecotipos caracterizados, indicaron un total de 88% de loci polimórficos y una alta diversidad genética ($I = 0.44$); sobresaliendo el ecotipo pico paloma con un porcentaje de loci polimórficos e índice de diversidad con valores de 14.29 y 0.088

CONCLUSIONES

Los resultados ponen de manifiesto la utilidad de los caracteres cualitativos de diferentes partes de la planta de *Capsicum*, como procedimiento del conocimiento morfológico de la planta y como elemento para la determinación de la diversidad genética. La variabilidad morfológica cualitativa hallada fue alta, lo sitúa al género *Capsicum* como un recurso genético valioso, por lo que se debe conocer más de sus características, la evolución de su diversidad genética y la localización geográfica de los diferentes ecotipos, así como sus usos potenciales, programas de conservación y mejoramiento genético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Govindaraj, M., M. Vetriventhan, and M. Srinivasan. 2015. Importance of genetic diversity assessment in crop plants and its recent advances: an overview of its analytical perspectives. *Genet. Res. Int.* 2015:431487.
2. Laurentin, H. 2009. Data analysis for molecular characterization of plant genetic resources. *Genetic Res. Crop Evol.* 56:277-292.
3. Gálvez-Muñoz YA, Martínez-Moreno E, Ramírez-Vera S, Latournerie –Moreno, L, Lester-Gordillo JM, y Castañón-Najera G. 2018. Diversidad morfológica de poblaciones silvestres y semi-silvestres de chiles de los estados de Tabasco y el norte de Chiapas. *Phyton* 87:60-67.

IPGRI. 1995. Descriptors for *Capsicum spp.* Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI), Secretariat, Rome, Italy. 32 p.

Elizondo-Cabalqueta, E; Monge-Pérez, J. Caracterización morfológica de 12 genotipos de chile dulce (*Capsicum annuum* L.) cultivados en invernadero en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 29(3):. 60-72.

Sección. Mejoramiento y recursos genéticos

HONGOS PROMOTORES DEL CRECIMIENTO VEGETAL ASOCIADOS A LA RAZA DE MAIZ “ELOTES CÓNICOS”

Lily X. Zelaya-Molina¹, Ismael F. Chávez-Díaz¹, Alejandra D. Sánchez-Lima², Marco A. Aragón-Magadan¹, Rafael Bustamante-Brito³, Soledad Vázquez-Murrieta⁴, Esperanza Martínez-Romero³, Juan Ramos-Garza².

¹Centro Nacional de Recursos Genéticos-INIFAP; ²Universidad del Valle de México-Chapultepec, ³Centro de Ciencias Genómicas-UNAM, ⁴Escuela Nacional de Ciencias Biológicas-IPN.

lilyzelayam@yahoo.com.mx

Palabras clave: Bio-productos, *Aspergillus*, *Talaromyces*.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el uso de agroquímicos genera efectos adversos sobre la calidad del suelo y del agua, así mismo genera resistencia en los fitopatógenos. Una alternativa al empleo de estos productos es la implementación de “estrategias verdes o amigables con el ambiente” mediante el uso de bio-productos desarrollados a base de microorganismos benéficos. Dentro de ellos, los hongos promotores de crecimiento vegetal (HPCV) mejoran el crecimiento de las plantas, confieren tolerancia al estrés e inducen resistencia sistémica (Jahagirdar et al., 2019), además de ser algunos de los microorganismos más resistentes asociados con las plantas. Los HPCV asociados a maíz se conoce son buenos promotores de crecimiento vegetal al mejorar el crecimiento de las plantas y proporcionar protección contra factores abióticos y bióticos, que disminuyen el rendimiento. Entre aquellos hongos que han demostrado mejorar la absorción y disponibilidad de nutrientes en el suelo se encuentran cepas de *Trichoderma harzianum*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Pochonia chlamydosporia*, *Purpureocillium lilacinum* y *T. asperellum*. Las cepas que inhiben el crecimiento de patógenos vegetales incluyen a *T. harzianum* CCTCC-RW0024, Th-8 y T73 que reducen la pudrición del tallo de *F. graminearum* (86,66%), la pudrición de la mazorca de *F. verticillioides* (69-70%) y la pudrición de la mazorca de *F. proliferatum* (100%), respectivamente (Suhaida & NurAinlzzati, 2013). Además, la cepa *Acremonium* sp. ENF 31 confiere tolerancia a suelos ácidos (Potshangbam et al., 2017).

Las razas mexicanas de maíz son ambientes muy dinámicos con una microbiota influenciada por el genotipo de la planta (Poli et al., 2016). Por tal motivo, este estudio exploró las comunidades de hongos dependientes del cultivo asociadas con la raza de maíz mexicano “elotes cónicos”. Se evaluó la tolerancia al estrés y la promoción del crecimiento de las plantas, para determinar qué cepas fúngicas con propiedades de HPCV podrían incrementar la producción de maíz en la localidad de La Paila en el estado de Hidalgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se recolectaron 24 plantas de la raza de maíz mexicano “elotes cónicos” en La Paila, en el estado de Hidalgo. A partir de 10 g de muestras de hojas y raíces, previamente desinfectadas, y de suelo rizosférico, se realizaron diluciones seriales hasta 10^{-3} , 100 μ l de cada dilución se inocularon en PDA, y las placas de Petri se incubaron a 28 °C por 3 d. Las colonias de hongos se seleccionaron, se purificaron en PDA y se conservaron en glicerol al 50% a -72°C. Los ensayos de actividad enzimática para amilasas y pectinasas se realizaron en medio Castañeda, utilizando 2% de almidón y 1% de pectina como fuente de carbono, respectivamente. Se evaluó la producción de celulasas en medio Rojo Congo y la producción de proteasas en medio de leche descremada. Los 4 medios se inocularon a partir de cultivos de hongos en PDA con 14 d de crecimiento. Todos los medios se incubaron a 28 °C durante 5 d. La formación de un halo claro alrededor de la colonia después de inundar con una solución de yodo (1% p/v), se consideró un resultado positivo de la producción de amilasas. La actividad de las pectinasas se evidenció por la presencia de un halo claro alrededor de la colonia después de ser inundada con bromuro de cetiltrimetilamonio (CTAB) (5% p / v). La producción de celulasa y proteasa se evidenció por un halo claro alrededor de la colonia. La solubilización de fosfato se evaluó inoculando medio Pikovskaya con cubos de 5 mm³ de cultivos de hongos con 14 d de crecimiento en PDA; un halo claro alrededor de la colonia se consideró como resultado positivo. La producción de ácido indolacético (IAA) se probó con 3 cubos de 5 mm³ de cultivos de hongos con 14 d de crecimiento en PDA, que se inocularon en caldo YPD y se agitaron a 120 rpm, a 28 °C durante 5 d; los

cultivos se centrifugaron a 10,000 g por 1 min y se filtraron a través de un filtro de 0.2 µm (Millipore). Finalmente, se mezcló 1ml del cultivo filtrado con 1ml de reactivo de Salkowski (2% de FeCl₃ 0.5 M en HClO₄ al 35%) y se incubó a temperatura ambiente durante 30 min, el desarrollo de color rosa se consideró un resultado positivo. La producción de metaloforos se evaluó en medios de cromo azurol S (CAS) considerando los metales: Co²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Ni²⁺, Pb²⁺, Fe²⁺, As⁵⁺, y As³⁺, los cuales se evaluaron a una concentración de 56 ppm. Además, para la evaluación de tolerancia a estrés hídrico, se colocaron en PDA suplementado con NaCl al 3, 8 y 10%, cubos de 5 mm³ de cultivos de hongos con 14 d de crecimiento en PDA. El ADN total se extrajo de cultivos de hongos con 5-7 d de crecimiento, utilizando el kit Quick-DNATM Fungal / Bacterial Miniprep (Zymo Research, EE. UU.), siguiendo las instrucciones del fabricante. La región ITS se amplificó en una mezcla de PCR con los iniciadores universales ITS1 e ITS4, los amplicones obtenidos fueron secuenciados por Macrogen, Corea del Sur. Las secuencias fueron editadas y alineadas, y el análisis filogenético se realizó utilizando MEGAX con 1000 replicaciones bootstrap.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un total de 89 cepas de hongos a partir de las raíces, hojas y rizosfera de las plantas de maíz. Las secuencias obtenidas se agruparon en 33 diferentes haplotipos, y el análisis filogenético clasificó todas las cepas como Ascomycetes, pertenecientes a los órdenes: Pleosporales, Hypocreales, Onygenales, Capnodiales, Helotiales y Eurotiales; cepas de los géneros *Penicillium* y *Didymella* fueron las más abundantes, seguidas de cepas de *Fusarium*, *Aspergillus*, *Clonostachys*, *Microsphaeropsis*, *Cladosporium*, *Trichoderma*, *Talaromyces* y *Epicoccum* (Figura 1).

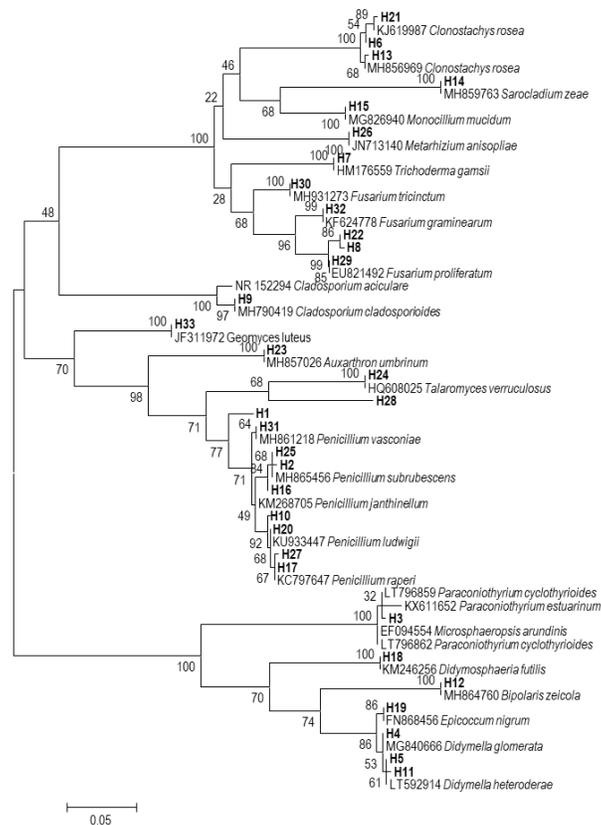


Figura 1. Árbol filogenético generado con el programa MEGA X, a partir de las secuencias de la región ITS de las cepas analizadas en este estudio.

La producción de enzimas fue muy variable, solo 5 cepas fúngicas produjeron todas las enzimas: *Talaromyces* sp. RS1-7, *Didymella* sp. HFS1-11, *Fusarium* sp. HFS3-1.2, *Penicillium* sp. HSR1-8 y HSR2-4.1. Los principales productores de IAA fueron las cepas *Aspergillus* sp. HES2-2.2, *Didymella* sp. HES2-2 y HES2-7, *Fusarium* sp. HES2-PA1, *Clonostachys* sp. HFS2, *Fusarium* sp. RS2-2, *Clonostachys* sp. HSR3-3, *Cladosporium* sp. HES3-3 y *Penicillium* HSR3-2; por lo que se observa que hay cepas

específicas de hongos que producen IAA en la parte aérea y otras en la raíz y rizosfera. Asimismo, la capacidad de solubilizar fosfato inorgánico está restringida, el 47% de los aislados de la filosfera solubilizaron el fosfato inorgánico, así como el 20% de los aislados de la rizosfera y raíz y el 9% de los aislados de la endosfera foliar; en las hojas, los aislados *Talaromyces* sp. HFS1-5 y *Epicoccum* sp. HFS2-4.1 fueron los principales solubilizadores de fosfato. Todas las cepas de hongos produjeron al menos siete metaloforos diferentes; 97.93% de las cepas de hongos produjeron metaloforos para Zn²⁺ y Co²⁺, 96.56% para Cu²⁺ y Ni²⁺, 94.32% para As⁵⁺ y 90.91% para Pb²⁺, Fe²⁺ y As³⁺, la mayor producción de varios metaloforos estuvo en las cepas de la filosfera y rizosfera, en cepas de *Fusarium* sp., *Metarhizium* sp. y *Didymella* sp. Además, algunas cepas de *Clonostachys* sp. y *Didymella* sp., de la hoja y la raíz, fueron buenos productores de 2-6 metaloforos diferentes. La evaluación de tolerancia a la salinidad demostró que el 48.31% de todas las cepas de hongos crecieron en medios con 10% de NaCl, siendo cepas de los géneros *Didymella* y *Fusarium* las más tolerantes, algunos ejemplos de las evaluaciones se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Evaluación fenológica de características de promoción de crecimiento vegetal de cepas aisladas de maíz raza "elotes cónicos".

| Cepa | P de enzimas | | | | TS (%) | | | P AIA | S F | P de metaloforos | | | | | | |
|---------------------------------|--------------|---|----|---|--------|---|----|-------|-----|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | Pe | C | Pr | A | 3 | 8 | 10 | | | Co ²⁺ | Zn ²⁺ | Ni ²⁺ | Pb ²⁺ | Cu ²⁺ | Fe ²⁺ | As ⁵⁺ |
| <i>Aspergillus</i> sp. HES2-2.2 | - | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Didymella</i> sp. HES2-2 | - | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Fusarium</i> sp. HFS1-2 | - | + | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Aspergillus</i> sp. RS1-IN | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Fusarium</i> sp. RS1-5 | + | + | + | - | + | + | - | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Clonostachys</i> sp. RS2-1a | + | + | + | - | + | - | - | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Penicillium</i> sp. RS2-3a | + | - | + | + | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Talaromyces</i> sp. RS1-7 | + | + | + | + | + | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Didymella</i> sp. HFS1-11 | + | + | + | + | + | + | - | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Epicoccum</i> sp. HFS2-4.1 | + | + | + | - | + | + | - | - | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Didymella</i> sp. HFS2-6 | + | + | - | + | + | - | + | - | - | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Penicillium</i> sp. HFS3-3 | - | + | + | + | + | - | + | - | + | + | + | + | + | + | + | + |

P= producción, TS= Tolerancia a salinidad, AIA= ácido indolacético, Pe=pectinassas, C=celulasas, Pr=proteasas, A=amilasas.

La mayoría de los hongos endofíticos aislados en este estudio han sido reportados previamente en diferentes plantas, como árboles leñosos, manglares, cultivos y semillas. *Penicillium*, *Didymella*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Aspergillus* y *Clonostachys* fueron los géneros más abundantes, y diversas cepas de estos géneros se sabe tienen alto potencial para servir como hongos promotores del crecimiento de las plantas. La producción de metaloforos y arsenoforos fueron las principales actividades realizadas por las cepas fúngicas de este estudio. Las cepas fúngicas *Aspergillus* sp. HES2-2.2, *Talaromyces* sp. RS1-7 y *Penicillium* sp. HFS3-3 fueron las que presetaron las mejores características de promoción de crecimiento vegetal.

CONCLUSIONES

Los resultados revelaron que las cepas fúngicas *Aspergillus* sp. HES2-2.2, *Talaromyces* sp. RS1-7 y *Penicillium* sp. HFS3-3, son los microorganismos más prometedores como PGPF para la raza de maíz "elotes cónicos".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- Jahagirdar S, Kambrekar DN, Navi S, Kunta M. 2019. Plant growth-promoting fungi: diversity and classification. In: Jogaiah S, Abdelrahman M (eds), Bioactive molecules in plant defense, Springer, Cham, pp: 25-34.

- 2- Suhaida S, NurAinlzzati MZ. The efficacy of *Trichoderma harzianum* T73s as a biocontrol agent of *Fusarium* ear rot disease of maize. Int J Agric Biol. 2013; 15: 1175-1180.
- 3- Poli A, Lazzari A, Prigione V, Voyron S, Spadaro D, Varese GC. Influence of plant genotype on the cultivable fungi associated to tomato rhizosphere and roots in different soils. Fungal Biol. 2016; 120: 862-872.
- 4- Potshangbam M, Devi SI, Sahoo D, Strobel GA. Functional characterization of endophytic fungal community associated with *Oryza sativa* L. and *Zea mays* L. Front Microbiol. 2017; 8: 325.

SECCIÓN: Recursos genéticos.

determinación de INDICADORES DE LA CALIDAD DEL SABOR EN FRUTOS DE DIVERSOS GENOTIPOS DE GUAYABO

José Saúl Padilla Ramírez^{1*}, Ma. Fernanda Delgado Díaz², Mario A. Mejía Mendoza², Ernesto González Gaona¹, Efraín Acosta Díaz³ y Consuelo de J. Cortés Penagos⁴

¹INIFAP-Campo Experimental Pabellón; ²UAA-Centro de Ciencias Básicas; ³INIFAP-C.E. General Terán; ⁴UMSNH-Facultad de Químico Farmacobiología

*padilla.saul@inifap.gob.mx

Palabras clave: Índice de madurez, grados Brix, acidez

INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava*) en México, está entre los primeros 10 frutales cultivados bajo riego con poco más de 21 mil hectáreas y los principales estados productores son Michoacán (10,070 has), Aguascalientes (6,347 has) y Zacatecas (3,180 has). Estos tres estados en conjunto representan el 93% de la superficie total, aunque también se cultiva en otros estados como Jalisco, Estado de México, Guanajuato, Guerrero, etc., y el volumen anual de producción a nivel nacional es de aproximadamente 300 mil de toneladas (SIAP, 2021). Estudios sobre la caracterización morfológica del fruto mencionan una amplia diversidad en características como: tamaño, forma, color externo e interno, número de semillas, grosor de mesocarpio, etc., lo cual se atribuye a la gran riqueza genética del germoplasma de *P. guajava* que existe en nuestro país (Padilla *et al.*, 2016). Por otra parte, la guayaba es una fruta que goza de una excelente aceptación por los consumidores, debido a la percepción de los beneficios potenciales para la salud por su contenido nutrimental, especialmente por su alto contenido de vitamina C o ácido ascórbico. Padilla *et al.*, (2014), reportaron valores de más de 200 mg de ácido ascórbico por 100 g de tejido fresco en frutos de varios genotipos de la colección *ex situ* de guayabo del INIFAP. Sin embargo, además del contenido nutrimental, existen otros atributos importantes para la aceptación del consumidor, entre estos se encuentran las propiedades organolépticas, que son todas aquellas características que poseen todos los alimentos (frutos) y que puedan ser apreciadas a través de las sensaciones que producen al paladar de quien los consume y que puede influir sobre la decisión de consumirlo o no. El sabor, la textura, el color y el aroma son los cuatro parámetros principales de las propiedades organolépticas. En este trabajo se hizo especial énfasis en el atributo del sabor, principalmente el sabor dulce, la acidez y la relación entre ambos, que en conjunto le dan el sabor característico de la guayaba. El objetivo de este trabajo fue determinar algunos indicadores y su relación entre ellos con la calidad del sabor en frutos de un grupo de genotipos de guayabo con diferente color de mesocarpio (pulpa) perteneciente al Banco de Germoplasma de *P. guajava* del INIFAP.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el ciclo de producción 2020 se determinaron las siguientes variables relacionadas con el sabor en frutos de un grupo de 29 genotipos de guayabo: 1) los sólidos solubles totales expresados como °Brix que determinan el grado de dulzor de la fruta; 2) la acidez titulable en porcentaje del ácido cítrico (AT) y 3) el índice de maduración (IM), el cual se obtuvo mediante la relación entre °Brix/Acidez. El contenido de sólidos solubles totales (°Brix) se registró con un refractómetro manual ATAGO^{MR} modelo N-1EBX con escala de 0 a 32 °Brix, mientras que la AT, se obtuvo mediante titulación a través de la ecuación:

$$AT = \frac{(N_{NaOH})(V_{NaOH})(0.064)}{\text{Peso de muestra}} \times 100 \quad \text{donde:}$$

AT = % acidez como ácido cítrico

N = Normalidad del NaOH utilizado (0.1 N)

V = Volumen (ml) del NaOH utilizado en la titulación

P = Peso de la muestra en g

0.064 = miliequivalentes de ácido cítrico

Las tres variables ($^{\circ}$ Brix, AT e IM) son indicadores del sabor de los frutos y están muy relacionadas a su grado de madurez. Por lo anterior, todos los frutos de guayaba se cosecharon en un grado de madurez similar, cuando el fruto presentó el color externo completamente amarillo, característico de la guayaba. Se colectaron de 3 a 4 frutos por genotipo y cada variable se determinó por duplicado en cada uno de los frutos muestreados, los cuales fueron partidos en su sección transversal y se tomó la muestra de tejido fresco en la parte media del fruto para $^{\circ}$ Brix y AT. Los 29 genotipos de guayabo son parte de la colección *ex situ* del Banco de Germoplasma de Guayaba del INIFAP, en el Sitio Experimental “Los Cañones” en Huanusco, Zacatecas ($21^{\circ} 44.7' N$; $102^{\circ} 58.0' O$ este y 1508 msnm), en los cuales se incluyó frutos con diferente color de pulpa (cremas; rosas; blancos, crema-amarillo y rosa con blanco). Se realizaron histogramas de frecuencias, análisis de correlación de todas las variables y de regresión lineal simple.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó una amplia distribución en los 29 genotipos para los tres indicadores de la calidad del sabor del fruto. En el dulzor o $^{\circ}$ Brix, se obtuvo un rango desde menos de 7.0 hasta más de 14.0, con la mayoría de los genotipos con frutos entre 10.0 y 11.0 $^{\circ}$ Brix. La acidez osciló entre 0.43 y 1.06, con una distribución trimodal entre 0.61 y 0.90 % de ácido cítrico. En cuanto al índice de madurez, se detectaron valores menores de 10.0 y hasta más de 23.0 en uno de los genotipos, aunque la mayoría tuvieron un IM entre 13.1 y 15.0 (Figura 1). Valores similares de $^{\circ}$ Brix (10 a 14), acidez (0.50 a 0.85 %) e IM (14.0 a 22.6), fueron observados en frutos con madurez a cosecha y a consumo de cuatro variedades de guayaba cultivadas en diferentes ambientes (Virgen, 2012).

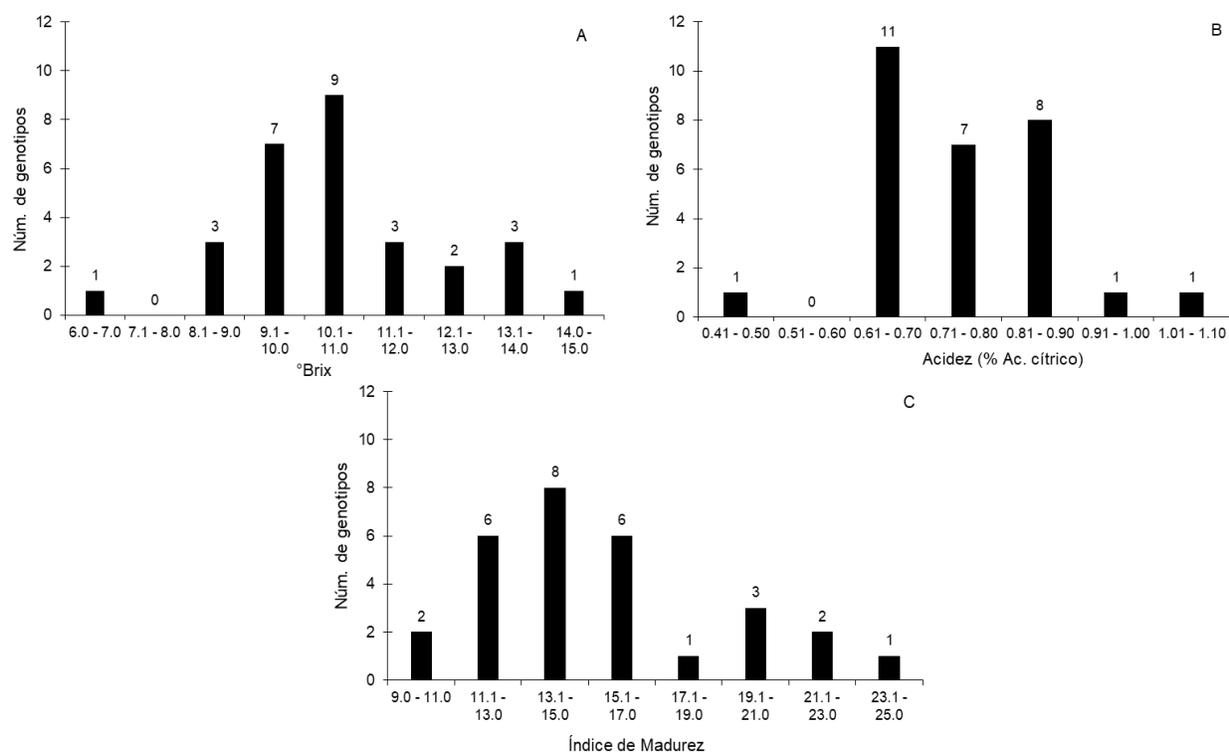


Figura 1. Distribución de 29 genotipos de guayabo (*P. guajava*) de acuerdo a los valores observados de sus indicadores de la calidad del sabor del fruto: $^{\circ}$ Brix (A), acidez (B) e índice de madurez (C).

La relación entre la acidez vs IM y $^{\circ}$ Brix vs IM, se muestra en las Figuras 2A y 2B, respectivamente. Resultados similares fueron reportados por Osuna *et al.*, (2011) y señalan que la relación entre el dulzor ($^{\circ}$ Brix) y la acidez, denominada como IM es muy importante ya que impacta considerablemente la aceptación por el consumidor, así

como en el rendimiento agroindustrial de la guayaba. Además que esta relación es inversa, ya que a un mayor contenido de °Brix y menor acidez, el IM se incrementa, lo cual puede contribuir a una mejor calidad en el sabor y un incremento en el rendimiento agroindustrial. También indican que el IM es influenciado por el estado de madurez y por lo general es mayor conforme avanza la madurez del fruto, aunque se reduce la vida de anaquel al cosechar frutos muy maduros, pues sufre daños y pierde propiedades en lo que se refiere a la acidez y la relación °Brix/acidez.

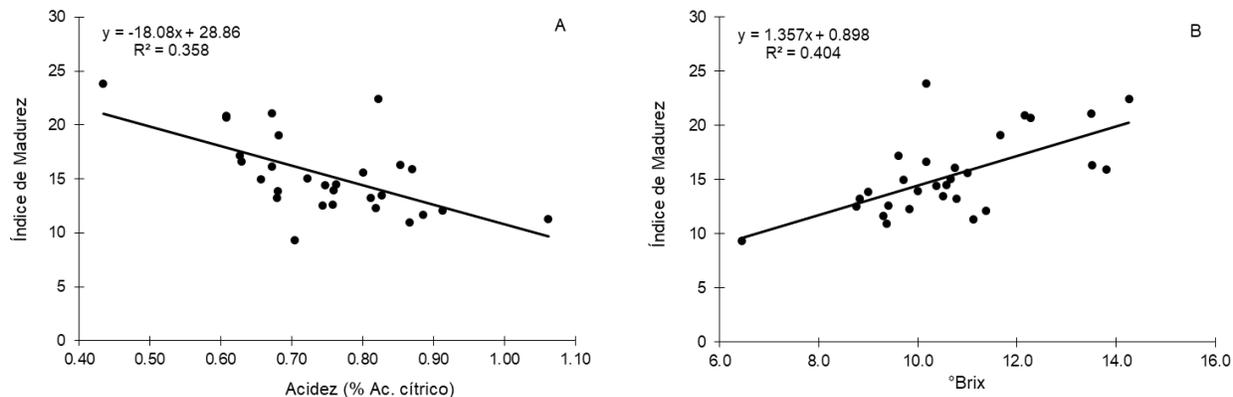


Figura 2. Relación entre la acidez y el índice de madurez (A) y los °Brix con el índice madurez en frutos de 29 genotipos de guayabo.

CONCLUSIONES

Los resultados mostraron un amplio rango en los indicadores de la calidad del sabor del fruto entre los genotipos de guayabo. Sin embargo, se considera que frutos con °Brix mayor de 11, acidez menor de 0.70 %, y un IM mayor de 15, proporcionan los mejores atributos en la calidad del sabor. Por otra parte, no se detectó ninguna relación entre el color de la pulpa y los atributos del sabor del fruto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Osuna García J.A., M.H. Pérez Barraza, Y. Nolasco González, J.S. Padilla Ramírez y R. Sánchez Lucio. 2011. Comportamiento postcosecha de selecciones sobresalientes de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas bajo riego en Nayarit. In: Padilla, R. J. S. y González, G. E. (Eds.) Memoria del Simposio Fitomejoramiento y Post-Cosecha de Guayaba. SAGARPA-INIFAP-CONASISPRO GUAYABA. Calvillo, Ags., México. Mayo de 2011. pp. 40-59.
- 2) Padilla Ramírez J.S., E. González Gaona, V.M. Rodríguez Moreno, C. de J. Cortes Penagos y T. Sánchez Rico, 2014. Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba. Folleto Técnico Núm. 58. INIFAP-CIRNOC-Campo Experimental Pabellón. 32 pp.
- 3) Padilla Ramírez, J.S., V.M. Rodríguez Moreno, E. González Gaona, C. de J. Cortes Penagos y E. Acosta Díaz. 2016. Caracterización morfológica de fruto de la colección *ex situ* de *Psidium guajava* L. Agroproductividad: Vol. 9 (4):9-18.
- 4) SIAP. 2021. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Consultada el 4 de enero de 2021.
- 5) Virgen Ceceña L.J. 2012. Comportamiento postcosecha de selecciones de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas en diferentes ambientes. Tesis de Ingeniero en Procesos Alimentarios. Universidad Tecnológica de la Costa. Santiago Ixcuintla, Nayarit, México. 72 pp.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CARACTERIZACIÓN de la DIVERSIDAD DE GERMOPLASMA DE GUAYABO CON FRUTOS DE PULPA ROSA

José Saúl Padilla Ramírez^{1*}, Ernesto González Gaona¹, Víctor M. Rodríguez Moreno¹, Efraín Acosta Díaz² y Consuelo de J. Cortés Penagos³

¹INIFAP-C.E. Pabellón; ²INIFAP-C.E. General Terán; ³UMSNH-Facultad de Químico Farmacobiología

*padilla.saul@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Psidium guajava*, colectas, conservación

INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) pertenece a la familia Myrtaceae, se distribuye principalmente en áreas con climas tropicales y subtropicales y su origen se ubica en la región de Mesoamérica (CONABIO, 2021), la cual abarca gran parte del territorio mexicano. El registro arqueológico más antiguo de esta especie en Mesoamérica es ubicado en el Valle de Tehuacán, donde se encontraron semillas de guayaba que indican su cultivo asociado a otros árboles frutales y que datan de más de cinco mil años antes del presente. Actualmente, el cultivo del guayabo tiene una gran importancia en varios países tanto a nivel mundial, como en México. La producción mundial de guayaba en 2018, fue de 7.8 millones de toneladas, de las cuales 5.1 se produjeron en Asia, principalmente en la India (4.1) y Pakistán (0.49). En África se produjeron 1.25, donde Sudan y Egipto aportaron 0.47 y 0.31 millones de toneladas, respectivamente. América Latina y el Caribe participaron con 0.86 millones de toneladas, siendo Brasil y México los principales productores con 0.35 y 0.30 millones de toneladas, respectivamente. En México, el guayabo está entre los primeros 10 frutales cultivados bajo riego con 21,127 hectáreas en promedio durante la última década (2010-2019) y los principales estados productores son Michoacán (10,070 has), Aguascalientes (6,347 has) y Zacatecas (3,180 has), que en conjunto representan el 93% de la superficie total y aportan un volumen de producción de 0.28 millones de toneladas anuales (SIAP, 2021). Actualmente el INIFAP, cuenta con una Colección *ex situ* de germoplasma de *P. guajava*, de poco más de 100 accesiones provenientes de diferentes estados del país, así como algunas introducciones de otros países, las que representan una amplia diversidad que puede ser aprovechada en el mejoramiento genético, que permita la generación de variedades con ventajas comparativas en términos de rendimiento y calidad de fruto. Trabajos sobre la caracterización del guayabo han señalado la gran diversidad fenotípica y genética del germoplasma de *P. guajava*, sobre todo en diversas características del fruto tales como: tamaño, forma, color externo/interno, número de semillas, contenido de sólidos solubles totales, contenido de vitamina C, etc. (Padilla *et al.*, 2016). Por otro lado, varios estudios han reportado los beneficios potenciales para la salud de los extractos de hojas y frutos del cultivo de guayabo, incluyendo diabetes, hipertensión, propiedades anti-obesidad, etc. (Camarena *et al.*, 2018). Algunos de estos reportes se han enfocado en cultivares de guayaba de pulpa rosa. Sin embargo, en México, la mayoría de los cultivares de guayabo utilizados por los agricultores tienen frutos de pulpa crema, a pesar de que existe una gran diversidad de germoplasma de guayaba, incluyendo tamaño del fruto, forma del fruto, color de pulpa, etc. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar la diversidad mediante la caracterizaron de un grupo de genotipos de guayabo con frutos de pulpa rosa, con lo cual se promueva un mayor aprovechamiento de la riqueza genética del guayabo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2018 se caracterizó un grupo de 31 genotipos de guayabo que presentan el fruto con pulpa de rosa, con tonalidades desde rosa pálido hasta rosa oscuro. Los árboles de guayabo pertenecen a la colección *ex situ* del Banco de Germoplasma de Guayaba del INIFAP, establecido en el Sitio Experimental "Los Cañones" en Huanusco, Zacatecas (21° 44.7' N; 102° 58.0' Oeste y 1508 msnm). El clima de la región es semicálido semiseco, con un promedio anual de temperatura máxima, media y mínima de 30.4, 20.0 y 9.6 °C, respectivamente. La precipitación promedio anual fluctúa entre 500 a 550 mm, y el mayor porcentaje de la lluvia ocurre en el periodo de julio a septiembre. El origen del germoplasma incluido representa diversos ambientes, ya que incluye genotipos colectados en Aguascalientes, Jalisco, Nayarit, Guanajuato y Zacatecas, entre otros. Además, se incluyó material segregante de otros países como la India, Sudáfrica y Colombia. Durante la etapa de madurez del fruto, se cosechó una muestra de cinco frutos por genotipo y se colocaron en bolsas de papel debidamente identificadas y se trasladaron inmediatamente para su caracterización. Se registraron dieciséis características cuantitativas y una cualitativa del fruto, las cuales corresponden a los descriptores mencionados por la Unión para la Protección de Obtenciones Vegetales para esta especie (UPOV, 1987). Las características incluyeron: peso del fruto, diámetro polar y ecuatorial, la relación entre ambos (diámetro polar/diámetro ecuatorial), forma del fruto, espesor del mesocarpio, peso del mesocarpio, número y peso de semillas, sólidos solubles totales expresados como °Brix, etc. Se realizaron análisis de componentes principales y se obtuvo la matriz de correlación entre todas las variables utilizando el software NTSYSpc V2.2.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los frutos de guayaba mostraron una amplia diversidad en la mayoría de las características. El peso de la fruta varió desde 21.9 a 176.6 g fruto⁻¹. El diámetro ecuatorial y polar fueron de 33.2 a 67.1 y de 33.2 a 74.0 mm, respectivamente. El espesor del mesocarpio varió de 3.7 a 14.1 mm; Los sólidos solubles totales fueron de 7.7 a 16.5 ° Brix. El número y peso de semillas varió de 93.5 a 383.4 semillas fruto⁻¹ y de 9.0 a 12.8 mg semilla⁻¹, respectivamente. En cuanto a la forma del fruto, se observaron frutos redondos, aperados y ovoides (Cuadro 1). La forma del fruto, está estrechamente relacionada con la relación entre los diámetros (polar y ecuatorial), ya que frutos con valores mayores a 1.3 indica que son frutos aperados, mientras que valores entre 1.1 a 1.3, describe a frutos con forma ovoide y valores cercanos 1.0 describe a frutos redondos. Resultados similares, en cuanto a la diversidad del germoplasma de guayabo fueron reportados por Padilla *et al.*, (2016), donde se incluyó genotipos con diferentes colores de pulpa. Además, señalan que algunas de las características del fruto que se consideran adecuadas por los consumidores, se incluye: frutos mayores de 90.0 g, con un diámetro ecuatorial mayor de 50.0 mm, un contenido de °Brix mayor de 12.0, espesor de mesocarpio de más de 10.0 mm y preferentemente con poca semilla (< 200) y semillas pequeña (10.0 mg semilla⁻¹).

Cuadro 1. Valores máximo, mínimo y promedio de las características del fruto de 31 genotipos de guayabo con fruto de pulpa rosa. INIFAP. Sitio Experimental Los Cañones. Huanusco, Zac,

| No. | Característica | Máximo | Mínimo | Promedio |
|-----|--------------------------|--------|--------|----------|
| 1 | Peso de Fruto (g) | 176.6 | 21.9 | 65.4 |
| 2 | Peso de Cascos (g) | 137.9 | 14.9 | 48.4 |
| 3 | Relación Casco/Semilla % | 84.4 | 59.6 | 73.0 |
| 4 | Diámetro Polar (mm) | 74.0 | 33.2 | 53.0 |

| | | | | |
|----|--|------------------------------|------|-------|
| 5 | Diámetro Ecuatorial (mm) | 67.1 | 33.2 | 46.6 |
| 6 | Relación Diám. Polar/Diám. Ecuat. | 1.5 | 0.9 | 1.1 |
| 7 | Diámetro del Cuello (mm) | 26.5 | 0.0 | 22.6 |
| 8 | Tamaño de Sépalo (mm) | 12.9 | 6.6 | 9.5 |
| 9 | Diámetro Cavidad Cáliz (mm) | 15.7 | 5.6 | 8.5 |
| 10 | Relación Diám Ec./DiámCav Cáliz | 8.0 | 3.3 | 5.6 |
| 11 | Longitud de Pedúnculo (mm) | 46.7 | 14.6 | 23.7 |
| 12 | Grosor de Mesocarpio (casco) (mm) | 14.1 | 3.7 | 7.9 |
| 13 | SST (Grados °Brix) | 16.5 | 7.7 | 12.3 |
| 14 | Número de Semillas Fruto ⁻¹ | 383.4 | 93.5 | 185.5 |
| 15 | Peso de Semillas Fruto ⁻¹ (g) | 4.1 | 1.0 | 2.3 |
| 16 | Peso por Semilla (mg) | 20.2 | 9.0 | 12.8 |
| 17 | Forma del fruto | Aperadas, Redondas y Ovoides | | |

El análisis de correlación detectó valores altos del coeficiente de correlación ($r > 0.83$) entre el peso del fruto con el diámetro y el espesor del mesocarpio, mientras que los sólidos solubles totales (°Brix) tuvieron coeficientes de correlación bajos ($r < 0.30$). El análisis de componentes principales indicó que los dos primeros componentes explicaron hasta el 85% de la varianza total, y las variables más importantes fueron la relación entre el diámetro polar y ecuatorial, la forma del fruto y el peso y número de semillas en el CP-1, mientras que en el CP-2 fueron el peso de fruto, el peso de mesocarpio y la relación entre ambos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Eigenvectores que muestran las características del fruto de guayaba de mayor valor descriptivo en los primeros cuatro Componentes Principales.

| No. | Característica | CP-1 | CP-2 | CP-3 | CP-4 |
|-----|------------------------|---------------|---------------|--------|--------|
| 1 | Peso de Fruto (g) | 0.689 | 0.695 | 0.082 | 0.012 |
| 2 | Peso de Cascos (g) | 0.685 | 0.701 | 0.105 | 0.054 |
| 3 | Relación Casco/Semilla | 0.714 | -0.627 | 0.115 | 0.019 |
| 4 | Diámetro Polar (mm) | 0.891* | -0.224 | -0.254 | -0.130 |

| | | | | | |
|----|--|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 5 | Diámetro Ecuatorial (mm) | 0.919 | -0.212 | 0.238 | -0.052 |
| 6 | Relación Diám. Polar/Diám. Ecuat. | -0.986 | 0.150 | 0.001 | -0.014 |
| 7 | Diámetro del Cuello (mm) | -0.095 | -0.169 | -0.915 | -0.099 |
| 8 | Tamaño de Sépalo (mm) | -0.699 | -0.477 | 0.315 | 0.202 |
| 9 | Diámetro Cavidad Cáliz (mm) | -0.752 | 0.047 | 0.411 | -0.069 |
| 10 | Relación Diám Ec./DiámCav Cáliz | -0.946 | -0.015 | -0.101 | 0.001 |
| 11 | Longitud de Pedúnculo (mm) | 0.288 | -0.651 | 0.331 | 0.338 |
| 12 | Grosor de Mesocarpio (casco) (mm) | -0.340 | 0.552 | 0.443 | -0.342 |
| 13 | SST (Grados °Brix) | -0.462 | -0.715 | 0.079 | -0.143 |
| 14 | Número de Semillas Fruto ⁻¹ | -0.944 | -0.156 | -0.111 | 0.022 |
| 15 | Peso de Semillas Fruto ⁻¹ (g) | -0.970 | 0.217 | 0.007 | -0.057 |
| 16 | Peso por Semilla (mg) | 0.086 | -0.341 | 0.104 | -0.870 |
| 17 | Forma del fruto | -0.971 | 0.031 | -0.124 | -0.038 |

* Valores en negritas, indican las características de mayor valor descriptivo en cada Componente Principal.

CONCLUSIONES

Los resultados confirman la gran variabilidad entre las características de los frutos de los genotipos de la guayaba de pulpa rosada, que se podrían utilizar para el desarrollo de nuevos cultivares, ampliando la oferta de tipos de fruto para su consumo en fresco o para la industria, además de proporcionar un importante alimento funcional por sus potenciales beneficios para la salud humana.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) Camarena-Tello, J.C., H.E. Martínez-Flores, Ma.G. Garnica-Romo, J.S. Padilla-Ramírez, A. Saavedra-Molina, O. Álvarez-Cortes, Ma.C. Bartolomé-Camacho and J.O. Rodiles-López. 2018. Quantification of phenolic compounds and *in vitro* radical scavenging abilities with leaf extracts from two varieties of *Psidium guajava* L. Antioxidants. Vol.7 (34):1-12.
- 2) CONABIO. 2020. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/52-myrt3m.pdf. Consultada el 5 de enero de 2021.
- 3) Padilla Ramírez, J.S., V.M. Rodríguez Moreno, E. González Gaona, C. de J. Cortes Penagos y E. Acosta Díaz. 2016. Caracterización morfológica de fruto de la colección *ex situ* de *Psidium guajava* L. Agroproductividad: Vol. 9 (4):9-18.

- 4) SIAP. 2021. <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>. Consultada el 4 de enero de 2021.
- 5) UPOV. 1987. Guidelines for the conduct of tests for distinctness, homogeneity and stability: Guava (*Psidium guajava* L.). Geneva, Switzerland. 27 p.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

CAPACIDAD DE DOCE VARIEDADES DE FRIJOL PARA PRODUCIR GRANO EN EL ESTADO DE QUINTANA ROO, MÉXICO

Raymundo Javier Nava Padilla*, Francisco Javier Ugalde Acosta y Jorge Alberto Acosta Gallegos

¹Investigadores del INIFAP en Campo Experimental Chetumal, Campo Experimental Cotaxtla y Campo Experimental Celaya

nava.raymundo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Rendimiento, Producción, Grano, Negro

INTRODUCCIÓN

Siempre se menciona y es reconocido por la mayoría de los agricultores, que la alta calidad genética de las semillas, es el principal insumo para lograr altos niveles productivos. En México, es incuestionable la importancia que representa el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) como aportante de proteína en la alimentación de la gente del campo y de clase media en las ciudades, razón por la cual, toda acción encaminada a mejorar la capacidad tecnológica para incrementar la producción de esta leguminosa, debe ser valorada como es el caso de la generación, validación y transferencia de nuevas variedades con mayor capacidad productiva

El actual Plan Nacional de Desarrollo incluye los objetivos de 1) Incrementar la producción nacional de semilla de calidad de variedades mejoradas que coadyuve a aumentar la productividad y autosuficiencia alimentaria y 2) Fortalecer la investigación en semillas para incentivar el desarrollo y uso de nuevas variedades mejoradas que permitan una producción sustentable y con resiliencia a factores naturales. Para esto, la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) y el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), firmaron convenio para realizar el proyecto “Refrescamiento de Semilla de Frijol”, con la meta para el año 2024 de incrementar en un 50% la superficie cultivada con semilla certificada

Es recomendable utilizar solo variedades que se hayan evaluado previamente en la región y se tenga conocimiento de su comportamiento. Para el caso de variedades nuevas, lo ideal es realizar pruebas antes de decidir llevarla a producción comercial. Desde hace más de 40 años, en Quintana Roo se sembraban alrededor de 1000 hectáreas con la variedad Jamapa con rendimiento promedio de sólo 370 kilos por hectárea, el cual puede incrementarse mediante el uso de variedades más rendidoras, siembras oportunas, fertilización adecuada y control eficiente de plagas y enfermedades (2)

El objetivo fue comparar la cantidad de grano que producen doce variedades de frijol, con la hipótesis nula de que las doce variedades producen la misma cantidad de grano por unidad de superficie

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio llevado a cabo en terrenos del Campo Experimental Chetumal bajo condiciones de temporal 2020-2021. El suelo es conocido en lengua maya como ya'ax-hom-ak'alche, correlacionado con luvisoles-vertisoles. Se evaluaron las variedades de frijol de grano negro Medellín, Michigan, Jamapa, INIFAP, Cotaxtla, Huasteco 81, 8025, Comapa, Tropical, Veracruz, Línea Exp.1 y Línea Exp. 2. Se utilizó diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones y la prueba de Tukey para la comparación de valores promedio. La parcela total por tratamiento consistió de cuatro hileras de 10 m de longitud (18m²) y la parcela útil las dos hileras centrales de 5 metros (6 m²). El distanciamiento entre hileras fue de 60 cm. y entre plantas de 10 cm. para tener una densidad aproximada de 167 mil plantas por hectárea. Para calcular la capacidad de producir grano, se registraron los componentes del rendimiento número de vainas por planta, peso de grano por planta, longitud y ancho de vaina y estimación de grano en toneladas por hectárea. Se registró la frecuencia y cantidad de lluvia y las etapas fenológicas de las doce variedades en evaluación. El manejo agronómico consistió en el control efectivo de plagas, enfermedades y en el abastecimiento oportuno y en cantidad de la nutrición vía foliar y al suelo

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante noviembre llovieron 452 milímetros, el perfil del suelo tenía buena humedad al momento de la siembra el 28 de noviembre. En diciembre se registraron 73; en enero 70 y en febrero 15, para un total de 158 milímetros con muy buena distribución para que no se presentaran síntomas de déficit en ninguna etapa fenológica de las variedades y todas tuvieron muy buen desarrollo vegetativo y productivo

El Cuadro 1 concentra los cuatro componentes del rendimiento registrados en el estudio, es fácil observar gran similitud de valores, no se define con claridad ninguna variedad sobresaliente, lo anterior anticipaba, como era obvio no detectar diferencia significativa al realizar el análisis de varianza para ninguno de los parámetros

En cuanto a número de vainas por planta ($P \geq 0.05$), la variedad negro 8025 produjo la mayor cantidad con 18, seguida por INIFAP con 16 y Huasteco 81 con 15. Las líneas experimentales 1 y 2 las menores cantidades con 13 vainas por planta

Respecto a peso de grano por planta ($P \geq 0.05$), sobresale Huasteco 81 con la mayor cantidad 21 gramos, seguida por Michigan con 20 gramos y Tropical con 19 gramos por planta

Para longitud de vaina ($P \geq 0.05$), las variedades que producen vainas de mayor tamaño son Jamapa, Michigan, Medellín e INIFAP con longitud promedio de 10 cm. El resto de las variedades producen vainas de 9 cm. en promedio

En relación al ancho de vaina, tampoco hay diferencia significativa entre variedades ($P \geq 0.05$), las variedades Michigan, Cotaxtla, Medellín, Huasteco 81 y la Línea Experimental 2 producen en promedio vainas de 7 milímetros, mientras que las otras producen vainas de 6 milímetros

Cuadro 1.- Componentes del Rendimiento de Grano de Doce Variedades de Frijol Evaluadas en el Ciclo de Temporal 2020. Campo Experimental Chetumal. Quintana Roo, México

| Variedad | Número de Vainas por Planta | Pes de Grano por Planta (gr.) | Longitud de Vaina (cm.) | Ancho de Vaina (mm.) |
|--------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Medellín | 15.3 A | 18.7 A | 9.7 A | 6.7 A |
| Michigan | 15.3 A | 19.7 A | 9.7 A | 7.0 A |
| Jamapa | 14.7 A | 18.3 A | 10.0 A | 6.3 A |
| INIFAP | 15.7 A | 18.7 A | 9.7 A | 6.0 A |
| Cotaxtla | 14.7 A | 18.7 A | 9.3 A | 7.0 A |
| Huasteco 81 | 15.3 A | 20.7 A | 9.3 A | 6.7 A |
| 8025 | 17.7 A | 18.7 A | 9.3 A | 6.0 A |
| Comapa | 15.3 A | 18.3 A | 8.7 A | 6.3 A |
| Tropical | 15.0 A | 19.3 A | 9.0 A | 6.0 A |
| Veracruz | 14.0 A | 18.7 A | 9.3 A | 6.0 A |
| Línea Exp. 1 | 13.0 A | 16.9 A | 9.0 A | 6.7 A |
| Línea Exp. 2 | 13.3 A | 18.0 A | 9.3 A | 6.0 A |

Literal A indica no significancia al 0.05 de probabilidad

En rendimiento de grano no se reporta diferencia significativa ($P \geq 0.05$), la Figura 1 indica la cantidad de grano que produjo cada variedad, sobresale Huasteco 81 con 1.59, Comapa con 1.50 y Veracruz con 1.49 ton/ha. Medellín, Michigan e INIFAP en segundo término con 1.48 ton/ha promedio y por último Jamapa, Cotaxtla, 8025, Tropical y Línea Exp 2 con 1.38 ton/ha. La línea Experimental 1 reportó la menor cantidad de grano con 1.24 ton/ha. En localidades de Veracruz, Chiapas y Guerrero se reportan rendimientos promedio de 686 con Jamapa y de 1064 con Medellín (1), por lo que podemos indicar que en Quintana Roo se tienen condiciones agroclimáticas para obtener elevadas producciones de frijol

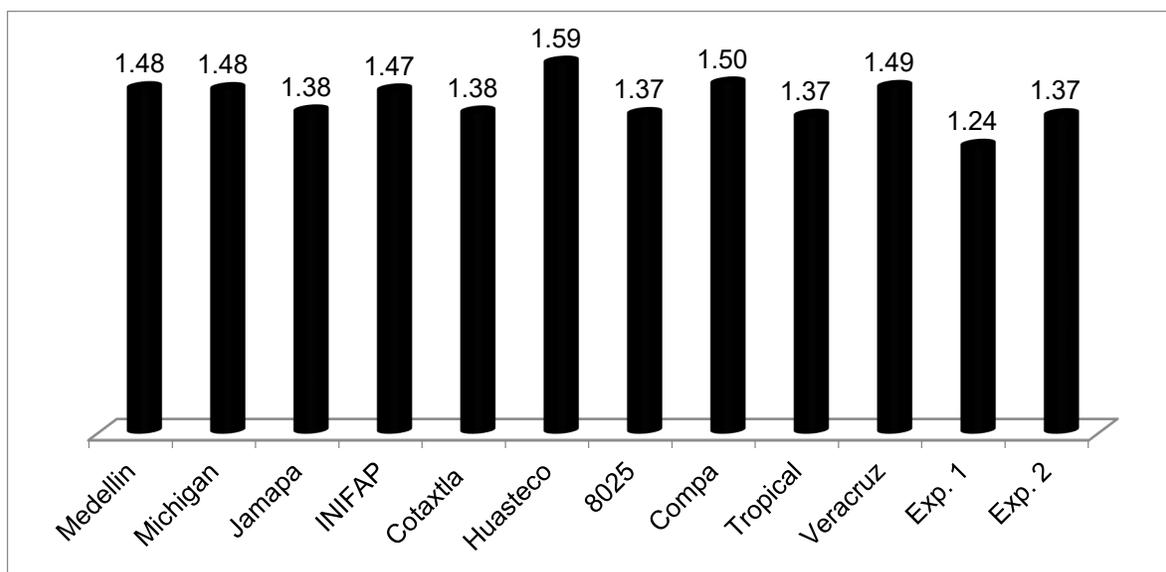


Figura 1.- Producción de Grano (Ton/ha) de Doce Variedades de Frijol Evaluadas en Ciclo de Temporal 2020. Campo Experimental Chetumal. Quintana Roo, México

CONCLUSIONES

No se registró diferencia significativa para ninguno de los componentes del rendimiento

La variedad Huasteco 81 produjo la mayor cantidad de grano por superficie

Siete de las variedades evaluadas producen más cantidad de grano que la variedad Jamapa, considerada como testigo, en un rango de 90 a 210 kilos

Once de las doce variedades evaluadas, representan excelente material genético para sembrarse en el estado de Quintana Roo bajo condiciones de temporal

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Estudio con financiamiento del proyecto "Refrescamiento de Semilla de Frijol" con responsabilidad a cargo del Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos, a quien expresamos nuestro reconocimiento y agradecimiento. Al M.C. Francisco Javier Ugalde Acosta por proporcionar la semilla de las variedades

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1.- López S.E; J.A. Acosta G; O. Cano R.,G. Fraire V; E.N. Becerra L., B. Villar. S., J. Cumpian G., y F.J. Ugalde A. 2002. Negro Medellín nueva variedad de frijol para las regiones del sureste de México. INIFAP. CIRGOC. Campo Experimental Cotaxtla. Folleto Técnico Núm. 31. Veracruz, México

2.- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas de la Península de Yucatán. Campo Agrícola Experimental de Chetumal. 1984. Guía para la asistencia técnica agrícola área de influencia del campo agrícola experimental Chetumal. Chetumal Quintana Roo México

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

COLECTA DE PARIENTES SILVESTRES DE FRIJOL EN LA REGIÓN DE EL BAJÍO.

Martín Quintana Camargo¹, Fabián Francisco Calvillo Aguilar¹, José Luis Anaya López², Chiquito-Almanza Elizabeth², Jorge A. Acosta Gallegos^{1*}

¹Laboratorio Agrícola Forestal, INIFAP-CENID-CNRG; ²Programa de Biotecnología, INIFAP-CEBAJ;

³Programa de frijol y garbanzo, INIFAP-CEBAJ.

acosta.jorge@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Phaseolus*, recursos genéticos, silvestre, enmalezado.

INTRODUCCIÓN

Hasta ahora, el mejoramiento del rendimiento del frijol se ha basado principalmente en el uso de variedades mejoradas, cuya estrecha diversidad genética limita los esfuerzos de mejoramiento. En este sentido, el germoplasma silvestre y los parientes silvestres del frijol representan una alternativa de mayor diversidad genética con rasgos valiosos para la tolerancia y resistencia al estrés biótico y abiótico, como el calor, la sequía, el anegamiento y las enfermedades (Porch *et al.*, 2013); por lo que éstos se han usado eficazmente en rasgos de un solo gen relacionados con la resistencia a enfermedades como el tizón bacteriano común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*), o a plagas como los brúquidos, e incluso en rasgos complejos como el incremento del rendimiento; sin embargo, su uso para la mejora de otros rasgos cuantitativos ha sido limitado (Acosta-Gallegos *et al.*, 2007).

Si bien los parientes silvestres de los cultivos (PSC), incluidos los del frijol, son una fuente potencial de diversidad genética útil para el mejoramiento de los cultivos, estos se encuentran amenazados por la agricultura intensiva, la urbanización de sus áreas naturales, la degradación y pérdida de hábitat, las especies invasoras y el cambio climático (Lira *et al.*, 2009; Ureta *et al.*, 2012); por lo que es necesario incrementar los esfuerzos para su rescate y conservación bajo diferentes esquemas, entre los que destacan la conservación *in situ* como las áreas naturales protegidas, la conservación *in vivo*, como los jardines botánicos y arboretos, y la conservación *ex situ*, en bancos de semilla (Zegeye, 2017), como el del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG), el cual es un centro interdisciplinario de investigación que actualmente se encuentra bajo la administración del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), y surgió como parte de la estrategia nacional para salvaguardar de forma apropiada y sistematizada los recursos genéticos más importantes para México. Actualmente existen pocas accesiones de los parientes silvestres del frijol incrementadas y estudiadas, ya que en las primeras colectas de germoplasma realizadas en la década de los 50's del siglo pasado, los PSC no fueron considerados, y si bien, en la última colecta realizada por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS), algunos fueron incluidos, el banco de germoplasma del CNRG-INIFAP no recibió material. Con el objetivo de asegurar el estudio y la conservación a largo plazo de especies silvestres emparentadas con el frijol en la región de El Bajío, se colectaron semillas de *Phaseolus* spp. en los estados de Querétaro, Michoacán, y Guanajuato.

MATERIALES Y MÉTODOS

La colecta de frijol silvestre se realizó durante el año 2019 en la región norte del estado de Michoacán, en la región colindante del estado de Guanajuato y en el Centro-Sur de Querétaro. En Guanajuato y Michoacán se contó con la colaboración de residentes de cada región quienes guiaron la expedición y colecta. En las poblaciones localizadas, se colectaron vainas en la etapa de madurez fisiológica, se asignó un número a cada colecta, se registraron las coordenadas con un GPS (Garmin Modelo eTrex Venture HC) y se fotodocumentaron el sitio y tipo de grano con una cámara Alfa 35 (SLT-A35, Sony). Se tomaron notas sobre la presencia de plagas insectiles en las vainas y enfermedades en el follaje. Las semillas fueron enviadas para su incremento, preservación y caracterización al CNRG. El sitio de cada colecta se indicó en un mapa elaborado con el programa ArcGIS v.1.3.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la baja precipitación registrada durante el 2019 en los estados explorados, el tamaño de la muestra en cada sitio fue variable dependiendo de la abundancia de la especie encontrada. Según la CONAGUA, el 2019 estuvo entre los 20 años más secos registrados en el país. En general, las poblaciones de frijol mostraron baja incidencia de enfermedades foliares, solo se observó antracnosis en siete colectas de *P. vulgaris* en Michoacán, en donde por el desarrollo de las milpas y tamaño de las poblaciones de frijol silvestre se infiere que la precipitación fue normal, y en una de Guanajuato; también se observó alta incidencia de picudo del ejote, *Apion* spp. dañando principalmente a las especies *P. vulgaris* y *P. coccineus*. En el caso de *P. coccineus* en la población colectada en Amealco, Qro. se observó diversidad en el color del grano, y vainas con venaciones abultadas cuyas las semillas no mostraron daño por el insecto (accesión Q3Pc; Figura 1).

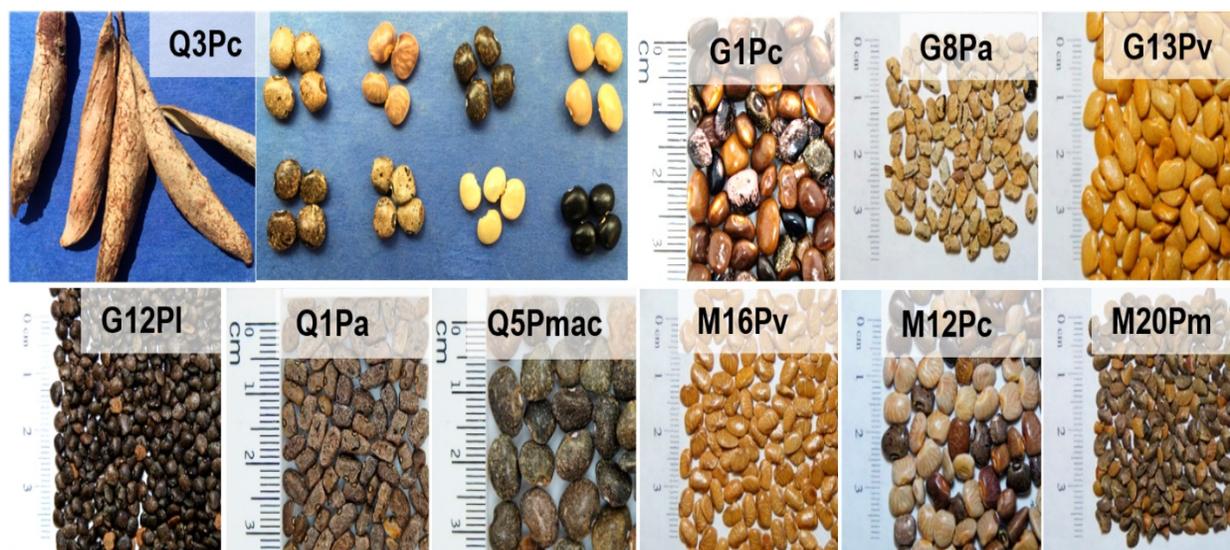


Figura 2. Muestra representativa del grano de las especies de *Phaseolus* spp. colectadas durante 2019 en Guanajuato, Querétaro y Michoacán. La primera letra del identificador indica el estado donde se colectó: G (Guanajuato), M (Michoacán) y Q (Querétaro), seguida por el número consecutivo de la colecta, el género y la especie a la que corresponde: P (*Phaseolus*), a (*acutifolius*), l (*leptostachyus*), m (*microcarpus*), mac (*maculatus*), y v (*vulgaris*).

Las especies colectadas incluyeron a *P. vulgaris*, *P. acutifolius* var. *acutifolius*, *P. grupo coccineus*, *P. maculatus*, *P. microcarpus* y *P. leptostachyus*. Los tipos de grano de algunas de las colectas se muestran en la Figura 1. Se obtuvieron 55 muestras, 20 de Michoacán (No. de accesión CNRG 1072100010-1072100028), 26 de Guanajuato (No. de accesión CNRG 1072100029-1072100054), y 9 de Querétaro, (No. de accesión CNRG 1072100055-1072100063) éstas fueron depositadas en el Banco de germoplasma del CNRG. Para las colectas en Guanajuato se contó con la colaboración del IBQ. José Manuel Zamora Aboytes, residente de un área explorada quien guió la expedición y colecta; para las del estado de Michoacán con el Ing. Reynaldo Hernández del municipio de Puruándiro y del comisario ejidal de El Pilar, el Sr. Carlos Figueroa Sandoval. En el estado de Michoacán las colectas se realizaron en la comunidad El Pilar, y cerca de la comunidad La Quemada y La Estancia. En la comunidad El Pilar se identificó una alta abundancia de *P. vulgaris* (silvestre y escapado) y de *P. gpo. coccineus*; se observó que el frijol escapado o enmalezado tiene grano más grande que el de la forma silvestre (colecta G13Pv; Figura 1) y es permitido en las milpas, en donde se cosecha de manera anticipada a la madurez para evitar el desgrane característico de sus vainas. Esta área de Guanajuato es interesante en el sentido de que no se observó la siembra de material mejorado de frijol y en el caso de *P. vulgaris* coexisten las tres formas: silvestre, enmalezada y domesticada, las tres de tipo trepador.

Algunas colectas del Estado de Guanajuato se realizaron en la comunidad Ojo de agua de Otates, donde se colectaron las especies *P. acutifolius*, *P. microcarpus*, *P. leptostachyus*, y *P. vulgaris*. Sin embargo,

debido a la baja precipitación registrada ese año, las poblaciones muestreadas fueron pequeñas y poco abundantes. Así mismo, en Querétaro se visitaron tres sitios en el Sur del estado donde se sabía de la presencia de diversas especies de *Phaseolus*, mismas que no alcanzaron a producir semilla por la falta de humedad de las lluvias. En Querétaro se obtuvieron pequeñas muestras, una de cada una de *P. vulgaris*, *P. acutifolius* var. *acutifolius*, *P. gpo coccineus*, *P. maculatus* y *P. leptostachyus*. Las especies de *Phaseolus* spp. colectadas y el sitio de cada colecta se muestran en la Figura 2.

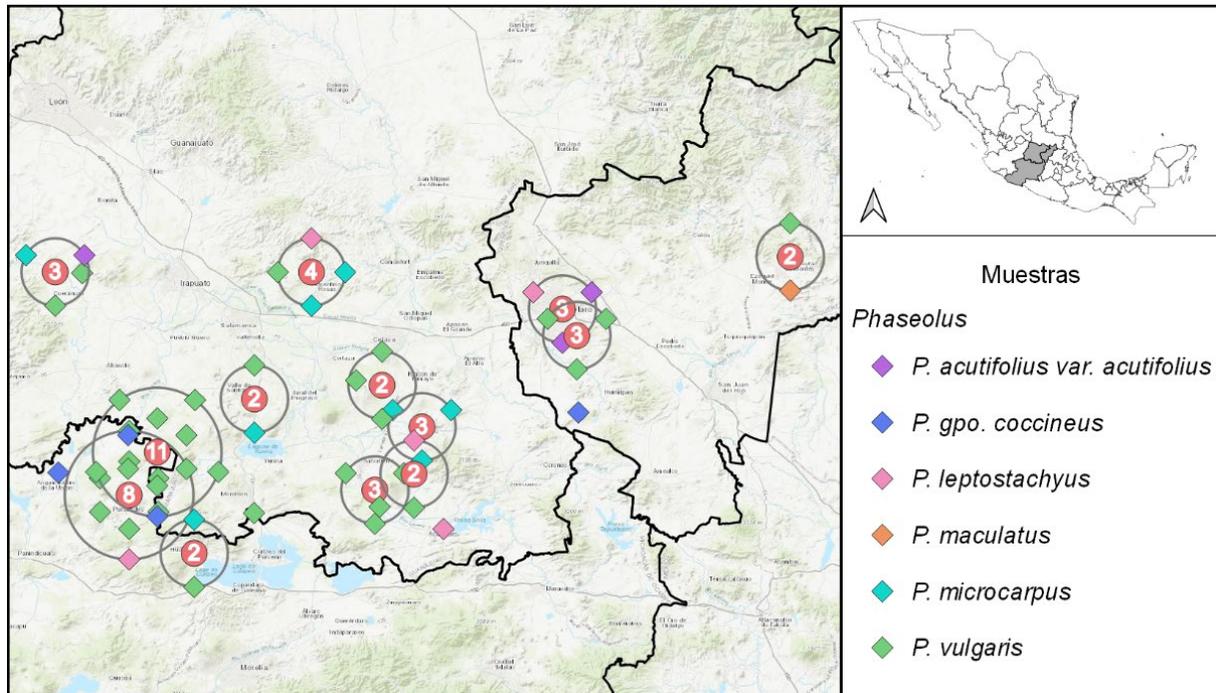


Figura 2. Sitios y especies de *Phaseolus* spp. colectadas en 2019 en los estados de Guanajuato, Michoacán y Querétaro.

CONCLUSIONES

Se colectaron 55 muestras de varias especies de *Phaseolus*. Debido a la influencia negativa de la sequía por la falta de lluvias a través del área explorada, el número y tamaño de las poblaciones localizadas en Querétaro y Guanajuato fue menor que el de las poblaciones de Michoacán. En El Pilar, Puruándiro, Michoacán se observaron las tres formas de *P. vulgaris*: silvestre, enmalezada y domesticada, todas de tipo trepador.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al proyecto “Conservación *ex situ* de parientes silvestres de maíz y frijol de la región del Bajío y el estado de Oaxaca” financiado por el INIFAP con núm. SIGI: 1244134906.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta-Gallegos, J.A., Kelly, J.D., Gepts, P. 2007. Prebreeding in common bean and use of genetic diversity from wild germplasm. *Crop Sci.* 47:S44–S49.
2. Lira, R., Téllez, O., Dávila, P. 2009. The effects of climate change on the geographic distribution of Mexican wild relatives of domesticated *Cucurbitaceae*. *Genetic Resources and Crop Evolution* 56:691–703.

3. Porch, T.G., Beaver, J.S., Debouck, D.G., Jackson, S.A., Kelly, J.D., Dempewolf, H. 2013. Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. *Agronomy*. 3(2):433-461.
4. Ureta, C., Martínez-Meyer, E., Perales, H.R., Álvarez-Buylla, E.R. 2012. Projecting the effects of climate change on the distribution of maize races and their wild relatives in Mexico. *Global Change Biology*. 18:1073–1082.
5. Zegeye, H. 2017. *In situ* and *ex situ* conservation: Complementary approaches for maintaining biodiversity. *International Journal of Research in Environmental Studies* 4:1-12.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

DETERIORO DE LA SEMILLA EN VARIEDADES DE AJONJOLÍ Y SU EFECTO EN LA CALIDAD FISIOLÓGICA

Claudia Pérez Mendoza¹, Leticia Tavitas Fuentes², Líder Ayala Aguilera³

¹CE Valle de México-CIRCE-INIFAP; ²CE Zacatepec-CIRPAS-INIFAP; ³Universidad de Asunción, Paraguay

perez.claudia@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Sesamum indicum*, germinación, peso seco.

INTRODUCCIÓN

El ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) es un cultivo oleaginoso cuyo centro de origen no está completamente definido, pero se ubica entre India y Etiopía (Ashri, 1998). En México, el 70% de la producción se lleva a cabo en zonas de temporal (Bareiro, 1996) con rendimientos en promedio de 0.71 t ha⁻¹, siendo los principales productores de ajonjolí: Sinaloa con una participación de 45.06%, Guerrero con el 23.21%, Michoacán con 13.52% y Oaxaca con 9.99%. Estas cuatro entidades concentran el 91.8% de la producción de ajonjolí en nuestro país (SIAP, 2021).

Las semillas son el punto de partida para la producción y es indispensable que tenga una buena respuesta en las condiciones de siembra y que produzcan plántulas vigorosas, para alcanzar el máximo rendimiento (Doria, 2010). La máxima calidad de la semilla se registra en la etapa de madurez fisiológica y a partir de ese momento comienza su deterioro en la planta madre, proceso que continúa en la cosecha y postcosecha (Pérez y Argüello, 1995).

El deterioro en semillas de ajonjolí, constituye un problema de gran relevancia ya que algunas zonas productoras, predomina altas temperaturas durante todo el año combinándose con una humedad relativa desfavorable. Entre los síntomas de la semilla deteriorada incluyen los siguientes: disminuye la germinación, la velocidad de crecimiento de la plántula y la tolerancia a condiciones adversas (Bradford, 2004). Con base en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del deterioro de la semilla de ajonjolí almacenada sin control de clima sobre la calidad fisiológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente estudio se utilizaron dos variedades de ajonjolí de las cuales dos son originarias de México y generadas por el INIFAP (San Joaquín e Iguateco) y dos variedades (Escoba Blanca y Kemasem) que provienen del Paraguay producidas en el año 2011. Las semillas de las variedades de ajonjolí se almacenaron en una bodega con control de clima (20± 1 °C; 55± 5% humedad relativa).

La evaluación de la calidad fisiológica de la semilla se realizó a los 0, 6 y 12 meses durante el año 2012 en el Laboratorio de Semillas Ortodoxas del Centro Nacional de Recursos Genéticos (CNRG) adscrito al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado, en Tepatitlán de Morelos, Jalisco. El diseño experimental utilizado fue Completamente al azar con cuatro repeticiones y un arreglo factorial de tratamientos.

La calidad fisiológica de la semilla se determinó mediante una prueba de germinación estándar para esto, se tomaron muestras aleatorias de 100 semillas, 4 repeticiones de 25, por cada variedad de ajonjolí y se utilizó el método "sobre papel" recomendado por la ISTA (2013) que consistió en utilizar cajas germinadoras dentro de las cuales se colocaron dos capas de papel de filtro, previamente humedecidas con agua destilada, y sobre ellas se colocaron 25 semillas distribuidas en cinco columnas e hileras. Posteriormente, se cubrieron con la tapa de la caja y se colocaron en una cámara germinadora a temperatura de 25±1 °C en oscuridad por seis días. Las variables evaluadas fueron las siguientes: porcentaje de germinación al

tercer día (PG3D) y porcentaje de germinación total (PGT); peso seco de la parte aérea (PSPA), peso seco de raíz (PSR). Para el análisis de las variables se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Posteriormente, se realizaron análisis de varianza y para las variables que resultaron significativas, se efectuaron pruebas de comparación múltiple de medias de Tukey $\alpha = 0.05$. Adicionalmente, se realizaron análisis de regresión lineal múltiple, utilizando el programa estadístico de SAS® (SAS Institute, 2000).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados mostraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$) para variedades, meses de almacenamiento en todas las variables; la doble interacción solo fue significativa en porcentaje de germinación al tercer día ($P < 0.05$). La mejor variedad para PG3D y PGT fue San Joaquín con 96.3% y 98%, mientras que Escoba Blanca registró la menor germinación fisiológica (67.5 y 80.8%). Por otra parte, los resultados indicaron que las variedades San Joaquín e Igualteco, fueron las más sobresalientes en el PSPA mientras, que Kamasem e Igualteco registraron los mayores PSR (Cuadro 1).

Cuadro 1. Resultados del análisis de varianza y comparación de medias de las variedades de ajonjolí.

| Variedad | Variables | | | |
|----------------------|-----------|---------|----------|---------|
| | PG3D (%) | PGT (%) | PSPA (g) | PSR (g) |
| Igualteco | 88.2 b | 97.0 a | 0.044 a | 0.024 b |
| San Joaquín | 96.3 a | 98.0 a | 0.047 a | 0.022 b |
| Kamasem | 89.3 b | 93.3 b | 0.027 b | 0.027 a |
| Escoba Blanca | 67.5 c | 80.8 c | 0.031 b | 0.016 c |
| <i>Media</i> | 85.3 | 92.3 | 0.037 | 0.022 |
| <i>Significancia</i> | ** | ** | ** | ** |
| <i>C.V.</i> | 5.12 | 3.67 | 10.4 | 9.17 |

PG3D= Porcentaje de Germinación al Tercer Día; PGT= Porcentaje de Germinación Total; PSPA= Peso Seco de la Parte Aérea; PSR= Peso Seco de la Raíz. **= significancia estadística al 0.01.

En la Figura 1 se presentan los resultados obtenidos en los diferentes años de almacenamiento de la semilla de ajonjolí y su efecto en el PG3D y PGT, como se puede apreciar, a medida que se incrementa el tiempo de almacenamiento el poder germinativo de la semilla disminuye y aumenta el porcentaje de las semillas infestadas. Al respecto, Pérez y Argüello (1995) mencionan que el deterioro se produce inevitablemente alterando aspectos fisiológicos en las semillas, como la respiración y la permeabilidad selectiva de las membranas.

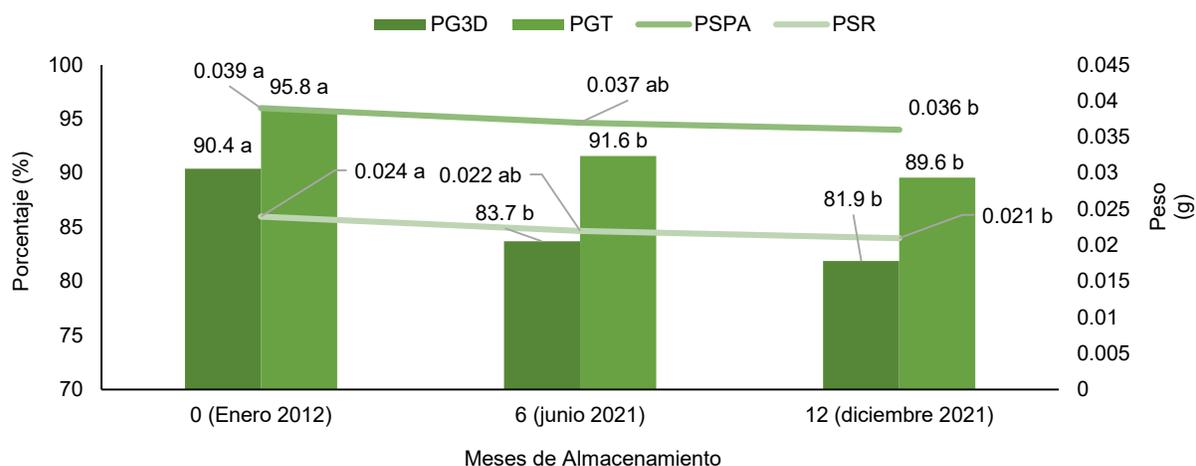


Figura 1. Comportamiento de los tiempos de almacenamiento en las variables de calidad fisiológica evaluadas en semillas de ajonjolí. Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey $P \leq 0.05$).

Por otra parte, los análisis de regresión múltiple indicaron diferencias significativas ($P \leq 0.001$) en 1.53% por cada variedad de ajonjolí y 1.08% en cada mes para PG3D (Cuadro 2). Para el caso del porcentaje de germinación total, está también fue significativa ($P \leq 0.03$) disminuyendo en 1.62% por variedad de ajonjolí y también decreció en cada mes de almacenamiento (0.78%).

Cuadro 2. Ecuaciones de regresión lineal estimadas en función de los tiempos de almacenamiento en semillas de diferentes variedades de ajonjolí.

| Variable | Ecuación | R ² |
|---|--|----------------|
| PG3D= porcentaje de germinación al tercer día | $\hat{Y} = 98.0 - 1.53VAR - 1.08MES$ | 0.16 |
| PGT= porcentaje de germinación total | $\hat{Y} = 103.72 - 1.62VAR - 0.78MES$ | 0.32 |
| PSPA= peso seco de la parte aérea | $\hat{Y} = 0.05 - 0.002VAR - 0.0005MES$ | 0.57 |
| PSR= peso seco de raíz | $\hat{Y} = 0.02 - 0.0003VAR - 0.0002MES$ | 0.05 |

El modelo de regresión lineal múltiple también indicó que en cada variedad de ajonjolí almacenada simple indicó también que por cada periodo de almacenamiento se disminuye significativamente ($P \leq 0.001$) el peso seco de la parte aérea (0.002 g) y de raíz (0.003 g; Cuadro 2).

CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos bajo las condiciones en las que se desarrolló el presente trabajo, se concluye que el deterioro de la semilla influye en la pérdida de la calidad fisiológica teniendo como consecuencia bajos porcentajes de germinación. De esta manera, la semilla de ajonjolí almacenada a temperatura ambiente por 0, 6 y 12 meses presentó deterioro al disminuir en 1.53% por cada variedad y una reducción del 1.08% en cada mes de almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Conservación, mantenimiento y utilización de los recursos genéticos del INIFAP" (SIGI.1437230646).

LITERATURA CITADA

1. Bareiro, P.M. 1996. De nuestra cosecha. Rev. mensual producida y editada por apoyos y servicios a la comercialización agropecuaria, Órgano Desconcentrado de la Secretaría, Ganadería y Desarrollo Rural. 35 p.
2. Bradford K.J. 2004. Seed Production and Quality. 1st edition. Department of Vegetable Crop and Weed Science. University of California. Davis, CA. USA. 134 p.
3. ISTA (International Seed Testing Association). 2013. International Rules for Seed Testing. Rules 2013. ISTA editions, Zurich, Switzerland. 243 p.
4. Pérez, M.A.; Argüello, J.A. 1998. Evaluación del vigor por tetrazolio en semillas de maní bajo distintas condiciones de almacenamiento. Agisciencia.14: 19-24.
5. S.A.S. SAS/STAT. 2000. Guide for personal computers. Statical Analysis System Institute. Inc. Cary, NC. USA.

6. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Avance de siembras y cosechas año agrícola 2019 en México. [En línea]. Disponible en <http://siap.gob.mx> (Revisado el 22 de julio de 2021).

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento.

CARACTERIZACIÓN AGROMORFOLÓGICA DE GERMOPLASMA NATIVO DE JITOMATE

Jaime Canul-Ku1*, Enrique Rodríguez-Pérez2, Edwin Javier Barrios-Gómez1, José Luis Pons-Hernández2, Sandra Eloísa Rangel-Estrada1

1CE Zacatepec-CIRPAS-INIFAP, 2CE Bajío-CIRCE-INIFAP

canul.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Solanum lycopersicum*, poblaciones nativas, mejoramiento genético.

INTRODUCCIÓN

La especie *Solanum lycopersicum* L. es una de las hortalizas de mayor importancia económica y de mayor consumo en el mundo. Los jitomates son una fuente rica en minerales como el calcio, fósforo, hierro; de vitaminas como el A y la C; y de antioxidantes como el licopeno y el glutatión. A nivel mundial la superficie cultivada de jitomate en 2017 fue de 4.8 millones de hectáreas con una producción de 182 millones de toneladas. Con el incremento poblacional en las siguientes décadas habrá mayor demanda de productos alimenticios tanto frescos como procesados.

El jitomate se cultiva en varias condiciones agroclimáticas y sistemas de producción en México. En estas condiciones los estudios científicos han demostrado la existencia de especies silvestres (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; Chávez-Servia *et al.*, 2011) y poblaciones nativas (Bonilla-Barrientos *et al.*, 2014) en toda la República Mexicana. Asimismo, el manejo de los materiales nativos de jitomate por agricultores ha conducido a la acumulación de genes de interés y que controlan diversos caracteres relacionados con el rendimiento y la calidad del fruto.

Para iniciar el mejoramiento genético de cualquier especie vegetal es fundamental conocer a detalle las características propias del germoplasma. El conocimiento específico de sus atributos fenotípicos y genéticos conducirá a obtener ganancias en su mejora, de tal forma que es factible generar nuevas variantes. Lo anterior se lleva a cabo mediante evaluaciones de tipo agronómico, morfológico, molecular y genómico. El objetivo del presente estudio fue evaluar la diversidad agromorfológica de 20 accesiones de jitomate nativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatepec dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Zacatepec de Hidalgo, Morelos, México, en las coordenadas 18° 39' 16" N y 99° 11' 54" O, a una altitud de 910 msnm. Se evaluaron 20 poblaciones de jitomate provenientes de los estados de Campeche (3), Morelos (1), Oaxaca (3), Puebla (9), Tabasco (1) y Veracruz (3). El diseño experimental utilizado fue un completamente al azar con tres repeticiones, las poblaciones de jitomate fueron consideradas como los tratamientos. Cada unidad experimental constó de ocho plantas establecidas en macetas de plástico de 30.48 cm de diámetro y altura de 24 cm. La siembra se realizó en charolas de poliestireno de 50 cavidades conteniendo sustrato comercial Sunshine Mix® Número. 3. En etapa fenológica de cuarta hoja verdadera se trasplantó en las macetas antes mencionadas conteniendo sustrato a base de ocochal (hojarasca de ocote descompuesta), atocle (suelo de vega de río) y polvillo de coco en block $\frac{3}{4}$ Pelemix® en proporción 60:20:20 v/v/v.

Con los datos obtenidos de 18 variables respuesta (Cuadro 1) se realizó el análisis de varianza. La comparación de medias para separar a las accesiones se hizo con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Con los promedios estandarizados de las variables evaluadas se realizó el análisis de componentes principales y de conglomerados usando el método de Ward.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se detectó diferencias estadísticas significativas entre las poblaciones en todas las variables registradas, excepto en el diámetro del tallo. El coeficiente de variación fue de 1.43 a 33%. Lo anterior es indicativo de la variación fenotípica presente en las poblaciones evaluadas en este trabajo.

En el análisis multivariado de componentes principales (CP) se encontró que el 82.35% de la variación morfo-fenotípica total se explicó con los tres primeros componentes. Las variables con mayor valor descriptivo de la variabilidad en el CP1 fueron características relacionadas a estructuras florales, tamaño y peso de fruto, así como el rendimiento por planta; el CP2 por longitud de nudos y altura de la planta hasta el primer racimo y el CP3 a la precocidad de los materiales (Cuadro 1). Marín-Montes *et al.* (2019) en 26 accesiones de jitomate provenientes de los estados de Puebla, Oaxaca y Veracruz indicaron que la variación fenotípica con los tres primeros componentes fue de 81.5%, similar al obtenido en este trabajo.

Cuadro 1. Variables de mayor valor descriptivo, varianza acumulada, vectores y valores propios en el análisis de componentes principales (CP) de jitomate nativo en 2019.

| Variables | CP1 | CP2 | CP3 |
|---|---------|---------|---------|
| Longitud primer entrenudo (cm) | -0.0008 | 0.4258 | 0.0615 |
| Altura de la base al primer racimo (cm) | 0.1366 | 0.4055 | -0.0234 |
| Nudos de la base al 1er racimo | 0.0973 | 0.4308 | -0.2394 |
| Días a 50% de floración del primer racimo | 0.1974 | 0.0035 | -0.5972 |
| Número de inflorescencias | -0.2929 | 0.0140 | 0.4119 |
| Longitud del estambre (mm) | 0.3032 | -0.0208 | 0.1500 |
| Longitud del pétalo (mm) | 0.3066 | -0.1013 | 0.1306 |
| Longitud del sépalo (mm) | 0.3065 | -0.1594 | 0.0278 |
| Peso promedio del fruto (g) | 0.3141 | -0.1292 | 0.0204 |
| Longitud promedio del fruto (cm) | 0.3015 | -0.0297 | -0.1351 |
| Ancho promedio del fruto (cm) | 0.3117 | -0.0266 | 0.0588 |
| Rendimiento de fruto por planta (g) | 0.3117 | -0.0266 | 0.0588 |
| Valores propios | 8.92 | 3.97 | 1.09 |
| Varianza explicada (%) | 52.50 | 23.38 | 6.46 |
| Varianza acumulada (%) | 52.50 | 75.88 | 82.35 |

El análisis de varianza y el de componentes principales confirmaron la existencia de una amplia variación morfológica en poblaciones de jitomate evaluados en este trabajo y resultaron similares a los obtenidos en la evaluación morfológica y agronómica de muestras de materiales procedentes del Centro y Sureste de México donde se identificaron materiales locales con alta variabilidad fenotípica (Vásquez-Ortiz *et al.*, 2010).

Esta contribución representa uno de los trabajos esenciales para iniciar en la mejora genética de jitomate, a pesar de que el INIFAP CUENTA con el banco de germoplasma más grande en nuestro país. Se debería reorientar las líneas de investigación en especies hortícolas de interés antropocéntrico.

CONCLUSIONES

La variación en poblaciones nativas de jitomate fue explicada por caracteres relacionadas con la planta, precocidad, tamaño y rendimiento de fruto. El 82.35% de la variación morfo-fenotípica total se explicó con los tres primeros componentes. Las variables con mayor valor descriptivo fueron estructuras florales, tamaño y peso de fruto, rendimiento por planta, longitud de nudos y altura de la planta hasta el primer racimo y precocidad.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados de este trabajo de investigación forman parte del proyecto fiscal “Desarrollo y transferencia de tecnologías sustentables para la producción de chile y jitomate en campo e invernadero” con número SIGI 167834791.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Álvarez-Hernández J. C., H. Cortez-Madrigal y I. García-Ruiz. 2009. Exploración y caracterización de poblaciones silvestres de jitomate (*Solanácea*) en tres regiones de Michoacán, México. *Polibotánica* 28:139-159.
2. Bonilla-Barrientos O., R. Lobato-Ortiz, J. J. García-Zavala, S. Cruz-Izquierdo, D. Reyes-López, E. Hernández-Leal y A. Hernández-Bautista. 2014. Diversidad agronómica y morfológica de tomates arriñonados y tipo pimiento de uso local en Puebla y Oaxaca, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 37(2):129-139.
3. Chávez S. J. L., J. C. Carrillo R., A. M. Vera G., E. Rodríguez G. y R. Lobato O. 2011. Utilización actual y potencial del jitomate silvestre mexicano. SINAREFI – SAGARPA, CIIDIR – Unidad Oaxaca del IPN e Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, Oaxaca, México. 72 p.
4. Marin-Montes I. M., R. Lobato-Ortiz, G. Carrillo-Castañeda, J. E. Rodríguez-Pérez, J. J. García-Zavala y A. M. Velasco-García. 2019. Riqueza alélica de poblaciones nativas de jitomate (*Solanum lycopersicum*) para el mejoramiento genético. *Agrociencia* 53:355-370.
5. Vásquez-Ortiz R., J. C. Carrillo-Rodríguez y P. Ramírez-Vallejo. 2010. Evaluación morfo-agronómica de una muestra del jitomate nativo del centro y sureste de México. *Naturaleza y Desarrollo* 8(2):49-64.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

DESCRIPCIÓN VARIETAL DE UN NUEVO MATERIAL DE NOCHEBUENA PARA DECORAR ESPACIOS DE INTERIOR, DENOMINADA NAOMI

Jaime Canul-Ku^{1*}, Faustino García Pérez¹, Edwin Javier Barrios-Gómez¹, Sandra Eloísa Rangel-Estrada¹

¹CE Zacatepec-CIRPAS-INIFAP

canul.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: Bráctea, hoja, porte de planta.

INTRODUCCIÓN

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch), es una especie ornamental tropical originaria de México. En nuestro país en promedio anualmente se comercializan 20 millones de plantas durante la temporada de navidad. Mientras que, la producción mundial de nochebuena se aproxima a 500 millones de plantas, asimismo anualmente hay un incremento constante en la producción debido a su potencial económico y comercial en varios países de Europa, Asia y Norteamérica. En México varios estados cultivan la nochebuena, sobresale la entidad de Morelos como el principal productor con aproximadamente seis millones de ejemplares (SIAP, 2018). Estas plantas de nochebuena se comercializan en macetas que van desde 7.62 hasta 30.48 cm de diámetro, siendo la más común de 17.78 cm. Las características de plantas que demanda el mercado mundial son: porte compacto, alto número de ramas, vistosidad en colores, diversificación en formas, tamaño de hojas y brácteas.

Existe demanda de variedades de origen nacional por parte de productores de plantas ornamentales del estado de Morelos y de entidades productoras de nochebuena de México con el argumento de que esta especie es originaria del país y el 100% del material genético cultivado ha sido mejorado en el extranjero. Por otro lado, se considera alto el sobreprecio que pagan los productores mexicanos de esquejes provenientes del extranjero de variedades comerciales de nochebuena, más el costo de inversión para llevarlas a planta terminada.

Como respuesta a lo antes expuesto, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a través del Campo Experimental Zacatepec, contribuye en la mejora genética de nochebuena desde el 2010; donde se busca obtener variantes en hoja, bráctea y arquitectura de planta. Las principales estrategias de mejoramiento aplicadas han sido: partir de una base genética amplia, seleccionar materiales con los mejores atributos que demanda el mercado, recombinar genotipos contrastantes, reducir el porte de la planta, aumentar el número de ramas y arquitectura de la planta mediante injerto (Canul-Ku *et al.*, 2018). Como resultado principal de todo lo anterior, ha sido el registro de ocho variedades con sus respectivos títulos de obtener en el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS). Las variedades se denominan Alondra, Rubí, Juanita, Leticia, Alhely, Beatriz, Ximena y Vicky. Además, se dispone de un grupo numeroso de genotipos con diferente grado de avance generacional (Canul-Ku *et al.*, 2017). En este trabajo se describe un nuevo material de nochebuena denominada Naomi con base en directrices de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales.

MATERIALES Y MÉTODOS

La generación de la variedad denominada Naomi se llevó a cabo en el Campo Experimental Zacatepec dependiente del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Zacatepec de Hidalgo, Morelos, México, en las coordenadas 18° 39' 16" N y 99° 11' 54" O, a una altitud de 910 msnm.

La variedad se generó mediante los métodos genotécnicos de hibridación, seguido de selección recurrente y finalmente uso de la técnica de injerto. En 2011 se llevó a cabo la cruce manual simple entre los parentales NIS2P6 x NFMOR aplicando la técnica generada por Canul-Ku *et al.* (2015). En 2012 se evaluó la progenie F₁ y se seleccionaron las plantas más promisorias con atributos estéticos, los cuales fueron propagados asexualmente a través de esquejes en 2013. Posteriormente, se llevaron a cabo cuatro ciclos de selección recurrente en el periodo de 2014 a 2017. En 2018 se injertó sobre una variedad comercial. La progenie resultante del injerto se seleccionó y se evaluó en 2019.

La descripción varietal se llevó a cabo en 2020 aplicando el documento directrices de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales (2008) en la localidad de Tetela del Monte (18° 58' latitud N, 99° 15' longitud O y 2000 msnm), municipio de Cuernavaca, estado de Morelos. Para esto se establecieron en maceta de seis pulgadas 10 plantas de la nueva variedad y como testigos para la comparación varietal se usaron las variedades Alhely, Beatriz y Victoria. El manejo del cultivo fue mediante el paquete tecnológico generado por el INIFAP. En la etapa de pigmentación de brácteas se registraron los 53 caracteres siguiendo las recomendaciones de la UPOV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La variedad Naomi es una planta de porte alto con amplitud y ramificación intermedia. La intensidad del color verde en el tercio medio del tallo es fuerte. De manera similar, en el tallo la intensidad de la pigmentación antocianica en el tercio medio y tercio superior es también fuerte. La hoja es de forma oval, tamaño intermedio con forma de la base redondeada y no presenta curvatura en el nervio principal. Las brácteas son de forma elíptica, sin torsión y rugosidad intermedia entre los nervios. En base a la carta de colores de la RHS el color del haz de la bráctea es 53B y el del envés 53B. La anchura de la cima es estrecha. Las glándulas del ciatio son de tamaño pequeño, de color amarillo y no presentan deformación. Se considera una variedad de ciclo tardío de acuerdo a la respuesta con el cambio de estación que ocurre aproximadamente el 21 de septiembre (Figura 1).



Figura 1. Variedad Naomi en etapa de pigmentación de brácteas, lista para su venta al mercado.

El manejo de la variedad con la tecnología de productores cooperantes ha dado excelentes resultados con buena calidad de planta, libre de plagas y enfermedades mediante aplicaciones preventivas de plaguicidas. Representa una opción para los productores del país con fines a diversificar la oferta en la temporada navideña.

El registro ante el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS – SADER) y en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV) se encuentra en trámite. En el Campo Experimental Zacatepec, INIFAP-Morelos se encuentra disponible plante madre de nochebuena y su uso para la explotación comercial es posible a través de la firma de un convenio de licenciamiento. Para mantener la identidad varietal y pureza genética de la planta madre de Naomi se mantiene en forma vegetativa y se propaga vía vegetativa a través de esquejes.

CONCLUSIONES

El nuevo material de nochebuena presenta atributos fenotípicos que demanda el mercado. La descripción varietal indica que es comparable con otras variedades del INIFAP. Naomi es una planta de porte alto con amplitud y ramificación intermedia. La hoja es de forma oval, de tamaño intermedio con forma de la base redondeada. Las brácteas son de forma elíptica, sin torsión y rugosidad intermedia entre los nervios.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados que se presentan en este trabajo son parte del proyecto con recurso fiscal “Mejoramiento fenotípico de materiales mexicanos de nochebuena generados por recombinación genética” con número SIGI 4404334775.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Canul-Ku J., F. García-Pérez, E. J. Barrios-Gómez, E. Campos-Bravo, F. Osuna-Canizalez, S. G. Ramírez-Rojas y S. E. Rangel-Estrada. 2015. Técnica para producir híbridos en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch). *Agroproductividad* 8(2):32-37.
2. Canul-Ku, J., García-Pérez, F., Barrios-Gómez, E. J., Rangel-Estrada, S. E., Ramírez-Rojas, S. G., Osuna-Canizalez, F. 2017. Variación generada mediante recombinación genética en *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch. *Agroproductividad* 10:13-17.
3. Canul-Ku J., F. García-Pérez, E. J. Barrios-Gómez y S. E. Rangel-Estrada. 2018. Formación de híbridos clonales en nochebuena (*Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotszch). *Revista Fitotecnia Mexicana* 41(3):311-316.
4. SIAP, Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/> (Noviembre 2020).
5. UPOV, Unión para la Protección de los Organismos Vegetales. 2008. Flor de Pascua, *Euphorbia pulcherrima* Willd. ex Klotzsch. Directrices para la ejecución del examen de la distinción, homogeneidad y estabilidad. Ginebra, Suiza. 36 p.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

DETERMINACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO Y ÁCIDO ASCÓRBICO EN GUAYABO

Luis Antonio Díaz García¹, Guillermo Sánchez Martínez¹, José Saúl Padilla Ramírez¹, Martha Olivia Macías Navarro¹

¹ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Pabellón, Aguascalientes, Mexico.

diaz.antonio@inifap.gob.mx

Palabras clave: guayabo, HPLC, ácido cítrico, ácido ascórbico

INTRODUCCIÓN

El guayabo (*Psidium guajava* L.) es una especie nativa de Centroamérica que posee una amplia diversidad genética en México (Padilla-Ramírez *et al.*, 2014). Pese a su importancia, existe un considerable rezago en el conocimiento relacionado con la arquitectura genética y genómica, y en como estos componentes regulan la variación fenotípica observada en caracteres interés como rendimiento, apariencia de fruto, y composición nutricional (Feng *et al.*, 2021). Desde el punto de vista nutricional, el guayabo es una excelente fuente de ácido cítrico y ácido ascórbico (Padilla *et al.*, 2007). Recientemente, el INIFAP concertó la colecta, establecimiento, y evaluación de más de 200 accesiones únicas provenientes de distintas partes de México y el mundo (Padilla *et al.*, 2007). Durante los últimos años, este panel diverso se ha caracterizado para componentes de rendimiento, potencial productivo, y algunos caracteres de calidad de fruto (Padilla-Ramírez *et al.*, 2014). Sin embargo, poco se ha abundado en componentes bioquímicos y/o genéticos. Por lo tanto, el presente trabajo representa una porción de los esfuerzos actuales por caracterizar diversos aspectos de la variabilidad fenotípica y genotípica de la diversidad de guayabo en México y el mundo. Particularmente, se presentan resultados referentes a la optimización de protocolos para la cuantificación de ácidos cítrico y ascórbico mediante cromatografía de líquidos de alto rendimiento (HPLC, por sus siglas en inglés).

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se evaluaron 15 materiales diversos de guayabo, cuyas características principales se describen en la sección de Resultados y Discusión. Estas accesiones fueron establecidas en el Sitio Experimental Los Cañones del INIFAP, en Jalpa, Zacatecas, desde 2007 (Padilla-Ramírez *et al.* 2007). En términos generales, el sitio de colecta de las accesiones analizadas en el presente estudio representan buena parte de la variación fenotípica y genotípica existente en México.

Curvas de calibración para cuantificación de compuestos

La determinación de los compuestos se realizó en un equipo HPLC Perkin Elmer, con bomba binaria, detector UV/VIS, y equipada con una columna Brownlee 18C de fase reversa, en el Laboratorio de Sanidad Forestal y Agrícola del INIFAP Campo Experimental Pabellón. Se emplearon dos metodologías para cada compuesto (AC-1 y AC-2 para ácido cítrico, y AA-1 y AA-2 para ácido ascórbico) de acuerdo a Correa-Navarro (2012). Los parámetros de cada una de las metodologías se describen en el Cuadro 1. Los estándares para ácido cítrico y ácido ascórbico fueron Sigma Aldrich CAS 77-92-9 (MW: 192.12 g/mol) y British Pharmacopoeia Chemical Reference Substance, respectivamente.

Cuadro 1. Parámetros de cuatro metodologías para la cuantificación de ácidos cítrico (AC-1 y AC-2) y ascórbico (AA-1 y AA-2) mediante HPLC.

| metabolito | ácido cítrico | | ácido ascórbico | |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------|------|
| | AC-1 | AC-2 | AA-1 | AA-2 |
| metodología | AC-1 | AC-2 | AA-1 | AA-2 |
| concentración de solución madre (ppm) | 2000 | | 100 | |
| diluciones (ppm) | 1000, 500, 250, 100, 50 y 25 | 1000, 750, 500, 250, 100, 50, 25 y 10 | 100, 80, 65, 50, 35, 15 y 5 | |
| inyección (uL) | 20 | | | |
| fase móvil A | fosfato di básico de amonio (0.5%, pH 2.8) | ácido sulfúrico (1mM) | | |
| fase móvil B | metanol grado HPLC | | | |
| método | isocrático | | | |
| proporción de fases A:B | 80:20 | | | |
| flujo de columna (mL/min) | 1 | 0.8 | | |
| longitud de onda (nm) | 210 | | | 254 |
| duración (min) | 10 | 8 | | |

En todos los casos los valores obtenidos se utilizaron para obtener una curva de calibración mediante análisis de regresión simple utilizando el modelo $y = b_0 + b_1 x$ en el cual, y correspondió al área bajo la curva, b_0 al valor de la intersección, b_1 al valor de la pendiente, y x a la concentración del compuesto en ppm. Los valores de x fueron el promedio de las tres repeticiones de cada concentración. La curva de calibración se hizo utilizando el programa Excel y corroborando los valores con JMP de SAS.

Preparación y análisis de las muestras de guayaba

Al menos cuatro frutos de cada accesión fueron cosechados a punto de maduración durante los meses septiembre-noviembre, y trasladados al laboratorio para su procesamiento. Los frutos fueron lavados con agua destilada y enseguida molidos con un extractor. Posteriormente, a 0.833 g del extracto molido de guayaba se le adicionaron 4.18 mL de metanol en un frasco de vidrio, y se mezcló con un agitador magnético por 20 minutos en condiciones de oscuridad. Después, se refrigeró la muestra por 24 horas a 3.5 °C. Finalmente, la muestra se centrifugó por 20 minutos, y se filtró el sobrenadante en una membrana de 0.2 uM. Para el análisis en HPLC, el filtrado se diluyó 1:5 con agua HPLC.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al ajuste en la línea de regresión para cada curva de calibración, los dos métodos empleados para la estimación de ácidos cítrico y ascórbico produjeron buenos resultados (Figura 1A). En los cuatro casos (AC-1, AC-2, AA-1 y AA-2), el valor de R² de la regresión fue superior a 0.9873. El tiempo de retención para ácido cítrico y ácido ascórbico fue 5.2 y 4.0 minutos, respectivamente (Figura 1B). Dada la similitud de los resultados de calibración de curvas, se optó por utilizar AC-1 para la determinación de ácido cítrico, y AA-2 para ácido ascórbico.

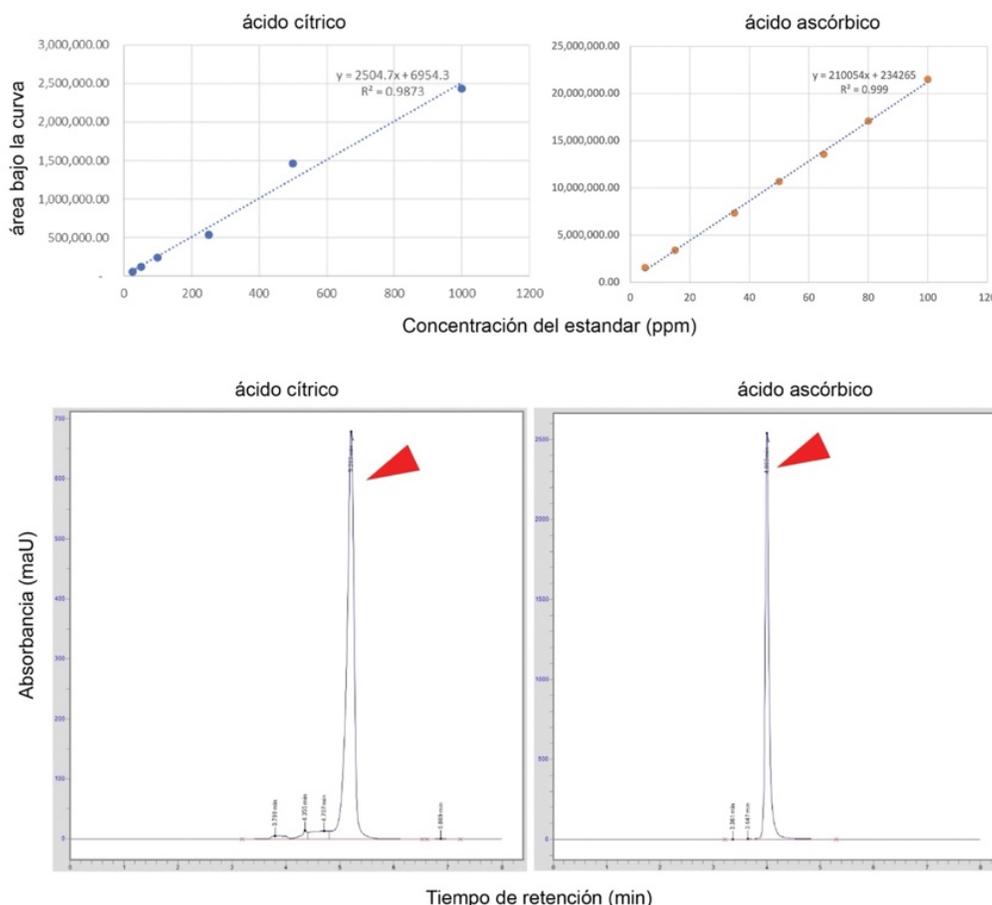


Figura 1. Curvas de calibración y tiempos de retención de ácido cítrico y ácido ascórbico utilizando los métodos AC-1 y AA-2 (ver Tabla 1).

Para ácido cítrico, se obtuvieron concentraciones de entre 22.13 (accesión 3_17) y 497.54 ppm (accesión 11_9), con un promedio de 317.21 ppm. Los materiales con mayores concentraciones fueron 11_9 (Nayarit), 1_6 (Jalisco), 9_1 (Colima), 11_4 (Jalisco), y 2_17 (Jalisco), con concentraciones superiores a las 400 ppm. Por otro lado, las accesiones 5_4, (Guanajuato) 11_1 (Michoacán), y 3_17 (SLP), tuvieron concentraciones inferiores a 200 ppm. Para ácido ascórbico, se obtuvieron concentraciones de entre 6.06 (accesión 8_11) y 96.36 ppm (accesión 3_2), con un promedio de 39.37 ppm. Los materiales 11_1 (Michoacán), 6_14 (Jalisco), 6_18 (Jalisco), 11_9 (Nayarit) y 8_11 (Nayarit), tuvieron concentraciones inferiores a 20 ppm, mientras que las accesiones 1_6 (Jalisco) y 3_2 (Jalisco) presentaron concentraciones superiores a las 90 ppm. La muestra 3_12, que para el caso de ácido cítrico presentó la concentración más baja, fue cosechada en verde; para el caso de ácido ascórbico, esta accesión presentó una concentración más cercana al promedio (25.41 ppm). Catorce de las 15 muestras analizadas correspondieron a *P.*

guajava, mientras que una fue *P. fredrichtalianum*. Para el caso de ácido cítrico, *P. fredrichtalianum* presentó una concentración cercana al promedio (282.24 ppm), mientras que para ácido ascórbico, presentó uno de los valores más altos (77.51 ppm).

CONCLUSIONES

Las metodologías evaluadas en este estudio permiten cuantificar de manera precisa el contenido de ácido ascórbico y cítrico en guayabo. Así mismo, la variabilidad observada respecto al contenido de estos dos ácidos es amplia, y representa una oportunidad para el mejoramiento del guayabo.

Cuadro 2. Concentración de ácido cítrico y ácido ascórbico en frutos de 15 accesiones de guayabo

| ID | Especie | Origen | Á. ascórbico (ppm) | Á. cítrico (ppm) |
|------|---------------------------------|---------------------------|--------------------|------------------|
| 3_17 | <i>Psidium guajava</i> | Tamuín, S.L.P. | 6.06 | 22.13 |
| 11_1 | <i>Psidium guajava</i> | San Juan Nuevo, Michoacán | 14.41 | 166.44 |
| 5_4 | <i>Psidium guajava</i> | Penjamo, Guanajuato | 14.88 | 185.02 |
| 2_19 | <i>Psidium guajava</i> | ND* | 18.57 | 204.11 |
| 6_14 | <i>Psidium guajava</i> | Mixtlan, Jalisco | 19.93 | 216.93 |
| 8_11 | <i>Psidium guajava</i> | Santiago Ixc., Nayarit | 21.73 | 271.77 |
| 2_3 | <i>Psidium fredrichtalianum</i> | ND* | 22.34 | 282.24 |
| 6_18 | <i>Psidium guajava</i> | Mixtlan, Jalisco | 25.41 | 351.87 |
| 7_14 | <i>Psidium guajava</i> | Navojoa, Sonora | 25.5 | 367.5 |
| 3_2 | <i>Psidium guajava</i> | Atenguillo, Jalisco | 32.81 | 371.92 |
| 2_17 | <i>Psidium guajava</i> | Guadalajara, Jalisco | 54.58 | 426.92 |
| 11_4 | <i>Psidium guajava</i> | Guadalajara, Jalisco | 66.52 | 450.26 |
| 9_1 | <i>Psidium guajava</i> | Colima, Colima | 77.51 | 464.18 |
| 1_6 | <i>Psidium guajava</i> | Atenguillo, Jalisco | 93.36 | 479.36 |
| 11_9 | <i>Psidium guajava</i> | Ruiz, Nayarit | 96.9 | 497.54 |

* donados de huertas locales, por lo que su origen no está determinado

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados presentados en este estudio son parte del proyecto fiscal “Integración de herramientas genómicas para determinar la arquitectura genética que gobierna la expresión de caracteres de calidad en fruta y hoja de guayabo”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Correa-Navarro YM. (2012) Cuantificación por cromatografía líquida de alta eficiencia (CLAE) de ácidos orgánicos, antioxidantes y azúcares en alimentos. *Revista Tumbaga*. 1(7):1-14.
2. Feng C. Feng C. Lin X. Liu S. Li Y. Kang M. (2021) A chromosome-level genome assembly provides insights into ascorbic acid accumulation and fruit softening in guava (*Psidium guajava*). *Plant biotechnology journal*. 19(4):717-30.
3. Padilla-Ramírez JS. González-Gaona E. *et al.* (2007) Variabilidad de la guayaba (*Psidium guajava* L.) Mexicana. INIFAP; Publicación especial No. 31: pp 61.
4. Padilla-Ramírez JS. González-Gaona E. *et al.* (2014) Caracterización morfológica y bioquímica de frutos de guayaba. INIFAP; Folleto técnico No. 58: pp 32.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

VALIDACIÓN DE CRUZAS ELITE DE LÍNEAS HAPLOIDE DUPLICADO DE MAÍZ (*Zea mays*) CON ALTO ACEITE EN EL NORTE DE SINALOA

Luis Alberto Peinado Fuentes^{1*}, Ricardo Ernesto Preciado Ortíz², Genny Llaven Valencia¹
¹Campo Experimental Valle del Fuerte-CIRNO-INIFAP; ²Campo Experimental Del Bajío-CIRCEN-INIFAP

peinado.luis@inifap.gob.mx

Palabras claves: Haploide duplicados, Heterosis y Rendimiento.

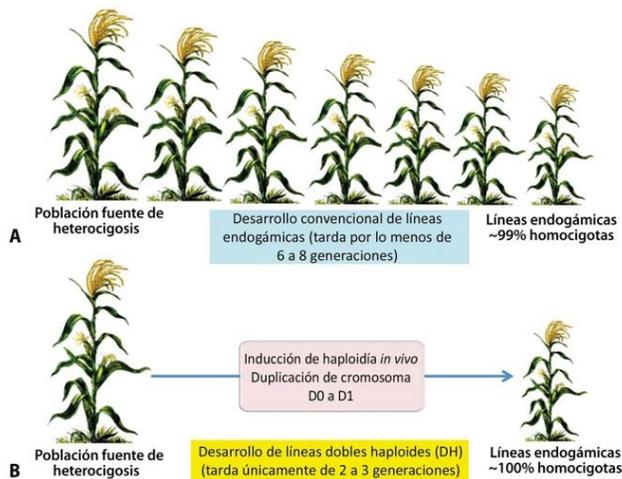


Figura 1. Número de generaciones requeridas para obtener la homocigosis por medio de (A) endogamia convencional; (B) tecnología doble haploides.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético de maíz se fundamenta en la explotación de la heterosis o vigor híbrido, fenómeno que ocurre principalmente cuando se cruzan dos líneas totalmente homocigóticas y el híbrido resultante presenta un valor agronómico mayor que lo esperado, si se considera solo la media aritmética de las líneas parentales (Falconer *et al.*, 1986). Las líneas (Figura 1) obtenidas mediante la tecnología “haploide duplicados” (HD) es un genotipo que se forma cuando las células (n) de un haploide experimentan un proceso inducido artificialmente de duplicación cromosómica ($2n$), es reconocida a nivel mundial como un medio para aumentar la eficiencia del mejoramiento (Prasanna *et al.*, 2013; Bordes *et al.*, 2007).

Por lo tanto, al tener líneas HD con alto contenido de aceite es posible la producción de híbridos entre 7% y 8% de aceite mayor al maíz común (4.0% a 4.5%). En los híbridos de maíz común, el contenido de aceite en el germen es de 30%, mientras que en los de alto contenido de aceite es del 50% (Guillen *et al.*, 2009). El grano del maíz constituye un depósito de energía vital renovable, el cual, tiene una diversidad de usos en la alimentación humana y animal, en la industria de la masa y la tortilla, siendo un mercado viable para los productores del noroeste de México (Andrae *et al.*, 2000). Por todo lo anterior, en el presente trabajo se muestra la validación de rendimiento de grano para 7 cruza elite de maíz blanco y amarillo con alto aceite, en un parque con de híbridos comerciales, a fin de validar su rendimiento para el norte de Sinaloa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo, en el INIFAP – Campo Experimental Valle del Fuerte durante el ciclo otoño-invierno de 2020/2021, donde se evaluaron 4 cruza elite de maíz blanco y 3 cruza elite de maíz amarillo, de líneas HD con alto contenido de aceite con materiales del INIFAP, en un parque de validación con 20 híbridos comerciales. Cada parcela de validación fue de 4 surcos de 100 m de largo, 0.8 m de ancho, y 2 repeticiones, con una densidad de 7-8 platas por metro, el manejo agronómico se llevó con base a la Guía técnica de producción de maíz para el norte de Sinaloa del INIFAP. Al final del ciclo del cultivo se estimó el rendimiento de grano para cada cruza con una humedad del 14%. Finalmente, se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos repeticiones, se realizó un ANOVA y la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$) en el software InfoStatv3.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza de las cruzas elite de líneas HD, se presentan en el Cuadro 1 con diferencias altamente significativas para la fuente de variación (Híbrido) en el rendimiento de grano de maíz blanco (a) y maíz amarillo (b).

Cuadro 1. Significancia de cuadrado medio para rendimiento de grano de cruzas elite HD de maíz blanco (a) y maíz amarillo (b) con alto contenido de aceite.

| a) | | | | | b) | | | | |
|---------------|----|----------------|---------|---------|---------------|----|----------------|----------|---------|
| FV | GL | REND-W (kg/ha) | F | p-valor | FV | GL | REND-Y (kg/ha) | F | p-valor |
| Modelo | 24 | 4.3425 | 1123.85 | <0.0001 | Modelo | 4 | 0.5849 | 3.39E+12 | <0.0001 |
| Cruza | 23 | 4.5311 | 1172.67 | <0.0001 | Cruza | 3 | 0.7799 | 4.52E+12 | <0.0001 |
| Rep | 1 | 0.004 | 1.00 | 0.3277 | Rep | 1 | 1.30E-16 | 0.75 | 0.4509 |
| EE | 23 | 0.004 | | | EE | 3 | 1.70E-16 | | |
| CV | | 0.54 | | | CV | | 1.40E-07 | | |
| TOTAL | 47 | | | | TOTAL | 7 | | | |

Las cruzas elite HD con mayor rendimiento de grano respecto a los testigos comerciales para el norte de Sinaloa se presentan en el Cuadro 2 mediante la prueba de Tukey ($p > 0.05$), para maíz blanco (a) y maíz amarillo (b).

Cuadro 2. Significancia del rendimiento de grano de maíz blanco (a) y maíz amarillo (b), de cruzas elite HD validadas en el norte de Sinaloa.

a)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=0.26; Error:0.04 gl: 23

| HÍBRIDO | MEDIAS | n | E.E. | |
|---------------------|---------|---|------|-----|
| P3274 | 13.6567 | 2 | 0.04 | A |
| P3230 | 13.6113 | 2 | 0.04 | A B |
| 3789 BREVANT | 13.4902 | 2 | 0.04 | A B |
| DK 4050 | 13.3681 | 2 | 0.04 | B |
| P3270 | 12.5626 | 2 | 0.04 | C |
| 3788 BREVANT | 12.3930 | 2 | 0.04 | C D |
| NB 789 | 12.2201 | 2 | 0.04 | D |
| MIRAGE | 11.9509 | 2 | 0.04 | E |
| GRANELERO | 11.8567 | 2 | 0.04 | E |
| GALILEO | 11.8227 | 2 | 0.04 | E |
| PBN85XPBB183 INIFAP | 11.8083 | 2 | 0.04 | E |
| KEPLER | 11.7309 | 2 | 0.04 | E |
| NB787 | 11.4684 | 2 | 0.04 | F |
| DESTRUCTOR | 11.3766 | 2 | 0.04 | F G |
| CORONEL | 11.2127 | 2 | 0.04 | G |
| PBN118XPBN32 INIFAP | 10.9133 | 2 | 0.04 | H |
| C8025 | 10.8769 | 2 | 0.04 | H |

| | | | | |
|---------------------|---------|---|------|---|
| RIN18 | 10.5499 | 2 | 0.04 | I |
| C8031 | 10.5395 | 2 | 0.04 | I |
| PBB187XPBN32 INIFAP | 10.1812 | 2 | 0.04 | J |
| TITAN | 9.4208 | 2 | 0.04 | K |
| PBB178XPBN85 INIFAP | 8.9127 | 2 | 0.04 | L |
| TRAKER | 7.4861 | 2 | 0.04 | M |

b)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.00006; Error: 0.0000 gl: 3

| HÍBRIDO | MEDIAS | n | E.E. | |
|--------------------------|---------|---|------|---|
| CML451/486XPAN133 INIFAP | 10.4453 | 2 | 0 | A |
| CML451/481XPAN139 INIFAP | 9.7928 | 2 | 0 | B |
| SEITEC 6219 | 9.6576 | 2 | 0 | C |
| PAN142XPAB209 INIFAP | 8.9228 | 2 | 0 | D |

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$); PBN, Población Blanca del Noroeste; PBB, Población Blanca del Bajío; PAN, Población Amarilla del Noroeste; PAB, Población Amarilla del Bajío.

La respuesta de una combinación híbrida (cruzamiento) es consecuencia de la heterosis, ésta depende de la diferencia en frecuencia génica y de la dominancia entre alelos de los padres incluidos en el cruzamiento, potencializando el vigor híbrido, expresando todas las características dominantes en una sola generación (Falconer *et al.*, 1986). Según el análisis estadístico de diferencia mínima significativa (DMS) la cruce de maíz blanco, PBN85XPBB183 (11.81 tn ha⁻¹) no tiene una diferencia significativa respecto a 4 testigos y tiene un rendimiento arriba de la media; mientras, la cruce de maíz amarillo CML481/486XPAN133 (10.45 tn ha⁻¹) obtuvo el mejor rendimiento para maíz amarillo.

CONCLUSIONES

Las cruces elite PBN85XPBB183 y CML481/486XPAN133 mostraron un rendimiento competitivo en la región del norte de Sinaloa, siendo un clima subtropical, son candidatas para ser liberados como híbridos comerciales, materiales con alto valor nutricional por alto contenido de aceite, aportando un valor agregado con respecto al maíz de uso común tanto blanco como amarillo.

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTE FINANCIADORA

Los resultados son parte del proyecto "Desarrollo tecnológico y transferencia de tecnología para el incremento de la producción y asegurar el abasto de maíz con calidad, y sanidad basándose en los criterios de sustentabilidad en regiones estratégicas de CONALSA a nivel nacional".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Falconer, D. S. (1986). Introducción a la Genética Cuantitativa. Trad. F. Márquez S. Editorial CECOSA. 2a. Edición. México.
- Bordes, J., Charmet, G., de Vaulx, R. D., Lapierre, A., Pollacsek, M., Beckert, M., & Gallais, A. (2007). Doubled-haploid versus single-seed descent and S1-family variation for testcross performance in a maize population. *Euphytica*, 154(1-2), 41-51.
- Prasanna, B. M., Chaikam, V., & Mahuku, G. (2013). Tecnología de dobles haploides en el mejoramiento de maíz: teoría y práctica. CIMMYT.
- Guillen-De la Cruz, P., Cruz-Lázaro, E., Castañón-Nájera, G., Osorio-Osorio, R., Brito-Manzano, N. P., Lozano-del Río, A., & López-Noverola, U. (2009). Aptitud combinatoria general y específica de gemoplasma tropical de maíz. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10(1).

- Andrae, J. G., Hunt, C. W., Duckett, S. K., Kennington, L. R., Feng, P., Owens, F. N., & Soderlund, S. (2000). Effect of high-oil corn on growth performance, diet digestibility, and energy content of finishing diets fed to beef cattle. *Journal of animal science*, 78(9), 2257-2262.

Sección: Recursos genéticos y mejoramiento

SANIDAD VEGETAL

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

EFFECTO DE CONTROL DE LA APLICACIÓN DE AGENTES GRAS SOBRE EL HONGO *Colletotrichum asianum* AISLADO DE FRUTO DE MANGO

Cristina Lizbeth Moreno Hernández¹, María De La Luz Zambrano Zaragoza², Rita María Velázquez Estrada¹ y Porfirio Gutiérrez Martínez¹

¹Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos - Laboratorio de Biotecnología, ITTepic. ²Laboratorio de Transformación y Tecnologías Emergentes en Alimentos, UNAM.

crlimorenohe@ittepic.edu.mx.

Palabras clave: Fruto tropical, Agentes biológico-orgánico, fitopatógeno.

INTRODUCCIÓN

La comercialización exitosa del fruto de mango demanda la ausencia de enfermedades postcosecha, antracnosis ocasionada por el patógeno *Colletotrichum* continua atacando severamente a este fruto haciéndolo susceptible a pérdidas postcosecha y afectando la producción de los agricultores. El uso excesivo y prolongado de fungicidas químicos puede ocasionar resistencia por parte de los patógenos y ocasionar daños a la salud durante su aplicación. El tratar de erradicar estos agroquímicos ha conllevado investigación continua sobre el desarrollo de alternativas postcosecha. Los consumidores demandan actualmente productos libres de residuos químicos, por lo que el desarrollo de alternativas se ha encaminado a la implementación de tecnologías no contaminantes con el medio ambiente y la salud humana. La FDA ha aprobado sustancias que son utilizadas como aditivos para alimentos categorizadas como "Generalmente Reconocido como Seguro" (GRAS). Dentro de estos compuestos se ha identificado a algunos con potencial antifúngico, incluyendo al quitosano, ácido acético, ácido peracético y peróxido de hidrógeno. Su aplicación individual y combinada en postcosecha en fruto de mango no se ha reportado. Planteándose en la presente investigación como objetivo evaluar el efecto antifúngico *in vitro* e *in vivo* de la aplicación de agentes GRAS sobre el desarrollo del patógeno *Colletotrichum asianum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material biológico y agentes GRAS

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la cepa del hongo *Colletotrichum asianum* aislada e identificada (GenBank ID: MN272369.1/MK376935.1) de fruto de mango "Tommy Atkins" originarios del estado de Nayarit. Se emplearon cuatro diferentes agentes GRAS de grado comercial: quitosano, peróxido de hidrógeno, ácido acético y ácido peracético. Las concentraciones aplicadas fueron de 0.1 a 1.5%, en el caso de quitosano una concentración adicional al 2.0% fue aplicada.

Análisis *in vitro*

Cajas Petri con la combinación del agente de control y Agar Papa Dextrosa (PDA) se inocularon con un disco de micelio de 7 mm del hongo *C. asianum* con 10 días de desarrollo y se incubaron a dos distintas temperaturas 25°C y 12°C por 10 días. Diariamente se midió el diámetro de micelio y a partir de los datos obtenidos se calculó el porcentaje de inhibición del patógeno. Las cajas del décimo día de incubación se emplearon para realizar una solución de esporas, adicionando 10 mL de agua destilada, removiendo el

micelio y filtrándolo. En un hemocitómetro se colocaron 20 μL de la solución y la concentración de esporas se cuantificó mediante un microscopio óptico. El efecto de la germinación de las esporas de *C. asianum* se determinó colocándolas en caldo papa dextrosa en combinación con los agentes GRAS. Las alícuotas se incubaron a 25°C con agitación moderada por 9 horas hasta la germinación de las esporas. El proceso de germinación se confirmó con un microscopio óptico y cuantificando el porcentaje de esporas germinadas en un campo visual. La viabilidad de esporas germinadas se evaluó tomando 10 μL de la solución y se inocularon por picadura en cajas con medio PDA libre de los agentes. El desarrollo del micelio se consideró como efecto fungistático y la ausencia como fungicida por parte del agente de GRAS sobre el desarrollo del patógeno. Los mejores tratamientos resultantes se combinaron para obtener un efecto antifúngico sinérgico, la aplicación, inoculación y determinaciones se realizaron de la misma manera que los tratamientos individuales. Para el análisis de los resultados se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado. Las diferencias entre medias se analizaron mediante una prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) utilizando el software estadístico SAS System 9.0.

Análisis in vivo

Las formulaciones más eficientes resultantes de los tratamientos individuales se aplicaron *in vivo*. Frutos de mango “Tommy Atkins” en estado de madurez fisiológica fueron tratados por inmersión con las formulaciones de la combinación de agentes GRAS, su aplicación se realizó por capas, un lote con unicapa y otro por bicapa. Posteriormente se realizaron inoculaciones con 3 distintas concentraciones de inóculo (1×10^5 , 1×10^4 y 1×10^3). Los frutos se almacenaron a 25°C por 8 días, se evaluó la severidad y el daño interno en el fruto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de los diferentes compuestos GRAS mostraron un efecto antifúngico sobre el hongo *C. asianum* a nivel *in vitro*. El efecto de control fue consecuentemente mayor conforme la concentración de cada agente de control aumentaba. La aplicación de quitosano a las concentraciones de 1.5 y 2.0% mostraron el mayor efecto antifúngico, reduciendo la concentración de esporas y el proceso de germinación del microorganismo. Se ha reportado que este biopolímero ejerce daño estructural en el patógeno al interactuar con componentes extra e intracelulares (Romanazzi *et al.*, 2018). Con respecto a la aplicación del peróxido de hidrógeno, ácido acético y ácido peracético mostraron un mayor efecto de control que el del biopolímero a concentraciones de 0.5 y 1.0%. El efecto antifúngico de estos compuestos se ha atribuido a su capacidad de formar Especies Reactivas de Oxígeno “EROs” que dañan la integridad del patógeno impidiendo su proliferación y sus procesos de esporulación y germinación (Qin *et al.*, 2011; Sisquella *et al.*, 2013; Alawlaqi and Alharbi, 2014). De acuerdo al análisis de viabilidad de esporas, la aplicación de quitosano, peróxido de hidrógeno y ácido acético mostraron un efecto de control de *C. asianum* antifúngico, mientras que la aplicación de ácido peracético mostró efecto fungicida al no permitir el desarrollo del patógeno posterior a su tratamiento con el compuesto (Figura 1A). Dos distintas formulaciones se obtuvieron de la sinergia entre los compuestos GRAS a mejores concentraciones. El efecto antifúngico de cada compuesto GRAS y el almacenamiento de las cajas a 12°C logró un control total del desarrollo del patógeno por 10 días (Figura 1B).

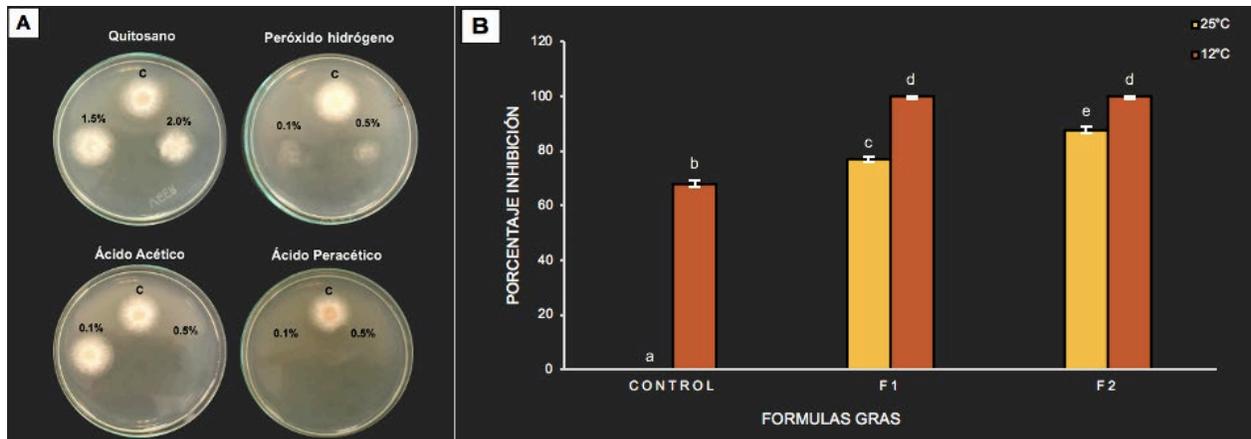


Figura 1. Control *in vitro* del patógeno *C. asianum*, A) Viabilidad de esporas posterior al tratamiento con agentes GRAS, B) Porcentaje de inhibición con aplicación de formulaciones GRAS y bajo distintas temperaturas de incubación.

La aplicación *in vivo* de las formulaciones GRAS se muestra en la Figura 2. Las formulaciones aplicadas lograron la reducción de la severidad de antracnosis con respecto a frutos control, donde se mostró el desarrollo de antracnosis en las distintas concentraciones de inoculo. Tovar-Pedraza *et al.*, 2019 confirmaron que el patógeno *C. asianum* es una de las especies más patógenas del género *Colletotrichum*, esto confirmado en los presentes resultados. La aplicación por bicapa fue eficiente al controlar el desarrollo de los inoculos 1×10^4 y 1×10^3 esporas/mL. Internamente los frutos no mostraron daño durante el almacenamiento, preservando su calidad visualmente.

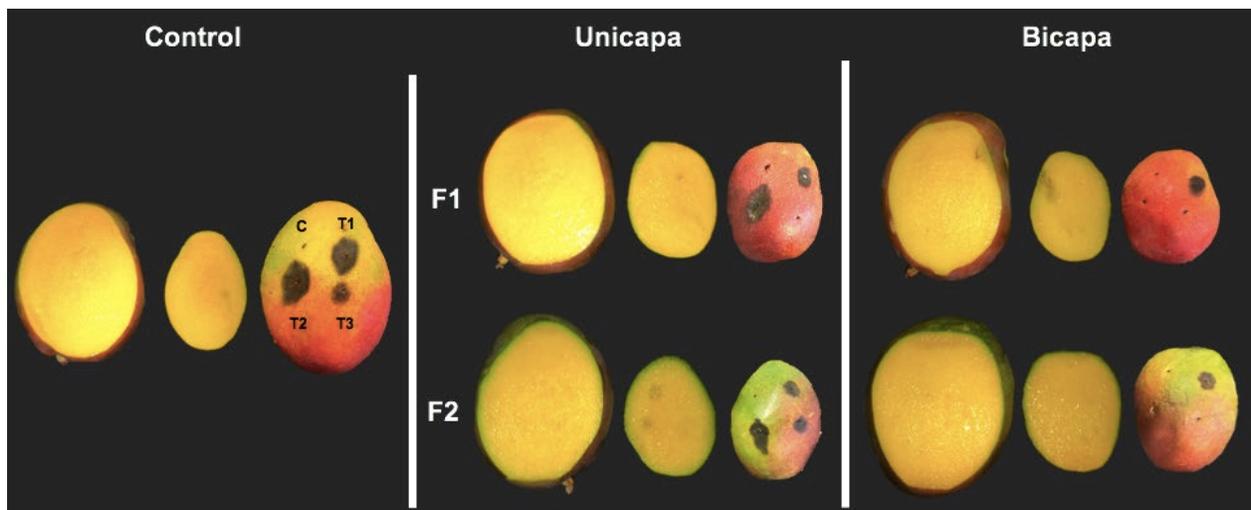


Figura 2. Efecto de control de *C. asianum* con la aplicación de formulaciones GRAS, aplicados por unicapa y bicapa, almacenados a 25°C por 8 días. C= agua; T1= 1×10^5 esporas/ml; T2= 1×10^4 esporas/ml y T3= 1×10^3 esporas/ml.

CONCLUSIONES

La aplicación de compuestos GRAS inhibió el desarrollo del patógeno *C. asianum* a nivel *in vitro* con su aplicación individual y combinada. La aplicación de las formulaciones GRAS *in vivo* redujeron la severidad de antracnosis y mantuvieron la calidad interna del fruto durante el almacenamiento.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Los resultados son parte del proyecto “Desarrollo de un sistema de control eco-amigable, alternativo al uso de fungicidas, del hongo causante de antracnosis en frutos de mango con calidad de exportación del estado de Nayarit” y forman parte de la tesis de doctorado del primer autor. Proyecto favorecido con financiamiento de la convocatoria 2019 investigación científica y tecnológica con clave 8181.20 TecNM, Instituto Tecnológico de Tepic.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Romanazzi, G., Feliziani, E., and Sivakumar, D. Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: Eliciting, antimicrobial and film-forming properties. *Front. Microbiol.* 2018: 9, 1–9.
2. Qin, G., Liu, J., Cao, B., Li, B. and Tian, S. Hydrogen peroxide acts on sensitive mitochondrial proteins to induce death of a fungal pathogen revealed by proteomic analysis. *PLoS One.* 2011: 6, 1–14.
3. Sisqueira, M., Casals, C., Viñas, I., Teixidó, N. and Usall, J. Postharvest biology and technology combination of peracetic acid and hot water treatment to control postharvest brown rot on peaches and nectarines. *Postharvest Biol. Technol.* 2013: 83, 1–8.
4. Alawlaqi, M. and Alharbi, A. Impact of acetic acid on controlling tomato fruit decay. *Life Sci. J.* 2014: 11, 114–119.
5. Tovar-Pedraza, J.M., Mora-Aguilera, J.A., Nava-Díaz, C., Lima, N.B., Michereff, S.J., Sandoval-Islas, J.S., Cámara, M.P.S., Téliz-Ortiz, D. and Leyva-Mir, S.G. Distribution and Pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with mango anthracnose in Mexico. *Plant Dis.* 2019: 100, 123–129.

Sección: Inocuidad de alimentos

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIFÚNGICA APLICANDO QUITOSANO Y SALES ORGÁNICAS E INORGÁNICAS EN FRUTOS DE JITOMATE (*Lycopersicon esculentum* L.)

Carlos A. Rodríguez-Guzmán^{1*}, Beatriz Montaña-Leyva², Rita M. Velázquez-Estrada¹, Porfirio Gutiérrez-Martínez¹.

¹Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos/División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/I. T. Tepic, Av. Tecnológico #2595, Col. Lagos del Country, Tepic 63175, Nayarit, México; ²Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora, Encinas y Rosales s/n. Hermosillo, Sonora, 83000. México.

caazrodriguezgu@ittepic.edu.mx

Palabras clave: Quitosano, sales, antifungico.

INTRODUCCIÓN

El jitomate es uno de los cultivos más importantes para México. Con valor de 1,980 millones de dólares ocupa el cuarto lugar de los principales productos agroalimentarios exportados, solo por debajo del aguacate y berries (SIAP, 2021). Sin embargo, su calidad y precio en el mercado nacional o internacional se ve afectado por daños físicos y enfermedades ocasionadas por hongos durante su etapa postcosecha (Firas, Brent, & Anne, 2017). Como es el caso de *Geotrichum candidum*, que tiene el potencial de ocasionar una infección, en los frutos de jitomate. Por lo que, los fungicidas sintéticos han sido el método tradicional empleado para el control de enfermedades postcosecha en frutos de jitomate, los cuales dañan la salud humana y contaminan el medio ambiente. Considerando lo anterior, los consumidores demandan, el uso de productos económicos y de uso seguro para la salud humana y medio ambiente. En ese sentido, el quitosano podría ser una alternativa para el control de hongos patógenos, en varios estudios, se ha reportado su capacidad antifúngica y de inducción de mecanismos de defensa; además muestra características funcionales y biológicas deseables como su biocompatibilidad con otros agentes antimicrobianos. También puede ser aplicado como recubrimiento para el control de enfermedades en postcosecha de productos hortícolas (Romanazzi, Feliziani, & Sivakumar, 2018). De igual manera, se han reportado el uso de las sales orgánicas e inorgánicas, las cuales han demostrado tener un efecto antifúngico y una alternativa para el control de patógenos en postcosecha (Türkkan et al., 2019).

OBJETIVO

El presente trabajo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar la eficacia del quitosano y sales orgánicas e inorgánicas en el control del hongo *Geotrichum sp.* causante de la pudrición acida del jitomate.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon soluciones de quitosano comercial (Q) de alta densidad a concentraciones de 1.0 % (parte in vitro) y 1.5 % (parte in vivo) en agua destilada (p/v) con ácido acético al 2%. Las soluciones se sometieron a agitación constante por 24 horas y fueron ajustadas a un pH de 5.6 con NaOH 1N. Por último, se adiciono 0.1 ml de Tween 80.

Se prepararon soluciones de sorbato de potasio (SP), carbonato de sodio (CS) y bicarbonato de sodio (BS) a concentraciones de 0.25 (parte in vitro) y 1.5 % (parte in vivo) (p/v) con agua destilada estéril, seguida de agitación constante por 5 min a temperatura ambiente.

Parte in vitro

Determinación de diámetro micelial

Se tomó un disco de 8 mm de micelio del patógeno, y se colocaron en el centro de la caja de Petri con medio PDA (Agar papa dextrosa) con los diferentes tratamientos de los antifúngicos (incluyendo el control). Las cajas ya inoculadas se incubaron a una temperatura de 25 ° C. El diámetro micelial se midió cada 24 h por 7 días con ayuda de un vernier.

Para calcular el porcentaje de inhibición del crecimiento micelial (% ICM) se utilizó la siguiente ecuación para cada tratamiento utilizado:

$$\%ICM = \frac{(\text{Diámetro colonia control} - \text{Diámetro colonia con tratamiento}) \times 100}{(\text{Diámetro colonia control} - \text{Diámetro del sacabocado})}$$

Parte in vivo

Preventivas y curativas a temperatura ambiente

Frutos de jitomate fueron inoculados por herida (1 herida por fruto) con un punzón estéril (2,5 mm de profundidad y 1 mm de ancho), e inoculados con 10 µL de una suspensión esporas a (1 x 10⁶ ml⁻¹) dejándose secar al aire. Los tratamientos curativos se realizaron inoculando la fruta con la suspensión de esporas. Y se dejaron secar por 4 h para permitir la infección y establecimiento del patógeno y aplicar los tratamientos seleccionados. Los tratamientos preventivos, se realizaron aplicando primero los tratamientos de control seleccionados sin herida, dejando secar los frutos 2 h a temperatura ambiente. Posteriormente los frutos tratados se inocularon con la suspensión de esporas del patógeno. El tratamiento control fue inoculado con esporas del patógeno y tratado con agua estéril, antes o después de la inoculación según sea relevante. Los frutos fueron almacenados por 8 días a 24 ±2°C y (85-90%) de humedad relativa. Se evaluó la severidad de la enfermedad (diámetro de la lesión).

DISEÑO ESTADÍSTICO

Los datos se analizaron con análisis de varianza (ANOVA). Los valores medios se compararon mediante la prueba de Tukey y la importancia se evaluó a P <0.05. El experimento se realizó 2 veces y por triplicado cada tratamiento. El análisis estadístico se realizó utilizando el software estadístico Statistica 12.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parte in vitro

Determinación de diámetro micelial

En el cuadro 1 los resultados muestran que únicamente el tratamiento a base de quitosano al 1.0% mostró efecto antifúngico. Inhibiendo el crecimiento micelial en un 63%, lo cual puede atribuirse a su naturaleza policationica, principal mecanismo de acción que se ha conferido al quitosano. El cual consiste en cambiar la permeabilidad celular provocada por las interacciones de las cargas positivas de los grupos aminos con las cargas electronegativas de las superficies celulares limitando su funcionalidad y permitiendo la salida de compuestos vitales para su desarrollo. En relación a las sales, no se observaron diferencias significativas respecto al control, por lo que, se ha sugerido que el efecto antifúngico de las sales podría deberse en parte a la alteración del pH causada por algunos compuestos de las sales, sin embargo, en este caso los resultados muestran que el crecimiento micelial de *Geotrichum sp.*, no se ve afectado por la modificación del pH. Lo cual concuerda con lo reportado por algunos autores, que hongos como *Geotrichum sp.* puede crecer sin problemas en rangos de 4.0 y 12.0.

| % Inhibición crecimiento micelial | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tratamientos | | | | |
| Control | Q 1.0% | BS 0.25% | CS 0.25% | SP 0.25% |
|  |  |  |  |  |

Cuadro 1. Efecto de los tratamientos sobre el crecimiento micelial de *Geotrichum sp.*

Parte in vivo

Preventivas y curativas a temperatura ambiente

En la figura 1 los resultados muestran que el tratamiento de quitosano al 1.5% mostró diferencias significativas respecto al control y tratamientos. Reduciendo el diámetro de la lesión en un 39% en las

pruebas curativas y 31.1% en las preventivas. Lo cual sugiere que además de su actividad antifúngica, también podría deberse a la inducción de mecanismos de defensa, enzimas como la peroxidasa, fenilalanina amonio liasa y polifenoloxidasas que protegen al fruto ante la presencia de hongos fitopatógenos, o enzimas antifúngicas hidrolíticas como la quitinasas y B 1-3 glucanasas las cuales estarían atacando directamente la pared celular de algunos hongos inhibiendo su desarrollo (Sharif et al., 2018). En relación a las sales, SP, CS y BS 1.5% los resultados mostraron diferencias significativas respecto al control en ambas pruebas. La inhibición fúngica obtenida con las sales no solo se debe a un efecto directo del pH, por lo que, se sugiere que podría ser causada por la reducción de la presión de la turgencia celular ocasionando el colapso y la contracción de las hifas y esporas. Solo en el caso de BS 1.5% en las pruebas curativas no presento diferencias.

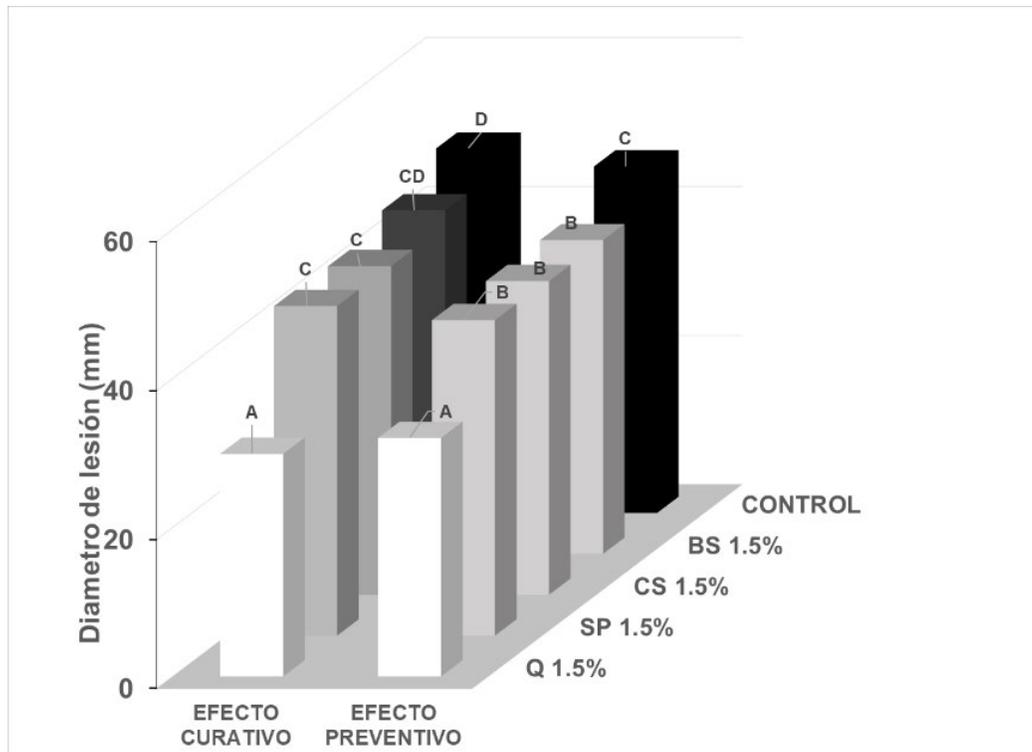


Figura 1. Evaluación de quitosano y sales sobre el efecto curativo y preventivo en el diámetro de la lesión de *Geotrichum* sp. Letras diferentes en cada barra indican diferencias significativas ($P < 0.05$).

CONCLUSIONES

La aplicación de quitosano y sales orgánicas e inorgánicas son una opción prometedora para el control de patógenos que atacan al fruto de jitomate, sin embargo, se requiere de más estudios que permitan comprender sus efectos y potencializarlos mediante la combinación con otros agentes de control.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece el apoyo para la realización de este proyecto al CONACYT, por la beca de doctorado otorgada, así como, al Laboratorio Integral de Investigación en Alimentos ubicado en el Instituto Tecnológico de Tepic.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SIAP, (2021). Sistemas de información agropecuaria y pesquera. Fecha de acceso 23/julio /2021

[Publicaciones SIAP](#)

Firas, A. A., Brent, S. S., & Anne, M. A. (2017). Postharvest diseases of tomato and natural products for disease management. *African Journal of Agricultural Research*, 12(9), 684–691.

<https://doi.org/10.5897/AJAR2017.12139>

Romanazzi, G., Feliziani, E., & Sivakumar, D. (2018). Chitosan, a biopolymer with triple action on postharvest decay of fruit and vegetables: Eliciting, antimicrobial and film-forming properties. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1–9. DOI: 10.3389/fmicb.2018.02745

Sharif, M. A., Kumer, A., Ahmed, M. B., & Paul, S. (2018). Chitosan is a new target of chemical replacement to formalin in food preservative. *International Journal of Chemical Studies*, 6(1), 757–760.

Türkkan, M. (2019). Effect of various salts on the growth and development of *Geotrichum candidum*, the causal agent of carrot sour rot. *Journal of Phytopathology*, 167(4), 230–239.

Sección: Inocuidad de alimentos

INTERACCIONES MULTIROFICAS PUTATIVAS EN PLANTACIONES DE COCOTERO CON AMARILLAMIENTO LETAL

PUTATIVE MULTITROPHIC INTERACTIONS IN COCONUT PLANTATIONS WITH LETHAL YELLOWING COCONUT

Eder Ramos Hernández¹, Carlos Fredy Ortiz García², Carlos Oropeza Salín³, Blanca Patricia Castellanos Potenciano⁴, Miguel Alberto Magaña Alejandro⁵, Yesenia García Estrada²

¹CE Huimanguillo CIRGO-INIFAP, ²Colegio de Postgraduados-Campus Tabasco, ³CICY, ⁴CE Valles Centrales CIRPAS-INIFAP. ⁵UJAT.

ramos.eder@inifap.gob.mx

Palabras claves: Amarillamiento letal del cocotero, Fitoplasma, Vector

INTRODUCCIÓN

La palma de coco, *Cocos nucifera* L., se encuentra ampliamente distribuida en todas las áreas tropicales del mundo. Se considera una de las veinte plantas cultivadas más importantes a nivel global y un elemento básico en la economía agrícola de muchos países. Entre las zonas productoras de cocotero de la península de Yucatán y Golfo de México, destacan la presencia de plagas y enfermedades, principalmente el amarillamiento letal del cocotero (ALC), enfermedad causada por un fitoplasma, perteneciente a la clase Mollicutes.

En un agroecosistema de cocotero las interacciones ecológicas entre los elementos del ALC [fitoplasma - insecto vector - planta susceptible - arvenses] son desconocidas. La composición de la vegetación, diversidad del hábitat y la naturaleza de los ecotonos vecinos de cultivo susceptible al fitoplasma, puede tener efectos significativos en la presencia y dispersión de vectores u otros insectos. Los insectos vectores (ninfas o adultos) adquieren el fitoplasma por alimentación en plantas infectadas, ya sean arvenses, palmas o cultivo y después de un periodo de incubación, ellos los transmiten a plantas sanas. Las arvenses pueden ser una fuente primaria de inóculo de fitoplasma de muchos insectos polífagos. De acuerdo con Robinson (1987) el patosistema de arvenses es también la resultante de las actividades agrícolas de los productores, y por lo general no se consideran un componente del patosistema del cultivo, excepto cuando son hospedantes alternantes de vectores de patógenos, tal como sucede entre las arvenses del patosistema de cocotero.

Así, como parte de los resultados de investigaciones realizadas sobre ALC en diferentes ecosistemas del estado Tabasco, este trabajo tiene como objetivo presentar las interacciones multitróficas putativas en un patosistema de cocotero.

MATERIALES Y METODOS

Este trabajo se llevó a cabo en el ejido Ojoshal, al noroeste del municipio Cárdenas, Tabasco en una plantación de cocoteros con 23 hectáreas de un productor cooperante. En la cual el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) bajo el proyecto internacional con International Coconut Genetic Resources Network (COGENT) estableció una parcela experimental de 8 hectáreas con 12 híbridos intraespecíficos de tipo enano x alto y alto x alto durante el periodo: enero de 2001-octubre de 2002.

El área de estudio se encuentra localizada en las latitudes 18°09'07.5" N y 90°06'09.6" O a 5 msnm. El clima es cálido húmedo Am (f)(i)gw", temperatura promedio anual mayor varía de los 25.6 a 27 °C, precipitación de lluvia invernal mayor a 10.2 %, presencia de canícula, el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano con abundantes lluvias en verano. La fisiografía de la zona es una serie de bordos de playa y dunas de arenas de forma cóncavo-convexa de material suelto a basa de arenas, lo que origina subzonas altas y subzonas bajas. El suelo es arenoso háplico con textura gruesa, arenosos y profundos de mediana fertilidad.

La identificación del fitoplasma del ALC se realizó con base a la amplificación por la reacción en cadena de la polimerasa (PCR nested y PCR tiempo real) de la región 16S-ADNr; permitiendo la detección y

caracterización de fitoplasmas en palmas (Ramos *et al.* 2020a), cixiidos (Ramos *et al.* 2020b) y arvenses (Terán-Villanueva, 2014) de Tabasco.

Este estudio exploró las arvenses que interactúan con ninfas de cixiidos en un patosistema de cocotero del sur de México (Ramos *et al.* 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la búsqueda de las posibles interacciones multitróficas putativas, entre cada elemento que integran un patosistema de ALC en cocotero del sur de Tabasco, se consideraron los resultados de Ramos *et al.* (2018, 2020a; 2020b) y Terán-Villanueva (2014).

Así, en el patosistema de cocotero del estado de Tabasco se ha identificado y caracterizado molecularmente por PCR que el fitoplasma '*Candidatus* phytoplasmas palmae', 16SrIV-A se asocia a palmas de cocotero enfermas (Ramos *et al.* 2020) y algunas otras especies de palma de ornato, como *Adonidia merrillii* (Becc.) Becc.

Otro elemento importante en el patosistema de cocotero es la presencia de arvenses, las cuales en el área de estudio se confirmó que siete especies de gramíneas están funcionando como hospederas de *Haplaxius crudus* van Duzee en sus estados ninfal (Ramos *et al.* 2018). El 76 % del total de ninfas de *H. crudus* acumuladas en el patosistema de cocotero durante este estudio, está presente en los meses de marzo-agosto en la subzona baja. De noviembre a marzo, el 14 % acumulado de las ninfas de *H. crudus* se encontraron relacionadas a la rizósfera de poáceas presentes en las pendientes y la parte más alta de la subzona alta. Lo cual coincide con los periodos de lluvias más intensos. Esta presencia de ninfas del cixiido en ambas subzonas del patosistema de cocotero en diferentes épocas del año, garantiza que las ninfas estén presentes durante todo el año. Por lo que se registró, como principales arvenses hospederas de ninfas de cixiidos a las especies de: *Panicum laxum* Sw., *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf, y *Eustachys petraea* Sw.) Desv.

Dentro del área muestreada de la plantación de cocotero, las ninfas de *H. crudus* parecen ser polítróficas en raíces de *B. mutica*, *P. laxum*, ambas poaceas al parecer aportan un microhabitat semejante a los que requieren las ninfas. Sin embargo, en los sitios reproductivos, no solo se puede encontrar ninfas de *H. crudus* como huésped único, sino que también lo utilizan las especies *H. skarphion* Kramer (Cixiidae), *H. caldwelli* Kramer (Cixiidae) y *Oecclus snowi* Ball (Cixiidae), por lo que estas especies podrían estar jugando roles como dispersores del fitoplasma del ALC, ya que se han reportado adultos positivos a dichos fitoplasma (Ramos *et al.*, 2020b). Las diferencias en la productividad de *H. crudus* en diferentes especies de gramíneas pueden ser debido a las preferencias de ovoposición, diferentes tasas de supervivencia de larvas o a una combinación de éstos.

Un diagrama de Venn fue construido a partir de los resultados obtenidos en las dos subzonas de muestreos durante un año. En el diagrama se esquematizan las posibles interacciones multitróficas que se están dando en el patosistema de cocotero (Figura 1).

Los datos registrados en el presente estudio aportan claridad sobre la dispersión de fitoplasmas del ALC en el agroecosistema de cocotero y puede ayudar a la formulación de hipótesis para un mejor entendimiento de la epidemiología de la enfermedad del ALC, la cual demanda estrategias de manejo apropiado. Así, el manejo de arvenses se convierte es una estrategia efectiva para reducir la presión del ALC, porque bajaría la densidad y los niveles de infestación de la población de vectores.

En este estudio, las arvenses encontradas ponen en evidencia que el microhábitat reproductivo de cixiidos, en su etapa ninfal, está integrado por la rizósfera superior de una diversidad de especies vegetales alopatricas, al interior del patosistema de cocotero. Además, la amplia gama de plantas hospederas del vector puede aumentar el potencial de transmisión, mientras que la especialización puede inducir ciclos específicos de la enfermedad.

En este sentido, el *H. crudus*, vector del fitoplasma causantes del ALC, utiliza la zona radical de algunas gramíneas para opositar y llevar a cabo su etapa ninfal hasta el momento de alcanzar su etapa adulta.

El Fitoplasma del grupo 16 SrIV ha sido reportado en las arvenses *Digitaria abyssinica* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf, *E. petraea*, *Digitaria insularis* (L.) Mez ex Ekman y *Portulaca pilosa* L de plantaciones de cocotero afectados por el ALC (Terán-Villanueva, 2010). Por lo tanto, es importante conocer el potencial adquisitivo de fitoplasma del grupo 16SrIV, de insecto vectores en etapa ninfal en este patosistema de cocotero, para ello, documentar la alimentación en dicha etapa del vector en los hospederos, *E. petraea* y *D. abyssinica*, es imperativo; ya que la distribución y el progreso de plantas enfermas, depende de la densidad del inoculo

y la población de vectores. En adición la identificación de plantas asintomáticas con infecciones de fitoplasma es difícil.

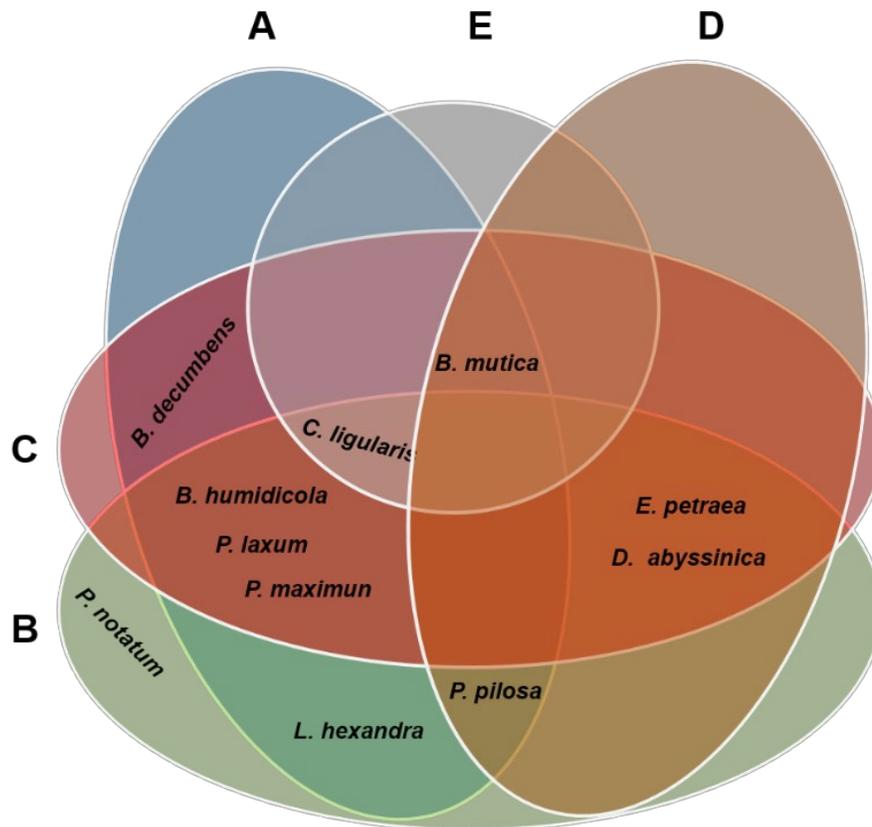


Figura 1.- Diagrama de Venn muestra las interacciones de las ninfas de *H. crudus* en las dos subzonas (A: baja; B: Alta) de muestreo con arvenses (hospederas de ninfas (C) y fitoplasmas (D) y ninfas de otros cixiidos (E). Patosistema de cocotero del Ej. Ojoshal, Cárdenas, Tabasco.

CONCLUSIONES

Hay evidencia de relaciones multitróficas que pueden estar ocurriendo en el patosistema de cocotero, como la presencia del fitoplasma del ALC en palmas-vectores-arvenses. Así mismo, algunas arvenses se encuentran relacionadas de manera directa en la etapa ninfal de *H. crudus*. Por lo tanto, el manejo de arvenses es una estrategia efectiva para reducir la presión del ALC. El patosistema de arvenses es diverso y es utilizado por *H. crudus* en sus primeras etapas de su ciclo de vida, y cuya inclusión en un manejo integrado impactará sobre el amarillamiento letal del cocotero

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto de CONACYT-Ciencia Básica "Estudio sobre los mecanismos de defensa del coco frente a los fitoplasmas de amarillamiento letal" [000000000129717].

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ramos E, Leshner JM *et al.* (2020a). Detection and Identification of Phytoplasmas in the 16SrIV-A, -B and -D Subgroups in Palms in Tabasco, Mexico. Plant disease (en prensa).

2. Ramos E, Leshner JM *et al.* (2020b). Cíxidos y dérbidos vectores putativos de fitoplasma del grupo 16Sr-IV. *Revista Colombiana de Entomología* (en prensa).
3. Ramos E, Magaña MA, Ortiz CF *et al.* (2018) The coconut pathosystem: weed hosts of nymphs of the American palm Cixiid *Haplaxius crudus* (Hemiptera: Fulgoroidea), *Journal of Natural History*, 52:5-6, 255-268.
4. Robinson R.A., Robinson R.A. (1987) Manejo del hospedante en patosistemas agrícolas. Colegio de Postgraduados (México (Estado))
5. Terán-Villanueva (2014). Importancia de las arvenses en la dispersión del amarillamiento letal del cocotero. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados.

Sección: Sanidad vegetal

Tipo de presentación: Oral

HIDROCARBUROS CUTICULARES COMO HERRAMIENTA PARA DETECTAR VARIACIÓN INTRAESPECÍFICA EN INSECTOS

Kenzy I. Peña Carrillo^{1*}, Chantal Poteaux², Chloé Leroy², Rubi N. Meza Lázaro³, Jean Paul Lachaud^{4,5}, Alejandro Zaldívar Riverón³, María Cristina Lorenzi²

¹CEGET, CIRNE-INIFAP, ²LEEC-Université Sorbonne Paris Nord, ³Instituto de Biología-UNAM, ⁴ECOSUR, ⁵Université de Toulouse

pena.kenzy@inifap.gob.mx

Palabras clave: Hidrocarburos cuticulares, especies crípticas, insectos sociales

INTRODUCCIÓN

Los insectos utilizan diferentes medios de comunicación entre los cuales la comunicación química es el principal, la cual además ha sido clave para el mantenimiento de las sociedades de insectos sociales. Por medio de señales químicas, insectos sociales como las hormigas intercambian información acerca de su casta, estado reproductivo, actividades específicas, entre otras. Los hidrocarburos cuticulares son los compuestos químicos que permiten que las hormigas sean capaces de discriminar a intrusos que podrían representar una amenaza para sus nidos (Blomquist y Bagnères 2010). Típicamente, una misma especie presenta una composición de hidrocarburos cuticulares cualitativamente estable a lo largo de su rango de distribución. Mientras que variaciones cuantitativas, es decir, en las cantidades de sus compuestos, se atribuyen a diferencias químicas a nivel intraespecífico. Debido a estas características cualitativas y cuantitativas, los hidrocarburos cuticulares son considerados herramientas taxonómicas (Blomquist y Bagnères 2010). En sistemas agrícolas, las hormigas se encuentran entre los depredadores más comunes de artrópodos, además, debido a su potencial de estabilización o regulación de poblaciones de insectos plaga, algunas especies son consideradas como potenciales agentes de biocontrol (Lachaud y Lachaud 2009). *E. ruidum* es una hormiga neotropical que se ha considerado como un agente potencial de biocontrol en plantaciones de cocoa, café y maíz. Es una especie dominante cuya densidad de nidos puede alcanzar los 11,200 por hectárea, además, es una de las pocas especies que presenta un comportamiento cleptobiótico a nivel intraespecífico (Lachaud y Lachaud 2009). En estudios previos se determinó que *E. ruidum* representa un complejo de hasta cuatro potenciales especies crípticas (nombradas *E. ruidum* sp.1-4), para las cuales su delimitación no es clara (Aguilar-Velasco et al. 2016; Meza-Lázaro et al. 2018). Debido a su complejidad taxonómica y comportamiento cleptobiótico, *E. ruidum* representa un modelo ideal para el estudio de señales de reconocimiento químico. Por consiguiente, el objetivo del presente estudio fue analizar los hidrocarburos cuticulares de las potenciales especies crípticas de *E. ruidum*, con el fin de determinar la existencia de variación útil para la delimitación de las especies con relaciones filogenéticas no resultas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se analizaron los hidrocarburos cuticulares de hormigas de la casta obrera recolectadas en distintas poblaciones del Sur de México a lo largo de la Costa del Pacífico en los estados de Chiapas (población Cantón Leoncillos) y Oaxaca (poblaciones: Coyula, Cozoaltepec, Huaxpaltepec, Mazunte, Piedras Negras, Puerto Escondido, Punto 3, Río Grande y Santo Domingo de Morelos). Así como en la ciudad de Cali, Colombia. Algunas de las poblaciones corresponden a las mismas poblaciones utilizadas en el estudio de Aguilar-Velasco *et al.* (2016). Previo a los análisis químicos, las obreras recolectadas se identificaron morfológicamente mediante claves dicotómicas del género *Ectatomma* y posteriormente se secuenció el gen de barcoding COI (mtDNA) para su identificación de acuerdo con el estudio de Meza-Lázaro *et al.* (2018). Posteriormente, mediante cromatografía de gases se realizó la extracción, identificación y análisis de los hidrocarburos cuticulares de acuerdo con el estudio de Peña-Carrillo *et al.* (2021).

A partir de los perfiles de hidrocarburos se obtuvieron diferentes variables químicas que se analizaron estadísticamente para las poblaciones Mazunte, Puerto Escondido y Piedras Negras, para las cuales se contaba con mínimo dos colonias por población. Dichas poblaciones se consideraron genéticamente como una sola especie (*E. ruidum* sp. 3-4) debido a que sus relaciones filogenéticas aún no han sido resueltas. En primer lugar, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para reducir la dimensión de variables químicas analizadas. Después, mediante el uso de un Modelo Lineal Mixto Generalizado (GLMM) para datos con distribución normal, analizamos la variación de cada variable química obtenida y la de cada Componente Principal (PC). En el análisis GLMM las variables químicas fueron las variables respuesta, población fue el factor fijo y colonia fue el factor aleatorio necesario para considerar la no independencia de datos de hormigas obreras de una misma colonia. Adicionalmente, se efectuó un análisis exploratorio en el cual se incluyeron todas las poblaciones de estudio. Éste consistió en una prueba de Escalamiento Multidimensional No Métrico (NMDS), utilizando las medidas de distancias de Bray-Curtis las cuales se basan en la abundancia relativa de los compuestos químicos; en este último análisis el limitado número de colonias recolectadas por población no permitió su análisis estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las secuencias de ADN obtenidas de obreras de las poblaciones de Cozoaltepec, Huaxpaltepec, Punto 3 y Río Grande se identificaron como pertenecientes a una sola especie (*E. ruidum* sp. 3-4). Las obreras de la población Santo Domingo de Morelos se identificaron como *E. ruidum* sp. 2. Por otra parte, las obreras de Huaxpaltepec no pudieron ser identificadas como alguna de las especies previamente propuestas, por lo tanto, se asignaron a una nueva posible especie denominada *E. ruidum* sp. 5. El resto de las poblaciones correspondieron a las especies *E. ruidum* sp. 1-4 de acuerdo a lo reportado por Aguilar-Velasco *et al.* (2016) y Meza-Lázaro *et al.* (2018).

Los perfiles químicos de las poblaciones Mazunte, Puerto Escondido y Piedras Negras (*E. ruidum* sp. 3-4) resultaron significativamente variables en las proporciones de alcadienos, alquenos y metil-alcanos (alcadienos $F_{2,37} = 3.798$, $P = 0.032$; alquenos: $F_{2,37} = 21.628$, $P < 0.0001$; metil-alcanos $F_{2,37} = 18.960$, $P < 0.0001$ Figura 1a). En contraste, las proporciones de los alcanos lineares y los dimetil-alcanos no se diferenciaron significativamente (alcanos lineares $F_{2,37} = 1.308$, $P = 0.283$; dimetil-alcanos $F_{2,37} = 1.810$, $P = 0.178$; Figura 1). Por otra parte, el ACP resumió la variación en dos componentes principales los cuales explicaron el 76.7% de la variación total. El componente principal uno (CP1: 56.6% varianza explicada) discriminó las tres poblaciones analizadas (GLMM, $F_{2,37} = 10.649$, $P < 0.0001$, Figura 1b). Mientras que en el CP2 (20.1% varianza explicada), las obreras se diferenciaron por población ($F_{2,37} = 29.032$, $P < 0.0001$).

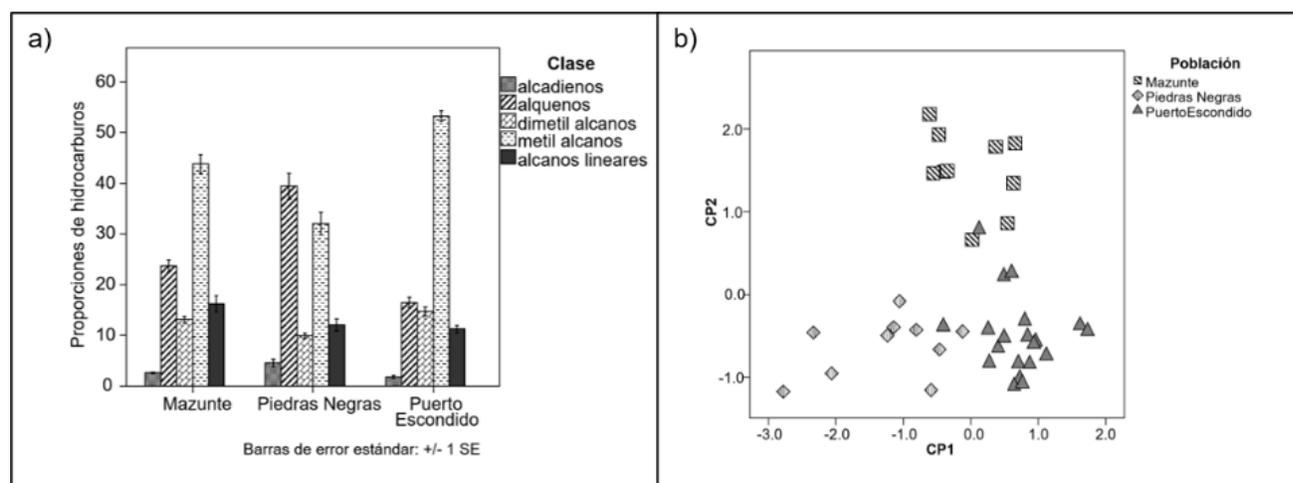


Figura 1. (a) Proporciones de las diferentes clases de hidrocarburos cuticulares de obreras y (b) gráfico de Componentes Principales basado en diferencias químicas poblacionales de la especie *E. ruidum* sp. 3-4.

Finalmente, el análisis exploratorio NMDS realizado con datos químicos de todas las poblaciones de estudio sugirió que existe una alta variación química a nivel intra e inter específico ya que cada una de las poblaciones de estudio se agrupó y diferenció con respecto a las demás (Figura 3).

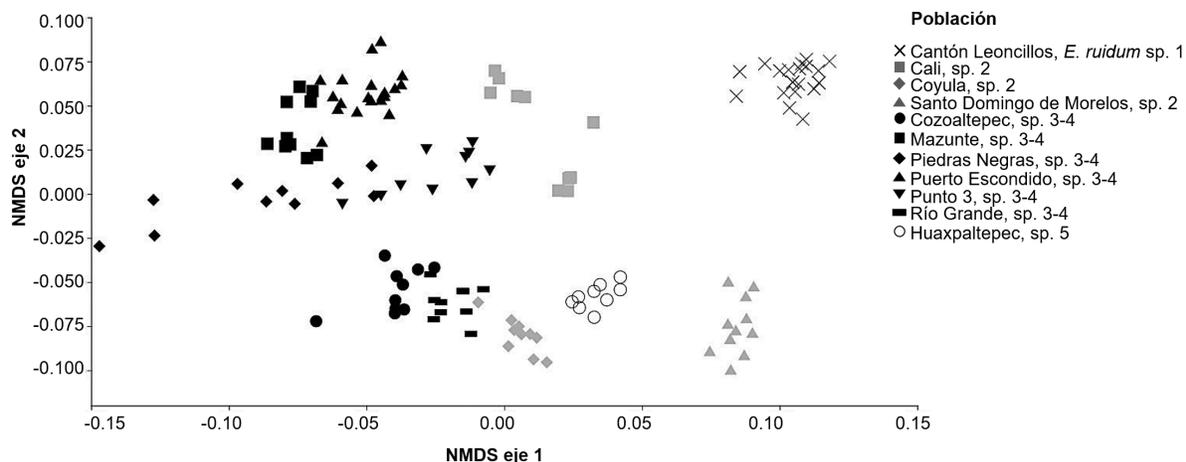


Figura 2. Gráfico exploratorio de la prueba NMDS basado en poblaciones del complejo *E. ruidum*.

Los resultados demostraron que los perfiles de hidrocarburos cuticulares de las diferentes poblaciones del complejo *E. ruidum* son altamente variables y superan la actual delimitación taxonómica basada en el genoma mitocondrial (Meza-Lázaro et al. 2018). Además, debido a que las clases de compuestos más variables tienen una función importante en el reconocimiento de compañeros de nido o colonia, se sugiere que el comportamiento cleptobiótico de *E. ruidum* podría haber influenciado la alta variabilidad química encontrada; no obstante, esta hipótesis necesita ser analizada en estudios subsiguientes.

CONCLUSIÓN

Las diferentes poblaciones hormigas del complejo de especies *E. ruidum* tienen una variación de hidrocarburos cuticulares que supera la variación típica de una misma especie y que también supera su actual delimitación taxonómica. Los resultados del presente estudio soportan el uso de los hidrocarburos cuticulares como posibles herramientas taxonómicas para estudios de especies crípticas de insectos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar-Velasco RG, Poteaux C, Meza-Lázaro R, Lachaud J-P, Dubovikoff D, Zaldívar-Riverón A (2016). Uncovering species boundaries in the Neotropical ant complex *Ectatomma ruidum* (Ectatomminae) under the presence of nuclear mitochondrial paralogues. *Zool J Linn Soc* 178:226–240. <https://doi.org/10.1111/zoj.12407>
- Blomquist GJ, Bagnères A-G (2010). *Insect hydrocarbons: biology, biochemistry and chemical ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lachaud J-P, Pérez-Lachaud G. (2009). Impact of natural parasitism by two eucharitid wasps on a potential biocontrol agent ant in southeastern Mexico. *Biol Control* 48:92-99. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.09.006>
- Meza-Lázaro RN, Poteaux C, Bayona-Vásquez NJ, Branstetter MG, Zaldívar-Riverón A (2018). Extensive mitochondrial heteroplasmy in the neotropical ants of the *Ectatomma ruidum* complex (Formicidae: Ectatomminae). *Mitochondrial DNA A*. <https://doi.org/10.1080/24701394.2018.1431228>

Peña-Carrillo KI, Poteaux C, Leroy C, Meza-Lázaro RN, Lachaud J-P, Zaldívar-Riverón A, Lorenzi MC. (2021). Highly divergent cuticular hydrocarbon profiles in the cleptobiotic ants of the *Ectatomma ruidum* species complex. *Chemoecology* 31:125–135. doi:10.1007/s00049-020-00334-0

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola: Sanidad Vegetal.

IDENTIFICACIÓN DE GENOTIPOS DE SORGO TOLERANTES AL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO *MELANAPHIS SACCHARI* (ZEHNTNER) BAJO CONDICIONES DE INFESTACIÓN ARTIFICIAL.

José Guadalupe Urbina Muñiz¹, Víctor Pecina Quintero^{2*}, Rafael Bújanos Muñiz², Andrea Pecina Becerril¹, Noé Montes García³.

¹Estudiante de posgrado ITN-ROQUE; ²CE-Bajo-CIRCE-INIFAP; ³CE-Rio Bravo-CIRNE-INIFAP.

pecina.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tolerancia, pulgón amarillo, infestación artificial.

INTRODUCCION

El sorgo, es uno de los principales cultivos en México tanto por volumen de producción (6,5 millones de toneladas), como por superficie sembrada (2 millones de hectáreas) después del maíz y frijol. En 2016 la superficie dedicada a este cultivo se redujo a 1.8 millones de hectáreas, debido principalmente al daño causado por el pulgón amarillo del sorgo (PAS). Se estiman que los daños provocados redujeron la producción de grano en Guanajuato hasta un 50% en 2015, a pesar de que se establecieron diferentes medidas de manejo, entre las que destacan el uso del control químico y control biológico. Por lo que en 2016 se evaluaron más de 80 genotipos de sorgo bajo condiciones naturales, para identificar materiales que presentaran tolerancia al pulgón amarillo, mecanismo fundamental para lograr establecer un sistema de manejo integrado de la plaga. Se identificaron cerca de 30 genotipos con diferente nivel de tolerancia (Pecina et al. 2020), por lo anterior y con el fin de generar nuevos materiales con tolerancia o resistencia, el presente trabajo fue identificar genotipos experimentales de sorgo, tolerantes al pulgón amarillo, bajo condiciones controladas e infestación artificial.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en invernadero, cámaras de cría y laboratorio de Entomología del Campo Experimental Bajío (CEBAJ-INIFAP), ubicado en el km 6.5 de la carretera Celaya-San Miguel de Allende, en Celaya, Gto. En la infestación inducida del germoplasma de sorgo se utilizó una colonia del PAS que se mantiene bajo condiciones de invernadero sobre un híbrido comercial de sorgo susceptible y plantas de zacate Johnson. El origen de esta colonia, fueron poblaciones del PAS colectadas sobre parcelas experimentales de sorgo durante el mes de agosto de 2016 en el CEBAJ. Se evaluó la tolerancia de 200 materiales genéticos de sorgo de INIFAP al pulgón amarillo del sorgo incluyendo un genotipo tolerante (Mezquite) y un susceptible (UPM-291). Se utilizó una maceta con tres plantas de cada genotipo como repetición, el diseño fue completamente al azar y cuatro repeticiones. Tres repeticiones fueron infestadas y la cuarta repetición se mantuvo aislada sin la infestación inducida. La infestación se realizó depositando diez adultos del PAS por planta de sorgo, en la hoja inferior de cada planta. La infestación se realizó en la etapa de V2 a los 28 días después de la emergencia y con la característica de 5 hojas visibles. La primera evaluación se realizó a los 43 días después de la siembra. La segunda evaluación se realizó en la etapa de V5 en embuche y a los 58 días después de la emergencia de las plantas. Se evaluó número de pulgones/hoja (Bowling et al. 2015), altura de planta (diferencia en altura de plantas infestadas vs no-infestadas) y grado de daño. Para el grado de daño se utilizará la escala general del daño de Sharma et al. 2013. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza utilizando el programa SAS 9.4 y se les practicó una prueba de comparación múltiple de medias, por el método de Tukey $p \leq 0.05$). Además, se realizó pruebas para determinar el tipo de resistencia de los genotipos resistentes sobre la progenie del pulgón amarillo del sorgo y la duración del ciclo biológico en unidades calor (arriba de 8.7 °C; Setokuchi, 1973).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1, se muestran los valores de las variables número de pulgones/hoja, altura de planta e índice de daño al cultivo de los 25 mejores genotipos que presentaron tolerancia al pulgón amarillo. La primera fila indican los días después de la infestación (DDI) del cultivo y en la fila siguiente las variables que se consideraron para este estudio. En número de pulgones/hoja en los dos muestreos realizados, se observó diferencias altamente significativas entre genotipos ($p \leq 0.01$). A los 15 (DDI), 20 genotipos presentaron menos de 50 pulgones por hoja incluyendo el genotipo tolerante; mientras que 30 (DDI), 25 genotipos presentaron menos de 1500 pulgones/hoja, mientras que el testigo Mezquite presentó 165 pulgones por hoja los demás genotipos presentaron poblaciones superiores a los 1500 pulgones/hoja.

Así mismo se observó, diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) en altura de planta entre genotipos y entre repeticiones. En el primer muestreo a los 15 (DDI), los materiales infestados presentan diferencias mínimas (1 cm) hasta otras de 27 cm. Mientras que a 30 (DDI) hubo diferencias de altura hasta de 91 cm entre genotipos infestados y mismo genotipo sin infestación, como lo fue para el caso del tratamiento Sb_038, también se observó nueve genotipos cuya diferencia en altura fue mínima entre genotipos infestados y su versión sin infestación incluyendo al testigo tolerante Mezquite, mismo que presentaron menor población de pulgones/hoja.

De igual forma en índice de daño, se observó diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre genotipos. Donde se observaron 14 genotipos con grado de daño menor al valor de 7, lo que se considera una tolerancia o resistencia media, esto permitió a dichos genotipos sobrevivir a la fuerte presión de selección, ejercida en esta prueba, al ser evaluados en un lugar confinado y donde existió libre elección por los adultos de pulgón amarillo principalmente los alados. La escala general de daño de Sharma et al. 2013, indica que en un valor de 5 la infestación de pulgones abarca hasta cuatro a cinco hojas y en el 40-50% de las hojas infestadas se observa mielecilla y fumagina en las hojas y en el suelo. Un valor de 6 indica infestación de pulgones hasta la hoja cinco o seis y en el 50-60% de las hojas infestadas presenta mielecilla y fumagina en las hojas y en el suelo. Un valor de 7 indica infestación de pulgones hasta las hojas seis o siete y en el 60-70% de las hojas infestadas se observa mielecilla y fumagina en las hojas y en el suelo. Un valor de 8 indica infestación de pulgones hasta la hoja siete u ocho y en el 70-80% de las hojas infestadas presentan mielecilla y fumagina en las hojas y en el suelo; y finalmente un valor de 9 indica infestación de pulgones encontrados hasta la hoja bandera y en el 80% de las hojas que muestran síntomas de daños de áfidos, mielecilla y fumagina en las hojas y en el suelo.

Para evaluar la duración del estado adulto en los diferentes materiales se utilizaron hembras vivíparas de menos de 12 horas de haber cambiado al estado adulto. Se seleccionaron ninfas de cuarto instar y se colocaron sobre las hojas de sorgo de cada material de sorgo en 5 cajas de Petri para cada material (cinco repeticiones). Para seleccionar las ninfas y/o los adultos del PAS se utilizaron las características de ambos estados, utilizando la descripción e imágenes tomadas de Peña-Martínez et al., 2017. Los materiales que presentaron menor progenie y la duración de su estado adulto en menos tiempo fueron el híbrido Mezquite y los genotipos Sb_038, Sb_070 y Sb_010. Se considera que esta metodología utilizada para medir la progenie y la duración del estado adulto de hembras vivíparas fue la adecuada para seleccionar los genotipos que presentan características de resistencia por el mecanismo de antibiosis.

CONCLUSIONES

Se identificó material genético de sorgo que presenta características de resistencia al pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Así mismo, la infestación forzada con *M. sacchari* es una buena metodología de presión para la evaluación de la resistencia de genotipos de sorgo.

Cuadro 1. Variables de altura de planta, población de pulgón amarillo de sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) e índice de daño al cultivo en los materiales que presentaron tolerancia al ataque de la plaga.

| Genotipo | Muestreo a los 15 Días después de la infestación | | | Muestreo a los 30 Días después de la infestación | | | |
|----------|--|----------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------|
| | No. de Pulgones por Hoja | Altura de planta con infestación | Altura de testigo sin infestación | No, de Pulgones por Hoja | Altura de la planta con infestación | Altura de testigo sin infestación | Índice de Daño |
| Mezquite | 12.1 c | 53.5 cd | 49.0 i | 165.1 c | 55.9 h | 62.3 fg | 5.7 j |
| Sb_038 | 17.7 c | 62.2 abcd | 90.0 abcd | 1375.0 ab | 76.0 fgh | 166.7 ab | 6.2 hij |
| Sb_002 | 40.2 c | 73.0 ab | 70.6 abcdefghi | 1333.3 ab | 108.0 bcde | 146.7 abc | 8.0 abc |
| Sb_028 | 50.0 c | 71.7 abc | 85.0 abcdef | 1312.5 ab | 130.5 ab | 190.0 a | 7.5 bcdefg |
| Sb_013 | 21.2 c | 68.0 abcd | 87.6 abcde | 866.7 bc | 107.8 bcde | 118.3 bcdefg | 6.3 ghij |
| Sb_012 | 8.3 c | 69.2 abcd | 76.6 abcdefgh | 1209.4 abc | 109.3 bcde | 136.7 abcdef | 6.0 ij |
| Sb_070 | 19.8 c | 77.3 a | 93.3 ab | 1500.0 a | 121.1 abc | 136.7 abcdef | 7.3 cdefgh |
| Sb_003 | 22.7 c | 62.0 abcd | 58.3 fghi | 1333.3 ab | 114.9 abcd | 123.7 cdef | 8.6 ab |
| Sb_026 | 46.3 c | 60.4 abcd | 76.3 abcdefgh | 1216.7 abc | 101.7 cde | 146.7 abc | 7.5 bcdefg |
| Sb_025 | 39.6 c | 69.6 abcd | 73.0 abcdefghi | 1230.0 abc | 126.2 abc | 132.5 abcdef | 6.6 fghij |
| Sb_015 | 17.1 c | 66.8 abcd | 89.3 abcd | 1075.0 abc | 118.8 abcd | 150.0 abc | 6.2 hij |
| Sb_001 | 47.7 c | 65.4 abcd | 63.3 defghi | 1333.3 ab | 114.0 abcd | 134.0 abcdef | 6.5 fghij |
| Sb_037 | 21.3 c | 62.0 abcd | 83.0 abcdefg | 1500.0 a | 88.3 efg | 116.7 bcdefg | 6.4 fghij |
| Sb_010 | 30.9 c | 71.7 abc | 97.5 a | 1295.8 ab | 123.4 abc | 145.0 abc | 7.2 defghi |
| Sb_024 | 53.2c | 69.4 abcd | 71.6 abcdefghi | 1333.3 ab | 116.0 abcd | 121.7 bcdef | 6.5 fghij |
| Sb_027 | 45.1 c | 63.6 abcd | 68.3 bcdefghi | 1272.9 abc | 107.0 bcde | 129.3 bcdef | 7.6 bcdef |
| Sb_008 | 11.0 c | 52.3 d | 69.6 bcdefghi | 1233.3 abc | 104.1 cde | 123.3 bcdef | 8.0 abcd |
| Sb_187 | 508.3 ab | 61.7 abcd | 67.3 bcdefghi | 1375.0 ab | 69.7 fgh | 101.3 cdefg | 6.4 fghij |
| Sb_004 | 53.2 c | 64.6 abcd | 82.6 abcdefg | 1250.0 abc | 126.1 abc | 140.0 abcde | 7.6 bcdef |
| Sb_006 | 11.6 c | 67.0 abcd | 82.6 abcdefg | 800.0 bc | 135.2 a | 140.0 abcde | 6.4 fghij |
| Sb_016 | 34.3 c | 67.7 abcd | 86.6 abcde | 1162.5 abc | 130.5 ab | 131.7 bcdef | 6.1 hij |
| Sb_011 | 17.8 c | 66.6 abcd | 81.6 abcdefgh | 1300.0 a | 121.8 abc | 143.3 abcd | 7.8 abcde |
| Sb_191 | 466.7 ab | 63.7 abcd | 61.0 efghi | 1333.3 ab | 66.0 gh | 76.7 cdefg | 6.6 efghij |
| Sb_167 | 291.8 abc | 67.2 abcd | 57.0 ghi | 1291.7 ab | 70.1 fgh | 101.2 cdefg | 7.0 defghij |
| Sb_017 | 49.1 c | 68.8 abcd | 88.0 abcde | 1175.0 abc | 113.8 abcde | 160.0 ab | 7.6 bcde |
| Sb_018 | 9.4 c | 66.8 abcd | 73.3 abcdefghi | 1200.0 abc | 120.3 abc | 128.3 bcdef | 6.0 ij |

¹Las medias agrupadas con la misma literal no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 0.05.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al INIFAP por el apoyo financiero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bowling, R. M. Brewer, A. Knutson, M. Way, P. Porter, E. Bynum, Ch. Allen, R. Villanueva. 2015. Scouting Sugarcane Aphids. Texas A&M AgriLife Research. Disponible en: <http://ccag.tamu.edu/files/2015/05/ScoutCard.pdf>.
2. Peña-Martínez, R., A. L. Muñoz-Viveros, A. Marín-Jarillo, R. Bujanos-Muñiz, F. Tamayo-Mejía, J. Luévano-Borroel, L. Sánchez-Segura, J. Ibarra-Rendón. 2017. Guía ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales en México. Fundación Guanajuato Produce A. C. 67 p. ISBN: 978-607-96123-3-7.
3. Setokuchi, O. 1973. Ecology of *Longiunguis sacchari* (Zehntner) (Aphididae) infesting sorghums I. Nymphal period and fecundity of apterous viviparous female. Proc.Assoc.Pl.Prot.Kyushu Vol. 19 pp 95-97.
4. Sharma, H. C., S. P. Sharma, and R. S. Munghate. 2013. Phenotyping for resistance to the sugarcane aphid *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in *Sorghum bicolor* (Poaceae). Int. J. Trop. Insect Sci. 33: 227-238.
5. Pecina, Q.V., Bújanos, M.R., Núñez, C.C.A., Quijano, C.J.A., Montes, G.N., Pecina, B.A. y Martínez, M.T.A. 2020. Tolerancia de híbridos de sorgo al pulgón amarillo, *Melanaphis sacchari* (Zehntner). Southwestern Entomologist. 45(4): 926-937.

Sección: Sanidad vegetal

RESPUESTA DE HÍBRIDOS COMERCIALES DE SORGO AL PULGÓN AMARILLO *MELANAPHIS SACCHARI* (ZEHNTNER) Y MANEJO INTEGRADO DE LA PLAGA

Andrea Pecina Becerril¹; Víctor Pecina Quintero^{2*}, Rafael Bujanos Muñiz², Noé Montes García³, María Fernanda Jiménez Becerril⁴; Mayek-Pérez, Netzahualcoyotl⁵.

¹Estudiante de posgrado ITN-ROQUE; ²CCE-Bajo-CIRCE-INIFAP; ³CCE-Rio Bravo-CIRNE-INIFAP; ⁴UVM-Reynosa; ⁵UMAN-Reynosa.

pecina.victor@inifap.gob.mx

Palabras clave: Híbridos, resistencia genética, pulgón amarillo.

INTRODUCCION

El pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) es hoy en día una de las principales plagas del sorgo, ya que causa daños directos (alimentación savia) e indirectos (fumagina) a las plantas. La resistencia varietal contra *M. sacchari* es una de las principales tácticas de control sugeridas, tanto para la caña de azúcar como en sorgo. El pulgón amarillo del sorgo (PAS) fue reportado en México por primera vez en el 2013 en los estados de Tamaulipas, San Luis Potosí, Norte de Veracruz y Nuevo León, donde causó pérdidas totales en la mayoría de la superficie sembrada con sorgo. Se han probado diferentes métodos para realizar discriminación entre genotipos en base a su resistencia genética. Esta selección se realizó mediante ensayos de campo bajo condiciones de infestación natural. El manejo del PAS en el sorgo depende en gran medida de las aplicaciones oportunas de los insecticidas cuando las poblaciones alcanzan un umbral económico. Aunque las aplicaciones de insecticidas al PAS son necesarias para prevenir las pérdidas económicas en rendimiento, el aumento en los costos para proteger el potencial de producción, limita la rentabilidad a los productores de sorgo. Por lo tanto, los híbridos de sorgo tolerantes al PAS son deseables porque reducen la dependencia de los agricultores de los insecticidas para su manejo (Bowling et al., 2016). Estudios para identificar híbridos tolerantes al PAS se han llevado a cabo en otros países, e indican que es indispensable monitorear el cultivo del sorgo aun en los genotipos que presentan tolerancia para definir si es necesario la aplicación de productos químicos que complementen el control del PAS (Knutson et al., 2016). En este estudio se evaluó el comportamiento de algunos híbridos de sorgo identificados como tolerantes al PAS bajo condiciones de campo y bajo un esquema de manejo integral.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó durante el ciclo primavera-verano de 2017 en tres localidades del estado de Guanajuato: Celaya, Valle de Santiago y Pénjamo. En Celaya y Valle de Santiago se establecieron dos ensayos bajo riego en diferentes fechas de siembra y uno en temporal, mientras que en Pénjamo se estableció uno bajo temporal. En riego los genotipos evaluados fueron: APACHE, BRS-70, DKS-48, MEZQUITE, SAP-618 y UPM-219 testigo susceptible; mientras que en temporal los genotipos fueron: MEZQUITE, SAP-618, SHORTER, MAJESTIC-355 y UPM-219. La parcela de validación consto de 8 surcos de 50 m. por genotipo, en un arreglo en franjas. El espacio entre surcos fue 0.76 m de ancho, la densidad de población de 350,000 plantas/hectárea. El manejo agronómico fue de acuerdo al paquete tecnológico recomendado por el INIFAP en el Bajío, para condiciones de riego. En una franja, la semilla de todos los genotipos incluyendo al testigo fueron tratados con Tiametoxam antes de la siembra y se aplicó insecticida al follaje según La Guía de Manejo Integrado del Pulgon Amarillo 2017. En otra franja a los genotipos no se le dio el tratamiento a la semilla, y no se realizaron aplicaciones al follaje para el control del pulgón amarillo (sin manejo integral). Se realizó, un monitoreo cada diez días después de la emergencia en las parcelas establecidas con y sin manejo integral, y, se utilizó como referencia de conteo el protocolo reportado por Bowling et al., en 2015 para la toma de datos. Además, se evaluó el número de pulgones/hoja y rendimiento de grano. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza utilizando el programa SAS 9.4 y se les practicó una prueba de comparación múltiple de medias, por el método de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANOVA) para número de pulgones por hoja (pph) por genotipo, bajo condiciones de riego indicó diferencias significativas entre los tratamientos, tanto en Celaya como en Valle de Santiago bajo riego, en las dos fechas de siembra. El testigo susceptible UPM-219 sin MIP, presentó las más altas poblaciones de PAS en ambas localidades con 2,987 y 2,806 pph en Celaya, y de 1,408 y 1,143 pph en Valle de Santiago, mientras que MEZQUITE y APACHE fueron los genotipos más tolerantes y presentaron el menor número de pph (Cuadro 1), en tanto que el genotipo SAP-618 considerando que exhibe cierta tolerancia presentó alta infestación, pero menor que el testigo UPM-219. Por otra parte, al comparar tratamientos con MIP y sin MIP, las diferencias fueron contrastantes entre los dos tipos de manejo.

Cuadro 1. Población acumulada de 8 muestreos de pulgón amarillo de sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner), en híbridos de sorgo evaluados bajo condiciones de riego en las localidades de Celaya, Valle de Santiago, Guanajuato, México, ciclo PV 2017.

| Híbrido | Compañía | 1ª y 2ª Fecha Celaya, Gto. | | 1ª y 2ª Fecha Valle de Santiago, Gto. | |
|---|---------------|----------------------------|---------------|---------------------------------------|---------------|
| | | Pulgones/hoja | Pulgones/hoja | Pulgones/hoja | Pulgones/hoja |
| Con Manejo Integral de Plaga (MIP) | | | | | |
| APACHE* | WARNEER | 105.0 c | 227.1 c | 93.3 b | 60.0 b |
| BRS-70* | DEKALB | 121.8 c | 151.3 c | 71.7 b | 138.8 b |
| MEZQUITE* | ADVANTE | 81.5 c | 178.3 c | 121.3 b | 78.7 b |
| SAP-618* | SUN REY SEEDS | 79.2 c | 121.3 c | 132.2 b | 133.0 b |
| UPM-219** | ADVANTA | 159.2 c | 229.7 c | 273.6 b | 227.8 b |
| Sin MIP | | | | | |
| APACHE | WARNEER | 724.9 bc | 327.9 bc | 190.9 b | 185.6 b |
| BRS-70 | DEKALB | 742.5 bc | 539.6 bc | 348.9 b | 430.6 b |
| MEZQUITE | ADVANTE | 292.8 c | 189.9 c | 253.6 b | 207.2 b |
| SAP-618 | SUN REY SEEDS | 1,496.2 b | 784.0 b | 1,037.1 a | 1,042.3 a |
| UPM-219 | ADVANTA | 2,987.9 a | 2,806.6 a | 1,408.4 a | 1,143.7 a |

¹Las medidas agrupadas con la misma literal no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 0.05. *TS = Tratamiento de semilla con CRUISER® 5FS. *Aplicación foliar de Sivanto® prime. **Aplicación foliar de Toretto®.

En cuanto a rendimiento de grano el ANOVA indicó también diferencias significativas entre tratamientos tanto en Celaya como en Valle de Santiago bajo riego, en las dos fechas evaluadas. En Celaya y Valle de Santiago destacan APACHE y BRS-70 en las dos fechas de siembra y bajo los dos esquemas de manejo con MIP y sin MIP (Cuadro 2), mientras que el comportamiento de los demás genotipos tolerantes fue estadísticamente similar considerando los dos tipos de manejo, en tanto el testigo (UPM-219) con MIP rindió más de 10 ton/ha en comparación del tratamiento sin control que fue pérdida total (0 kg).

Cuadro 2. Rendimiento de híbridos de sorgo tolerantes a pulgón amarillo evaluados bajo condiciones de riego en las localidades de Celaya, Valle de Santiago, Guanajuato, México, ciclo PV 2017.

| Híbrido | Compañía | 1ª y 2ª Fecha Celaya, Gto. | | 1ª y 2ª Fecha Valle de Santiago, Gto. | |
|---|---------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|
| | | Rendimiento (Kg/ha) | Rendimiento (Kg/ha) | Rendimiento (Kg/ha) | Rendimiento (Kg/ha) |
| Con Manejo Integral de Plaga (MIP) | | | | | |
| APACHE* | WARNEER | 11,043.9 ab | 7,850.7 bc | 7,51.5 abc | 8,873.4 a |
| BRS-70* | DEKALB | 12,090.2 a | 9,665.2 ab | 8,547.1 ab | 8,151.2 ab |
| MEZQUITE* | ADVANTE | 9,559.1 ab | 9,369.3 ab | 7,183.1 abc | 6,409.5 cd |
| SAP-618* | SUN REY SEEDS | 8,856.7 b | 9,103.1 ab | 7,558.3 abc | 6,129.2 cd |
| UPM-219** | ADVANTA | 10,596.9 ab | 10,273.2 a | 9,320.3 a | 5,914.3 cd |
| Sin MIP | | | | | |
| APACHE | | 11,151.0 ab | 8,485.0 abc | 6,420.5 bc | 6,482.0 cd |
| BRS-70 | DEKALB | 9,446.0 ab | 9,441.0 ab | 5,632.0 c | 6,938.0 bc |
| MEZQUITE | ADVANTE | 9,912.5 ab | 9,922.0 a | 5,678.5 c | 5,240.0 de |
| SAP-618 | SUN REY SEEDS | 8,915.0 ab | 7,111.5 c | 6,405.5 bc | 4,124.0 e |
| UPM-219 | ADVANTA | 0.00 c | 0.00 d | 0.0 d | 0.0 f |

¹Las medidas agrupadas con la misma literal no difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey al 0.05. *TS = Tratamiento de semilla con CRUISER® 5FS. *Aplicación foliar de Sivanto® prime. **Aplicación foliar de Toretto®.

En tanto en Valle de Santiago y Penjamo Gto., bajo condiciones de temporal a pesar de la baja presencia de PAS el ANOVA para número de pulgones por hoja indico diferencias significativas entre tratamientos especialmente al comparar los genotipos con tratamiento MIP y sin MIP, donde el genotipo SHORTER, MAJESTIC-355 y UPM-219 presentaron la mayor cantidad de pph, que los genotipos tolerantes SAP-619 y MEZQUITE. Cabe destacar que después del séptimo muestreo, las poblaciones de pulgón amarillo disminuyeron drásticamente hasta llegar a niveles apenas perceptible de uno o dos ejemplares. En rendimiento de grano el ANOVA indico diferencias significativas entre tratamientos, tanto entre esquemas de manejo (con MIP y sin MIP) como entre genotipos, donde destacan los genotipos tolerantes MEZQUITE y SAP-618 con buenos rendimientos (7 y 8 ton/ha respectivamente), mientras que los genotipos susceptibles requieren del MIP para obtener rendimiento aceptable, en este caso solo el tratamiento a la semilla fue esencial para observar esta diferencia.

CONCLUSIONES

En esta evaluación los genotipos APACHE, BRS-70, DKS-48, MEZQUITE y SAP-618 considerados tolerantes mostraron altos niveles de resistencia y altos rendimientos de grano, aun y cuando sean cultivados sin un programa de manejo integrado del PAS. También se ratifica que la tolerancia de la planta huésped en sorgo es una herramienta indispensable y económicamente valiosa para el manejo del PAS.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece a la Fundación Guanajuato Produce y al INIFAP por el apoyo financiero.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Bowling, et al., 2016. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management* 7(1): 12; 1-13.
2. Knutson et al., 2016. http://lubbock.tamu.edu/files/2016/05/ENTO-035_Sugarcane_Aphid-Management_2016.pdf

Sección: Sanidad vegetal

PRUEBAS DE PATOGENICIDAD EN DOS POBLACIONES DE *Phakopsora pachyrhizi* (UREDINALES: PHAKOPSORACEAE) EN LABORATORIO

Moisés Felipe-Victoriano¹, Denisse Galilea Romero-Ramírez², Zeferino Vicente-Hernández³, Guillermo Ascencio-Luciano¹, Nicolás Maldonado-Moreno¹.

¹CE Las Huastecas CIRNE-INIFAP, ²Instituto Tecnológico de Altamira-TNM., ³ Proveedor de Servicios Profesionales, 16 de septiembre 1404, col. Independencia, Altamira, Tamaulipas, México.

felipe.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Roya asiática, Variedades resistentes, Mejoramiento genético

INTRODUCCIÓN

La roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow), se reportó por primera vez en México en 2005, es una enfermedad que representa una amenaza potencial en el cultivo de soya en las regiones del trópico y subtropical. En México las principales variedades de soya cultivadas son susceptibles a la roya asiática, las pérdidas ocasionadas por este patógeno oscilan de 10 a 90 % y su control se basa principalmente en el manejo químico mediante fungicidas pertenecientes a las familias de los triazoles y estrobirulinas (García *et al.*, 2017).

El manejo de plagas o enfermedades mediante variedades resistentes es una de las herramientas más rentable e importante en la sanidad agrícola. Para desarrollar un programa de mejoramiento genético de variedades de soya resistente a roya asiática, es importante conocer las características patogénicas de poblaciones naturales de roya. Esto se realiza mediante diferenciales que expresan diferentes tipos de genes de resistencia, con la finalidad de identificar el gen o los genes que confieren la resistencia o tolerancia a las poblaciones de roya asiática presentes en una región. Los cuales se emplean en el desarrollo de nuevas variedades resistentes (Akamatsu *et al.*, 2013), esto ya se ha trabajado en diversos países sudamericanos con excelentes resultados. Por lo anterior el objetivo de esta investigación fue evaluar la patogenicidad natural de dos poblaciones de roya asiática en 13 diferenciales de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo de noviembre de 2020 a junio de 2021, en el laboratorio de Toxicología, en el Campo Experimental Las Huastecas, ubicado en el municipio de Altamira, Tamaulipas, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

Las poblaciones evaluadas de roya asiática se colectaron en un cultivo de soya de la variedad comercial Huasteca 200, de una siembra tardía (siembra posterior al 1 de agosto) en la Brecha de Corpus Christi, en las coordenadas 22° 38' 40" Latitud Norte y 97° 59' 00" Longitud Oeste a 12 msnm, en Altamira, Tamaulipas, en el ciclo primavera-verano 2020. Las poblaciones fueron colectadas en el mismo sitio con un distanciamiento de 600 metros, se codificaron como MRP-63 y MRP-64, respectivamente. Previo a la prueba de patogenicidad se llevó a cabo la reproducción de la roya asiática en tres folíolos de soya Huasteca 700, con la finalidad de obtener esporas nuevas. En el laboratorio los folíolos de soya se lavaron frotando cuidadosamente el envés con agua destilada, para limpiar los residuos que pudieran afectar el desarrollo de la roya asiática. Posteriormente con un pincel se aplicó en el envés de los folíolos una suspensión de agua más Tween al 0.04 % con una concentración de 7.4×10^4 esporas/mL, a cada folíolo se les cortó de 5-10 mm en la parte basal y se colocaron en cajas Petri de 12 × 12 cm, donde se les cubrió la parte inferior con papel esterilizado y humedecido con agua destilada. Las cajas Petri se envolvieron con papel aluminio para dar oscuridad, con la finalidad de favorecer la germinación y posteriormente se transfirieron a una cámara bioclimática a una temperatura de 21 ± 1 °C, donde permanecieron durante 15 días. Todos los días se les aplicó agua destilada a las cajas Petri para mantener una humedad relativa superior al 80 %, para favorecer el desarrollo de la roya asiática. Transcurridos 15 días se recuperaron las esporas en papel parafinado para posteriormente realizar la prueba de patogenicidad (JIRCAS, 2020).

La prueba de patogenicidad se realizó en doce diferenciales de soya que portan genes de resistencia Rpp1 a 6: Komata, Bai Dou, No.3, Ankur, Akasaya, Bing Nan, Shiranui, MARIF 2767, Huang Dou, Zhao Ping Hei Dou, No6-12-1, No6-2-B y un testigo BRS-154 susceptible a roya asiática. Los diferenciales fueron proporcionadas por el Japan International Research Center for Agricultural Science (JIRCAS). Con un pincel se aplicó en el envés de tres folíolos una suspensión agua más Tween al 0.04 % con una concentración de 8.5×10^4 esporas/mL, a cada folíolo se les corto de 5-10 mm en la parte basal y se colocaron en cajas Petri de 12 x 12 cm, donde se les cubrió la parte inferior con papel esterilizado húmedo con agua destilada. Las cajas Petri se envolvieron con papel aluminio para dar oscuridad y posteriormente se transfirieron a una cámara bioclimática a una temperatura de 21 ± 1 °C, donde permanecieron durante 15 días. El nivel de esporulación de la roya (SL) se evaluó visualmente como nulo (0), bajo (1), moderado (2) o alto (3), posteriormente se retiraron las esporas con un pincel y se contó el número de uredinias por lesión (NoU), en 30 lesiones. El tipo de reacción en cada diferencial se clasificó como resistente (R), intermedio (IM) o susceptible (S), de acuerdo con los valores de SL y NoU (JIRCAS, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las pruebas de patogenicidad se observó que aun cuando se colectaron las dos poblaciones de roya asiática en ambos extremos de un cultivo de soya (aproximadamente 600 metros de distancia) el comportamiento en la patogenicidad fue muy diferente, la población MRP-63 resultó no ser muy patogénica comparado con la población MRP-64, debido a que el 100 % de los diferenciales evaluados que tienen inserto los genes de resistencia, mostraron ser resistentes a esta población de roya asiática; a excepción del diferencial BRS-154 el cual es susceptible, cabe destacar que este diferencial no posee ningún gen de resistencia a roya asiática (Cuadro 1). Estos resultados confirman lo reportado por Akamatsu *et al.*, (2017) quienes mencionan que poblaciones naturales de roya asiática en un estudio de patogenicidad en Sudamérica, mostraron una alta diversidad patogénica aun cuando fueron colectados en sitios cercanos durante dos ciclos de cultivo.

Cuadro 1. Respuesta de 13 genotipos diferenciales de soya en dos poblaciones de roya asiática colectadas en la región sur de Tamaulipas.

| Diferencial | Gen de resistencia | MRP-63 | MRP-64 |
|-----------------------|--------------------|--------|--------|
| 1. Komata | <i>Rpp1</i> | R | S |
| 2. Bai Dou | <i>Rpp1</i> | R | S |
| 3. No.3 | <i>Rpp2</i> | R | IM |
| 4. Ankur | <i>Rpp3</i> | R | S |
| 5. Akasaya | <i>Rpp3</i> | R | S |
| 6. Bing Nan | <i>Rpp4</i> | R | S |
| 7. Shiranui | <i>Rpp5</i> | R | IM |
| 8. MARIF 2767 | <i>Rpp6</i> | R | IM |
| 9. Huang Dou | <i>Rpp1-b</i> | R | S |
| 10. Zhao Ping Hei Dou | <i>Rpp 1-b</i> | R | IM |
| 11. No6-12-1 | <i>Rpp2,4,5</i> | R | R |
| 12. No6-2-B | <i>Rpp4,5</i> | R | R |
| 13. BRS-154 | Ninguno | S | S |

*Resistente (R), intermedia (IM) y susceptible (S)

La población MRP-64 mostró alta patogenicidad, el 50 % de los diferenciales mostraron ser susceptibles (Komata, Bai Dou, Ankur, Akasaya, Bing Nan, Huang Dou y BRS 154); el 33 % de los diferenciales presentaron una patogenicidad intermedia (No. 3, Shiranui, MARIF 2767 y Zhao Ping Hei Dou), mientras que el 17 % de los diferenciales fueron resistentes (No6-12-1 y No6-12-b), cabe mencionar que los diferenciales resistentes son aquellos que tienen más de un gen que confiere resistencia a roya asiática (Cuadro 1). Lo anterior concuerda con lo reportado por García-Rodríguez *et al.* (2017), quienes mencionan que poblaciones naturales de roya asiática colectadas del noreste de México no forman uredineas y

ureodsporas cuando se evalúa el perfil patogénico en el diferencial No6-12-1, lo anterior se debe a que este genotipo de soya porta los genes Rpp2, Rpp4 y Rpp5.

CONCLUSIONES

En las pruebas de patogenicidad se observó que las poblaciones tienen un comportamiento patogénico muy diferente, la población MRP-63 mostró una baja patogenicidad debido a que todos los diferenciales con los genes de resistencia fueron resistentes a esta cepa, por el contrario, la población MRP-64 presentó una alta patogenicidad debido a que más de la mitad de los diferenciales fueron susceptibles a esta cepa. Los diferenciales No6-12-1 (*Rpp2,4,5*) y No6-12-b (*Rpp4,5*), presentaron resistencia a las dos poblaciones de roya asiática, esto debido a que ambos diferenciales expresan más de un gen de resistencia a roya asiática.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados obtenidos son parte del proyecto fiscal (Autogenerados): Variación patogénica de la roya asiática y desarrollo de variedades de soya resistentes en México.

LITERATURA CITADA

1. García-Rodríguez JC, Morishita M, Kato M, and Yamanaka N. Características patogénicas de la roya asiática de la soya (*Phakopsora pachyrhizi*) en México. Revista mexicana de fitopatología. 2017; 35(2):338-349.
2. Akamatsu H, Yamanaka N, Yamaoka Y, Soares RM, Morel W, Ivancovich AJG, Bogado AN, Kato M, Yorinori JT, and Suenaga K. Pathogenic diversity of soybean rust in Argentina, Brazil, and Paraguay. Journal of General Plant Pathology. 2013; 79:28-40.
3. Akamatsu H, Yamanaka N, Soares RM, Ivancovich AJG, Lavilla MA, Bogado AN, and Kato M. Pathogenic variation of South American *Phakopsora pachyrhizi* populations isolated from soybeans from 2010 to 2015. Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ 2017; 51(3):221-232.
4. Japan International Research Center for Agricultural Sciences (JIRCAS). 2020. Laboratory manual for studies on soybean rust resistance. Japan. Version 25, 1-51.

Sección: Sanidad vegetal

CONTROL QUÍMICO DE LAS ENFERMEDADES FOLIARES DE LA CEBADA PRODUCIDA BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL

María Florencia Rodríguez García^{1*}, Miguel González González¹, Julio Huerta Espino¹, Salomón Solano Hernández² y Héctor Eduardo Villaseñor Mir¹.

¹INIFAP-CEVAMEX; ²INIFAP-CEBAJ.

rodriguez.maria@inifap.gob.mx

Palabras clave: Variedades, Fungicidas, Severidad.

INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es un cereal con alto potencial para consumo animal y humano. En México se cultiva bajo condiciones de riego y temporal y la producción obtenida se utiliza principalmente como materia prima para la industria cervecera (80% para elaboración de malta). Durante el año 2019 la superficie sembrada fue de 366,553 hectáreas, de las cuales 21 % fue establecido bajo condiciones de riego durante el ciclo otoño-invierno y el 79 % fue sembrado bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera/verano (SIAP, 2020). En los ambientes de temporal en México existen diversas condiciones climáticas que favorecen la presencia de enfermedades. Las manchas foliares son, después de las royas, las enfermedades más importantes en el cultivo de cebada y son causadas principalmente por *Rhynchosporium secalis*, *Blumeria graminis*, *Drechslera teres*, *Bipolaris sorokiniana* (Walters *et al.*, 2012). Se presentan desde etapa de plántula por lo que afectan el rendimiento y demeritan la calidad del grano. Una de las estrategias de control más efectiva es el genético; sin embargo, en México las variedades de cebada actualmente recomendadas no poseen niveles de resistencia satisfactorios y se tiene que recurrir al control químico como medida complementaria al control genético. Por lo cual el objetivo de la investigación fue determinar la efectividad biológica de los fungicidas Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 % y Propiconazol 25.64 % para el control de enfermedades foliares en cebada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció durante el ciclo primavera-verano del 2019 en la localidad de La Unión Ejidal Tierra y Libertad, Tlaxco, Tlaxcala a 19° 39' 51.6" Latitud Norte, 98° 19' 56.7" Longitud Oeste a 2 521 msnm. El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas con cuatro repeticiones. La unidad experimental fue de cuatro surcos de tres metros de largo y espaciado a 30 cm. Los fungicidas probados fueron Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 % (Quilt) y Propiconazol 25.64 % (Prosan 250 CE) aplicando la dosis recomendada en la etiqueta del producto (0.75 L ha⁻¹ para Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 %) y (0.5 L ha⁻¹ para Propiconazol 25.64 %). En todos los tratamientos se utilizó el coadyuvante Poliéter polimetilsiloxano copolímero (Break Thru®) a una dosis de 0.25 L ha⁻¹. La aplicación de los diferentes fungicidas se realizó en dos ocasiones, la primera a los 50 días después de la siembra y la segunda 20 días después de la primera aplicación. Para comparar el efecto de los fungicidas, se establecieron parcelas testigo (sin fungicida) en cada una de las variedades evaluadas. La incidencia de las enfermedades foliares se presentó de forma natural. Se evaluaron dos variedades, Esmeralda liberada por el INIFAP; Doña Josefa liberada por el ICAMEX. Se registraron las variables días a espigamiento (DE); días a madurez fisiológica (DM); rendimiento de grano (REND); peso hectolítrico (PH) y severidad final de la enfermedad (SFE). Los datos fueron analizados estadísticamente con el programa SAS 9.3 (SAS Institute®, EUA) y se realizaron comparaciones de medias para las variables en estudio mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostro diferencias altamente significativas para variedades, rendimiento de grano y severidad final de la enfermedad. En el Cuadro 1 se presenta la comparación de medias para variedades y fungicidas, donde se observa que las variedades tuvieron respuesta diferente a los fungicidas. De manera general, los tratamientos sin fungicida fueron los más precoces numéricamente en cada variedad, mientras que cuando se aplicó Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 %, se observó que el comportamiento de las variedades fue el de retardar la senescencia de la hoja. Bertelsen *et al.* (2001) reportaron que el fungicida Azoxistrobina provoca un retraso en la senescencia de la hoja, sin embargo, esto no significa necesariamente un aumento en la biomasa ni el rendimiento de grano. Los valores promedio de PH obtenidos en cada tratamiento, cumplen con el valor especificado en la norma mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003 para la comercialización de cebada, como lo indican González *et al.* (2016). Los mayores PH fueron obtenidos en la combinación Esmeralda Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 %, y para Doña Josefa Propiconazol 25.64 %. El rendimiento de grano se incrementó en cada variedad cuando se aplicaron fungicidas. Esmeralda con Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 %, tuvo los mejores rendimientos, mientras que para Doña Josefa con la aplicación de Propiconazol 25.64 %. Para SFE los tratamientos con fungicidas mostraron mejores resultados. El fungicida más eficaz fue Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 %, observándose en la variedad Esmeralda una severidad final de la enfermedad del 15% y en Doña Josefa del 8.75%. Los testigos sin fungicida tuvieron valores de 60 y 38.75 % respectivamente.

Cuadro 1. Comportamiento promedio de variedades de cebada y fungicidas evaluadas en La Unión, Tlax. Ciclo P-V/2019.

| Tratamientos | DE | DM | PH | REND | SFE |
|---------------------|----------|----------|----------|-----------|---------|
| Esmeralda-Sf | 54.50 ab | 109.00 a | 57.80 ab | 2602.0 d | 60 a |
| Esmeralda+Prop | 52.75 b | 108.75 a | 56.92 b | 2739.3 cd | 31.25 b |
| Esmeralda-Az+Prop | 52.50 b | 109.75 a | 58.12 ab | 3532.8 b | 15.00 c |
| Doña Josefa-Sf | 57.00 a | 110.00 a | 58.40 a | 3006.8 c | 38.75 b |
| Doña Josefa-Prop | 56.75 a | 111.00 a | 59.20 a | 5065.8 a | 16.25 c |
| Doña Josefa-Az+Prop | 57.25 a | 112.75 a | 58.40 a | 3072.8 c | 8.75 c |
| DHS | 1.8 | 6.8 | 2.3 | 670.4 | 8.7 |

DE: días a espigamiento, DM= días a madurez, PH: peso hectolítrico, REND= rendimiento de grano en kilogramos * hectárea, SFE= severidad final de la enfermedad. Sf= Sin fungicida, Az+Prop= Azoxistrobin + Propiconazol, Prop=Propiconazol. Medias con la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

El rendimiento de grano fue superior en los tratamientos con fungicidas, siendo Doña Josefa con aplicación de Propiconazol 25.64 % el mejor tratamiento. El fungicida más eficaz para el control de enfermedades foliares fue Azoxistrobin 7.07 % + Propiconazol 11.79 %. Al aplicar el fungicida a base de Azoxistrobina se observó aumento del ciclo de cultivo o retardación de senescencia (stay-green). Para tener un control eficiente de las enfermedades foliares es importante considerar la variedad a sembrar y el producto fungicida por aplicar, lo cual se traducirá en menor daño al ambiente y mayores ingresos económicos para el productor.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto de cebada: Mejoramiento Genético de cebada para obtener líneas forrajeras de alta productividad y tolerantes a enfermedades No. SIGI: 12532434778.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bertelsen, J. R., Neergaard, E. and Smedegaard-Petersen, V. 2001. Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathology* 50:190-205.
- González, G. M., Zamora, D. M. y Solano, H. S. 2016. Evaluación agronómica y física en líneas avanzadas de cebada maltera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17:159-171.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) (2020) Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx>
- Walters, D. R., Avrova A., Bingham, I. J., Burnett, F. J., Fountaine, J., Havis, N. D. and Newton A. C. 2012. Control of foliar diseases in barley: towards an integrated approach. *European Journal of Plant Pathology*.133(1):33-73.

Sección: Sanidad vegetal

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS SELECTIVOS PARA EL CONTROL DE ÁCARO PLANO DE LOS CÍTRICOS

Cortez Mondaca Edgardo^{1*}, Miguel Ángel López¹, Guillermo Gutiérrez Soto¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Campo Experimental Valle del Fuerte. Km 1619 carretera Internacional México-Nogales. Juan José Ríos, Sinaloa 81110.
cortez.edgardo@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Control químico, Mortalidad, *Brevipalpus*.

INTRODUCCIÓN

El ácaro plano de los cítricos *Brevipalpus californicus* (Banks) (Acari: Tenuipalpidae) raspa y succiona la sabia que brota de las heridas que provoca para alimentarse y afecta así el vigor, y el desarrollo de las plantas, sin embargo, su importancia principal radica en que es vector y transmisor del virus de la leprosis de los cítricos (CiLV), enfermedad de importancia cuarentenaria que provoca pérdidas económicas cuantiosas y por ello es reconocido como la especie más perjudicial en las áreas productoras de cítricos donde el virus ha sido reportado. En México, la leprosis se detectó por primera vez el año 2004 en Chiapas y a partir de entonces se intensificó su inspección por SENASICA, encontrándose después en Tabasco y Veracruz; actualmente la enfermedad se ha encontrado en la mayoría de los estados citricultores; en Sinaloa se detectó en el año 2016 y en la actualidad el CESAVESIN, a través de la campaña contra la leprosis registró alrededor de 16 brotes de la enfermedad en huertos comerciales de cítricos y árboles de traspatio (Cesavesin, 2019). Además, *B. californicus* está asociado a la dispersión del hongo *Zasmidium citri-griseum* afectando severamente al cultivo de limón Persa en el sur de Sinaloa, al corroborar que a mayor cantidad de población del ácaro, mayor es la severidad de los síntomas de mancha grasienta en hojas (García y Cortez, 2019). El objetivo del trabajo fue determinar insecticidas alternativos, con alta efectividad biológica (80% o >) y sintéticos selectivos sobre *B. californicus*, vector de la leprosis en cítricos.

MATERIALES Y MÉTODO

La evaluación de la efectividad biológica de insecticidas sintéticos para el control del ácaro plano, se realizó en una huerta de limón Persa (*Citrus latifolia* Tanaka) ubicada próxima a la localidad Estación Dimas (3.692720 -106.771518), San Ignacio, Sinaloa, de alrededor de 3 años de edad, en verano de 2019. En el presente manuscrito se reporta el resultado de dos evaluaciones en las que se probaron insecticidas alternativos: minerales, jabones y extractos botánicos, incluyendo un insecticida convencional como tratamiento testigo comercial (Dimetoato) y un testigo agua. Previamente, en evaluaciones similares se evaluaron mezclas diferentes de insecticidas alternativos; conforme a los resultados obtenidos se definieron nuevos tratamientos y se desecharon aquellos que mostraron menor efectividad biológica. A partir de la tercera prueba de efectividad biológica se incluyeron tratamientos de acaricidas sintéticos selectivos. Al final, se realizaron seis pruebas de efectividad biológica en campo.

Cuadro 1. Nombres comerciales de tratamientos (dosis/ha) e ingredientes activos:

| | |
|--|--|
| Mix Protec. "C"+ Mix Protec. "M" (1.5 L + 2.0 L) | Concentrado de Canela + Concentrado de Mostaza |
| Azaguard + Oxidate (1.5 L/ha + 2.0 L) | Extracto de nim + Dióxido de Hidrógeno |
| Cinnapro + Koch (2.0 L + 1.5 L) | Extracto de nim + Jabón Potásico |
| Cinnapro + Azaguard (2.0 L + 1.5 L) | Extracto de nim + Extracto de nim |
| Microthiol (2.0 Kg) | Azufre Elemental |

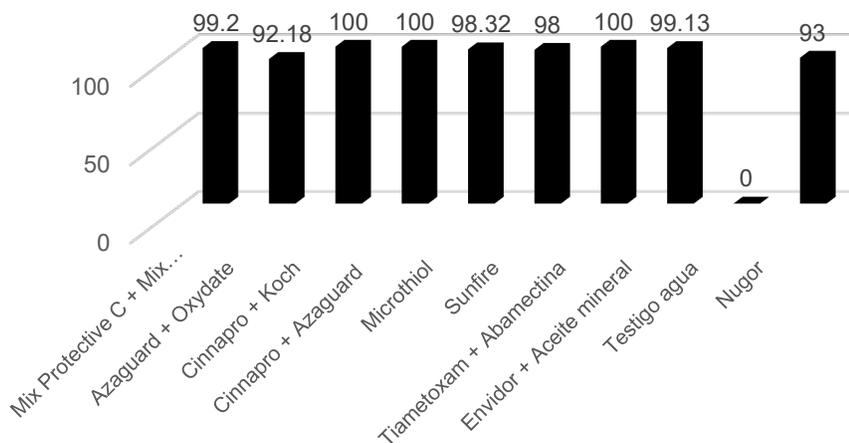
| | |
|--|-------------------------|
| Sunfire® (383 ml) | Clorfenapyr |
| Tiametoxam + Abamectina (0.3 L + 0.2) | Tiametoxam + Abamectina |
| Envidor + Aceite mineral (0.2 L + 1.5 L) | Spirodiclofen |
| Avolant® (1.0 L) | Fenpyroximate |
| Nugor (1.0 L) | Dimetoato |
| Agua (250 L) | --- |

Las aspersiones en campo se realizaron con mochilas de motor Echo® de dos pistolas aspersoras, aplicando 12 árboles; la dosis para cada tratamiento acaricida de acuerdo a la indicación de la etiqueta de cada plaguicida, se calculó considerando que en el diseño de plantación de 4 m x 6 m hay 416 árboles y que los 12 árboles que componían cada tratamiento, corresponden a 288 m². Los datos de los resultados se analizaron obteniendo los porcentajes de mortalidad de cada tratamiento por repetición, para ello, se contaron los especímenes muertos y los especímenes vivos de cada muestra y se obtuvo el porcentaje de mortalidad. En su momento los datos se sometieron a un ANVA, para diseño completamente al azar y las medias se separaron por Tukey ($\alpha=0.05$) (Addinsoft, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

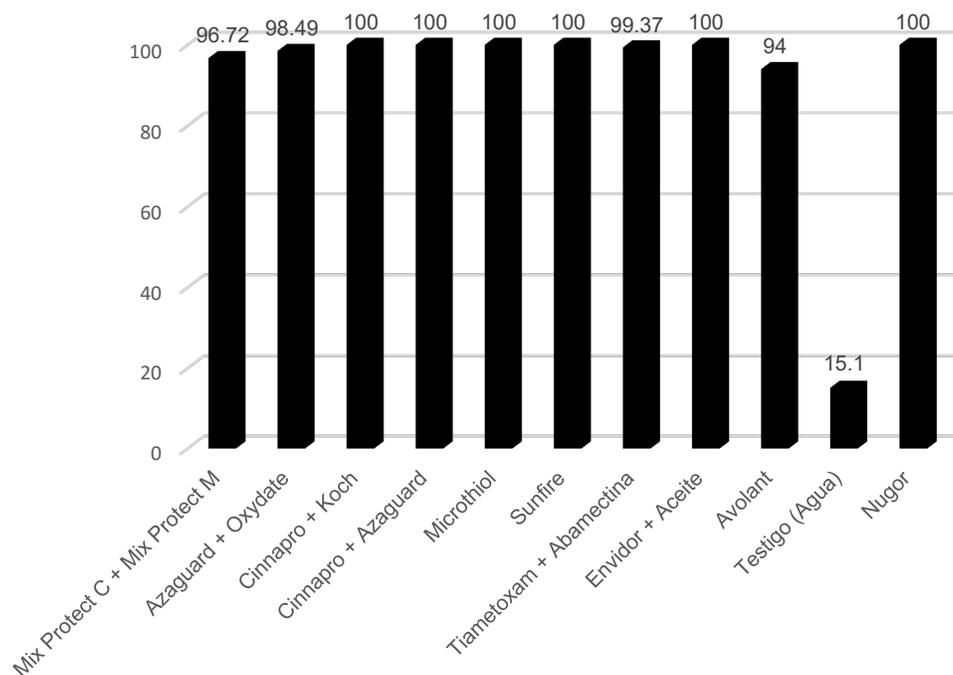
En la evaluación realizada en 20 de julio de 2019, que consistió en corroborar la efectividad de tratamientos con buena efectividad biológica, todos los tratamientos rebasaron el 80% de mortalidad (Fig. 1) y algunos prácticamente alcanzaron el 100% de mortalidad, con excepción del tratamiento testigo agua, mientras que el testigo comercial mostró una mortalidad del 93%. Algo similar ocurrió en la segunda evaluación (Fig. 2), sin embargo en éste caso los porcentajes de mortalidad de los tratamiento acaricidas fueron mayores, por arriba del 98%, con excepción del testigo agua que mostró mortalidad de 15.1%; probablemente un factor de mortalidad desconocida se presentó en el testigo, así como en el resto de los tratamientos provocando el incremento de la mortalidad. En ambas evaluaciones sólo se obtuvo diferencia significativa respecto al tratamiento testigo agua.

Figura 1. Resultado de evaluación de efectividad biológica acaricidas alternativos. Dimas, 20/07/2019.



De acuerdo a lo anterior mencionado, cualquiera de los tratamientos evaluados en ambas pruebas pueden ser utilizados, para combatir efectivamente poblaciones de *B. californicus*, la selección del tratamiento en ese sentido estaría más bien definido en un momento determinado por el precio, época del año con relación a la presencia de polinizadores, de enemigos naturales y otras plagas. Con relación a lo anterior León y Kondo (2017) señalan en una evaluación de 12 acaricidas por Corpoica contra *Brevipalpus yothersi* Baker, Todos los productos ejercieron un control satisfactorio. Siete de los acaricidas mantuvieron un control superior al 80%, entre los acaricidas evaluados estaban el azufre, aceite mineral, Sunfire (Clorfenapyr), Abamectina, que en el presente trabajo mostraron también buena efectividad. El azufre y la Abamectina mantuvieron una residualidad de 15 a 30 d. Por otra parte, contar con una relación amplia de acaricidas con buena efectividad biológica, permite rotar insecticidas con diferente modo de acción, para el manejo preventivo de la resistencia (IRAC, 2018).

Figura 2. Resultado de evaluación de efectividad biológica acaricidas alternativos. Dimas, 29/07/2019.



CONCLUSIONES

Se determinaron insecticidas alternativos y sintéticos selectivos con elevada efectividad biológica (80% y más) y un sintético convencional, para el control químico del ácaro de los cítricos: Mix Protective C 45 ml (1.5 L/ha) + M. Protective M 60 ml (2.0 L/ha); Azaguard 45 ml (1.5 L/ha) + Oxidate 60 ml (2.0 L/ha); Cinnapro 60 ml (2 L/ha) + Koch 45 ml (1.5 L/ha); Cinnapro 60 ml (2 L/ha) + Azaguard 45 ml (1.5 L/ha); Microthiol 60 g (2.0 Kg/ha); Sunfire 11.5 ml (383 ml/ha); Tiametoxam 9.0 ml (300 ml/ha) + Abamectina 6 ml (200 ml/ha); Envirdor 6 ml (200 ml/ha) + Aceite Mineral 45 ml (1.5 L/ha); Avolant 30 ml (1.0 L) y el sintético convencional Nugor 30 ml (1.0 L/ha).

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Al CESAVESIN por el financiamiento del proyecto "Prácticas alternas para el control del ácaro plano de los cítricos *Brevipalpus* spp. vector de leprosis en cítricos".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Addinsoft. (2018). XLSTAT statistical and data analysis solution. New York, USA. <https://www.xlstat.com>.
2. CESAVERIN. Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Sinaloa. 2019. Consultado en línea: <http://www.cesavesin.org.mx/cms/>
3. [García, L. E., y E. Cortez, M. 2020. El ácaro plano de los cítricos y su asociación con la severidad del daño de la mancha grasienta en limón Persa en Sinaloa, México. Suthwest. Entomol. 45: 329-332.](#)
4. Insecticide Resistance Action Committee. (IRAC). 2018. Mode of Action Classification Issued. December 2018. Version 9.1. www.irac-online.pdf.
5. León, M. G. and T. Kondo. 2017. Insectos y ácaros de los cítricos. Compendio ilustrado de especies dañinas y benéficas, con técnicas para el manejo integrado de plagas (2.a ed.). Mosquera, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica).

Sección: Sanidad Vegetal

OCURRENCIA DE APHIDIDAE EN ETAPAS FENOLÓGICAS DE *Chenopodium quinoa* Willd.

Erica Muñoz-Reyes^{1*}, Jazibe Herrera Domínguez², Eduardo Espitia Rangel¹, Alma Velia Ayala Garay¹, Lucila González Molina¹.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Km 13.5 Carretera los Reyes-Texcoco, Coatlinchan, México. CP. 56250. ² Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola. Carretera Federal México-Texcoco Km 38.5, CP. 56230 Texcoco, México.

muniz.eric@inifap.gob.mx

PALABRAS CLAVE: Hemiptera, plaga potencial, Amaranthaceae.

INTRODUCCIÓN

La quinua es una especie que ha llamado la atención como alimento en todo el mundo dadas sus propiedades nutritivas presentes en el grano. En México, se han establecido pequeñas áreas experimentales para determinar su adaptabilidad a las condiciones de nuestro país. Lo anterior implica conocer los organismos asociados que puedan desarrollarse en la quinua y cuáles de éstos deben considerarse para profundizar en el estudio de efectos que impliquen un problema importante en el desarrollo de la planta. En la zona andina la principal problemática fitosanitaria es debida a especies del Orden Lepidoptera, mientras que los áfidos son considerados como secundarios. La Familia Aphididae (Hemiptera) incluye especies causantes de daños en una amplia variedad de especies de cultivos. Se tienen soportes para indagar acerca de la presencia y daño por miembros de la familia Aphididae, ya que en el cultivo del amaranto (*Amaranthus* spp.), una especie nativa de México, presenta daños importantes en etapas tempranas debido al ataque de pulgones y dado que la quinua pertenece a la familia Amaranthaceae, es probable que compartan la preferencia de ataque por este tipo de insectos chupadores. Debido a lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la ocurrencia de poblaciones de Aphididae en el cultivo de quinua y ubicar las etapas con mayor riesgo de daño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó el establecimiento del cultivo de quinua en el Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias ubicado en Coatlinchán, Estado de México. El material vegetal fue una colecta proveniente de Perú (Valles Interandinos) identificada como “amarilla”, la cual se sembró y manejó de acuerdo a las especificaciones reportadas para la zona de origen. Se utilizó un área de 0.3 ha. La distancia entre surcos fue de 0.8 m y distancia entre plantas de 20 cm. Las parcelas constaron de surcos de cinco metros con cuatro réplicas. No se realizó aplicación de insecticidas.

La observación en las plantas se realizó a partir de diez días después de la siembra y se registraron los días después de siembra (DDS) en relación a la aparición de las primeras colonias incipientes de miembros de la familia Aphididae (Hemiptera) en las estructuras aéreas de la planta. El conteo se realizó considerando 10 plantas en los surcos centrales. Los especímenes observados en campo realizando daño directo, fueron colectados y se preservaron para su posterior identificación mediante claves taxonómicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de individuos y colonias de Aphididae se situaron en la etapa vegetativa temprana, sin embargo, se localizaron colonias durante todas las etapas fenológicas de la planta. A 10 DDS se observaron algunos individuos en el envés de las hojas. A los 14 DDS se comenzaron a presentar colonias y a manifestarse el daño clásico por infestación de pulgón en las hojas, enrollamiento del borde foliar hacia la parte interior, quedando protegidas las colonias en el envés (Fig.1-A). Antes de los 35 DDS, se comenzó a observar el daño generalizado de plantas. En la etapa de final, se pudo determinar la presencia de grandes colonias distribuidas a lo largo de toda la panoja y hasta la cosecha (Fig.1-B y 1-C).

Los especímenes observados realizando el daño en la planta fueron determinados dentro de los géneros *Macrosiphum*, *Myzus* y *Aphis*.

De acuerdo con lo reportado por Rasmussen *et al.* (2003) las especies de *Macrosiphum* y *Myzus* se presentan como plagas potenciales del cultivo de quinua en la zona andina de Perú y Bolivia. Por otra parte, Yábar *et al.* (2002), reportan a las especies *Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae*

presentándose dos picos poblacionales, uno a los 75 DDS y el otro a los 140 DDS, a diferencia de lo reportado en este trabajo. Sin embargo, el cultivo se da en condiciones abióticas distintas. En lo que existe correspondencia, es que se presentan colonias importantes en la etapa final del cultivo. Valoy, *et al.* (2011) únicamente reporta a la especie *Myzus persicae* y sólo en la etapa de grano lechoso de la quinua.

Lo anterior puede sugerir medidas de manejo de estas especies, en etapas tempranas del cultivo, debido a que el daño directo puede llevar a la muerte de la planta y por su alta eficiencia en la transmisión de virus (Sánchez *et al.* 2010). A pesar de que se observaron depredadores naturales como Coccinellidae y Chrysopidae, así como parasitoides asociados de Braconidae, no se determinó la relación entre la fluctuación de Aphididae con la fluctuación directa de enemigos naturales.

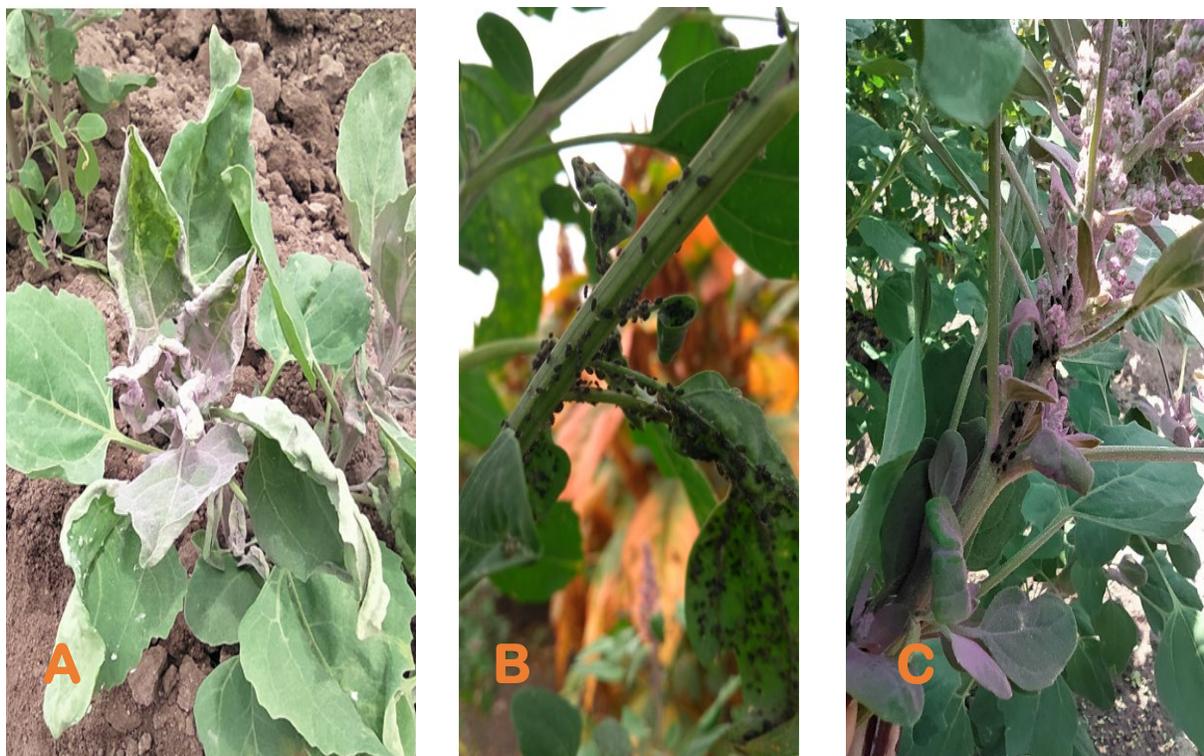


Figura 1. A) Daño realizado por colonias de Aphididae en etapa temprana vegetativa (35 DDS). B) Presencia en ramas y hojas 60 DDS. C) Daño en etapa de panoja 70 DDS.

CONCLUSIONES

De manera general, los miembros de Aphididae tienen un papel secundario en las zonas productoras de origen del cultivo de quinua. Sin embargo, en este trabajo se determinó que las especies encontradas representan un potencial de daño importante durante el desarrollo de la planta desde etapas tempranas. De la misma forma es relevante considerar acciones tempranas y acordes con la producción sostenible, para evitar el incremento de poblaciones de distintas especies, puesto que al encontrarse en la etapa de formación de grano y hasta la cosecha, pueden afectar el rendimiento o la calidad del grano. Es necesario determinar la función regulatoria que tienen los enemigos naturales asociados a esta familia de insectos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

La autora agradece las facilidades para el establecimiento del cultivo de quinua en el Campo Experimental Valle de México. De la misma manera, agradezco el apoyo con recurso económico fiscal del INIFAP, a través del proyecto: "Introducción y evolución preliminar de germoplasma y generación de tecnología para el cultivo y aprovechamiento de la quinua (*Chenopodium quinua*) en México". No. de proyecto SIGI:10332634242.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Rasmussen C, Lagnaoui A, and Esbjerg P. Advances in the Knowledge of Quinoa Pests, Food Reviews International, 2003;19:1-2, 61-75, DOI: 10.1081/FRI-120018868.
2. Sánchez JA, La-Spina M, Michelena JM, Lacasa A y Hermoso de Mendoza A. Ecology of the aphid pests of protected pepper crops and their parasitoids. Biocontrol Science and Technology, 2011; 21:2, 171-188. doi:10.1080/09583157.2010.530641.
3. Valoy ME, Bruno MA, Prado FE, y González JA. Insectos asociados a un cultivo de quinoa en Amaicha del Valle, Tucumán, Argentina. Acta zoológica lilloana. 2011; 55 (1): 16–22.
4. Yábar E, Gianoli E, and Echeagaray ER. Insect pests and natural enemies in two varieties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) at Cusco, Perú. Journal of applied entomology. 2002; 126:275-280.

Sección: Sanidad vegetal

EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE INSECTICIDAS SELECTIVOS PARA EL CONTROL DE MINADOR DE LA HOJA Y GUSANO DE LA CÁPSULA EN GARBANZO

Cortez Mondaca Edgardo^{1*}, Melgosa Villagómez Claudia Maria², Gutiérrez Pérez Erasmo², Zavala Arce Rosalio².

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)- Campo Experimental Valle del Fuerte. Km 1619 carretera Internacional México-Nogales. Juan José Ríos, Sinaloa 81110.

²INIFAP-C.E. Todos Santos. Agricultura s/n. La Paz, B. C. S. C.P. 23070.

cortez.edgardo@inifap.gob.mx

Palabras Clave: Control químico, Mortalidad, Gusano de la bolsa.

INTRODUCCIÓN

El minador de la hoja *Liriomyza sativae* Blanchard y el gusano de la cápsula *Heliothis virescens* (F.), son insectos plaga de importancia principal en el cultivo de garbanzo en el Valle de Santo Domingo, B.C. Sur, el daño que provocan en el cultivo origina aplicaciones de insecticidas sintéticos de amplio espectro que provocan efectos negativos colaterales y en ocasiones no muestran un control efectivo de las plagas en cuestión. El objetivo del estudio fue determinar insecticidas selectivos efectivos para el control del minador de la hoja y el gusano de la cápsula en garbanzo, en el estado de Baja California Sur.

MATERIALES Y MÉTODO

El estudio se llevó a cabo en el sub-ciclo agrícola otoño-invierno 2019/2020, en una parcela de garbanzo variedad Blanoro, establecida el 23 de diciembre de 2019, en el sitio Experimental Valle de Santo Domingo. El manejo agronómico del cultivo fue homogéneo, de acuerdo con la guía para producir garbanzo en B.C.S. (CETODS, 2017). Los tratamientos evaluados contra el minador de la hoja fueron: 1. Clorraniliprole (Coragen®), 150 ml/ha. 2. Ciantraniliprole (Benevia®), 200 ml/ha. 3. Extracto de piretro (Pyremax®), 1.0 Kg/ha + Aceite mineral (Albardón®) 12.5 ml/L de agua. 4. Extracto de nim (Blue Neem®) 0.5 L/ha + Aceite mineral (Albardón®) 12.5 ml/L de agua. 5. Abamectina (Arquia®), 0.5 L/ha. 6. Agua (testigo), 270 L/ha, misma cantidad con la que se asperjaron los insecticidas. Los tratamientos evaluados contra el gusano de la cápsula fueron: 1. Clorraniliprole (Coragen®), 150 ml/ha. 2. Piridaliil (Pleo®) 80 ml/ha. 3. Ciantraniliprole (Benevia®), 200 ml/ha. 4. Extracto de piretro (Pyremax®), 1.0 Kg/ha. 5. Agua (testigo), 270 L/ha. Se utilizó un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones y al final los datos de porcentaje de mortalidad se sometieron a un ANVA para estadística no paramétrica (prueba de Friedman) de acuerdo al diseño experimental utilizado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Nim + Aceite mineral mostró la mortalidad acumulada más elevada. 12 DAT se encontró diferencia significativa entre los tratamientos ($H = 11.6925$; JI-Cuadrada (0.05) = 11.0705 - JI-Cuadrada (0.01) = 15.0863), sobresaliendo también la Abamectina (Fig. 1). El costo del nim + aceite fue muy elevado (\$1,215.00 Vs la abamectina a \$281.30).

El Clorraniliprole (Coragen®) 150 ml/ha mostró mayor mortalidad acumulada, le siguió el Piridaliil (Pleo®) 80 ml/ha (Fig. 1). El costo de los tratamientos más sobresalientes fue de \$855.00/ha para el Clorraniliprole y de \$200.00/ha para el Piridaliil (Pleo®). No se detectó diferencia significativa entre los tratamientos insecticidas.

Ciantraniliprole (Benevia®) 200 ml/ha, mostró el menor número de granos dañados (seguido por el Clorraniliprole), menos que tratamientos que mostraron mayor mortalidad sobre gusano de la cápsula; se determinó diferencia significativa entre los tratamientos ($H = 13.2179$; JI-Cuadrada (0.05) = 9.4877- JI-Cuadrada (0.01) = 13.2767).

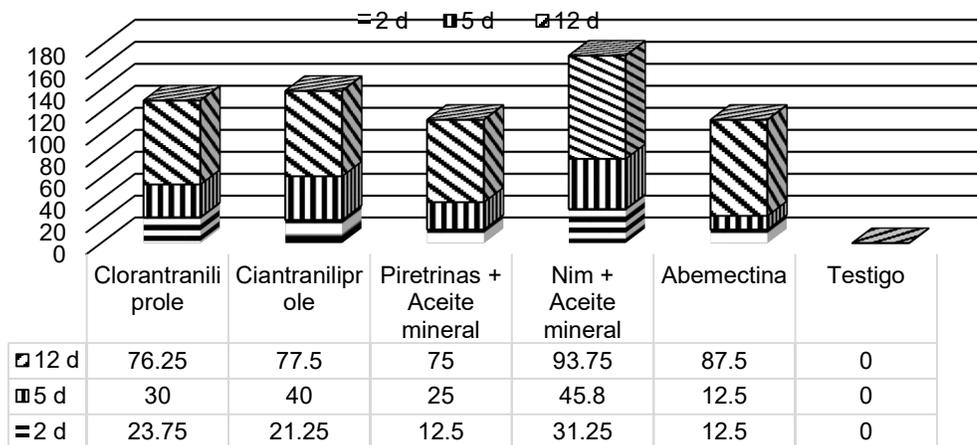


Figura 1. Efectividad biológica de insecticidas selectivos sobre minador de la hoja en garbanzo, en tres intervalos de tiempo después de la aplicación.

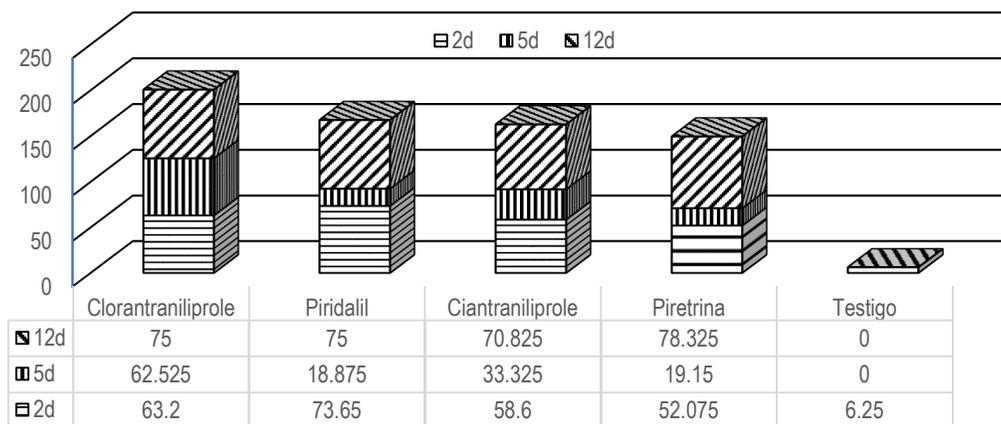


Figura 2. Efectividad biológica de insecticidas selectivos sobre gusano de la cápsula, en tres intervalos después de la aplicación.

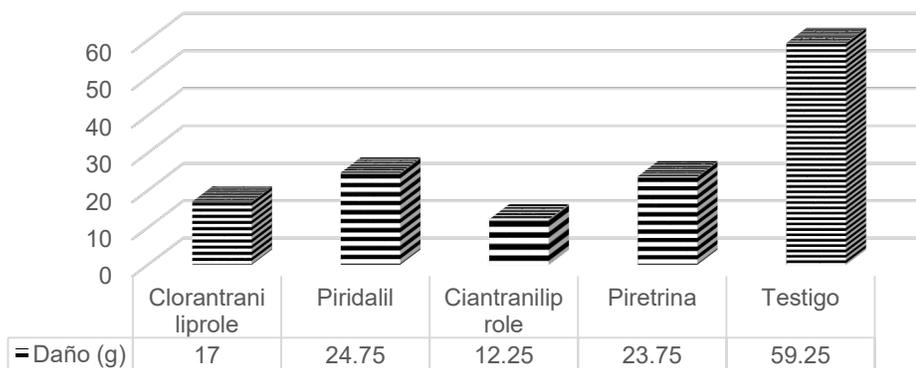


Figura 3. Número de granos dañados en 300 g de grano de garbanzo, en cinco tratamientos insecticidas contra gusano de la cápsula.

Los resultados sobre rendimiento de grano son relativamente bajos y similares entre los tratamientos insecticidas, por lo que no se detectó diferencia significativa entre los mismos, incluso con el Testigo, con casi 400 Kg menos de rendimiento, con lo cual se pueden realizar más de siete aplicaciones de Cloraniliprole (Coragen®) 150 ml/ha y hasta 32 de Ciantraniliprole (Benevia®), 200 ml/ha.

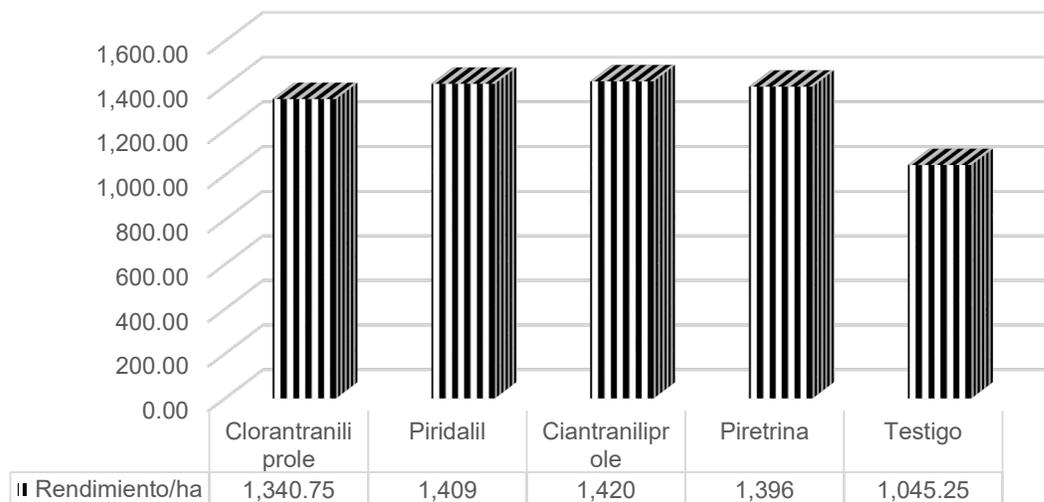


Figura 4. Rendimiento de grano de garbanzo con diferentes tratamientos insecticidas, para el control de gusano de la cápsula.

Los tratamientos Nim (Blue Neem®) 0.5 L/ha + Aceite mineral (Albardón®) 12.5 ml/L de agua y la Abamectina (Arquia®) 0.5 L/ha, fueron los insecticidas con significativamente mayor efectividad biológica sobre el minador de la hoja (Cortez et al., 2018; Cortez et al., 2019a). Mientras que el Cloraniliprole (Coragen®) 150 ml/ha y el Ciantraniliprole (Benevia®), 200 ml/ha, mostraron los valores más altos de mortalidad sobre gusano de la cápsula (Cortez et al., 2018; Cortez et al., 2019b), sin mostrar diferencia significativa entre ellos y respecto al resto de los tratamientos. No se detectó diferencia significativa entre el rendimiento de los tratamientos insecticidas evaluados, pero desde el punto de vista económico la reducción del mismo en el Testigo fue suficiente para costear la aplicación de varias aplicaciones de los insecticidas.

CONCLUSIONES

Los insecticidas Nim (Blue Neem®) 0.5 L/ha + Aceite mineral (Albardón®) 12.5 ml/L de agua y la Abamectina (Arquia®) 0.5 L/ha fueron los insecticidas con mayor efectividad biológica sobre el minador de la hoja. El Cloraniliprole (Coragen®) 150 ml/ha y el Ciantraniliprole (Benevia®), 200 ml/ha, mostraron los valores más altos de mortalidad, de gusano de la cápsula, sin mostrar diferencia significativa entre ellos y respecto al resto de los tratamientos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CETODS. (2017). Agenda Técnica Agrícola Baja California Sur; Garbanzo. CETODS-INIFAP. México, pp 40-44.
2. Cortez, M.E., J. Pérez, M., y R.H. Saucedo, A. (2018). Manejo de Insectos Plaga en Garbanzo. En: Saucedo, A.R.H. et al. (Comps.). Seminario: Producción Sustentable de Garbanzo en Sinaloa, pp. 46-52. INIFAP-CIRNO-CEVAF. Memoria Técnica No. 6.

3. Cortez, M.E., C.M. Melgoza, V., E. Gutiérrez, P., y R. Zavala, A. (2019a). Efectividad Biológica de Insecticidas Selectivos Contra el Minador de la Hoja *Liriomyza sativae* en Garbanzo en Baja California Sur. Memorias Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. UABC-Instituto de Ciencias Agrícolas, pp 569-574.
4. Cortez, M.E., C.M. Melgoza, V., E. Gutiérrez, P., y R. Zavala, A. (2019b). Efectividad Biológica de Insecticidas Selectivos Contra el Gusano de la Cápsula *Heliothis virescens* en Garbanzo en Baja California Sur. En: Uresti, G.J. (Comp.). Memorias X Reunión Nacional de Investigación Agrícola. INIFAP, 1: 619-622.

Sección: Sanidad Vegetal

MANEJO INTEGRADO DE MANGO: ANTRACNOSIS

David Heriberto Noriega Cantú¹, Misael Martínez Bolaños³, Eduardo Garrido Ramírez², Víctor Palacio Martínez³, Juan Pereyda Hernandez⁴ y Ricardo González Mateos⁴

¹CE Iguala-CIRPAS-INIFAP; ²CE Centro de Chiapas-CIRPAS-INIFAP. ³CE Rosario Izapa-CIRPAS-INIFAP, ⁴Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales-UAGro

noriega.david@inifap.gob.mx

Palabras clave: Mango Ataulfo, antracnosis, control

INTRODUCCIÓN

México es el quinto país productor de mango en el mundo y el segundo como exportador con 20 % (232,643 ton), después de la India con 24 % (286,775 ton) (FAO, 2019). A nivel nacional el estado de Guerrero aporta el 19 % (395,396 ton) de la producción nacional, lo que lo ubica como segundo productor de mango, después de Sinaloa (409,572 ton), siguiendo Nayarit (304,819 ton), Chiapas (270,695 ton), Oaxaca (207,701 ton), Michoacán (170,286 ton) y Jalisco (110,913 ton). El cultivo del mango tiene una importancia económico-social para Guerrero, ya que de esta actividad dependen directamente productores rurales e indirectamente proveedores y personas que pueden emplear su mano de obra. La región de mayor producción y superficie sembrada en el estado de Guerrero es la Costa del estado (SIAP, 2020); el 33 % de la superficie está cubierta con la variedad Manila, seguidas por Ataulfo y Haden, con 30 y 16 %, respectivamente. En esta cadena de valor se identifica como un punto crítico, en la etapa de producción, los daños causados por la antracnosis, siendo el agente causal, *Colletotrichum gloesporioides* (Penz.) Penz. and Sacc., el cual causa graves pérdidas económicas en la regiones tropicales y subtropicales de México y del mundo (Sundravadana *et al.*, 2007). Se reporta como un patógeno que afecta hojas, inflorescencias y frutos en pre y postcosecha. Por lo anterior el objetivo de la investigación fue determinar la eficiencia del manejo integrado para el control de la antracnosis del mango Ataulfo en Atoyac Guerrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en el cv. 'Ataúlfo', con alta incidencia de antracnosis (>80 %), en el Mpio. de Atoyac de Álvarez, en el ciclo 2020-2021. La huerta se ubicó en las coordenadas geográficas 17° 07' 48.39"N, 100° 26' 56.23"O, a 05 msnm, con clima cálido subhúmedo (Aw1). Un sistema de plantación marco real, con distanciamiento de 10 x 10 m y árboles de 20 años de edad con sistema de riego de micro-aspersión.

Los tratamientos fueron: manejo integrado con poda severa (MIM-Poda), manejo integrado sin poda severa (MIM) y el testigo. A 50 árboles se le aplicó un tratamiento MIM-Poda, que incluyó una poda severa en mayo 2019 y aplicación al suelo de paclobutrazol 20 cm³/árbol, después del primer flujo vegetativo en junio 2019; en el ciclo 2020-2021 se aplicó: fertilizante de N, P, K con la fórmula 120-60-60 fraccionado en tres

aplicaciones; dolomita (Ca 53 % y Mg 44 %) 500 kg ha⁻¹; composta (bovina) 1,000 kg ha⁻¹; fertilizante foliar, 2 L ha⁻¹ de quelatos (Mg 1.0%, S 4.0%, B 0.04%, Co 0.002%, Cu 0.04%, Fe 3.0%, Mn 3.0%, Mo 0.25%, Zn 0.005%), con dos aplicaciones; podas de saneamiento en mayo; inducción foliar en septiembre con fosfonitrato, 31-04-00, con dos aplicaciones cada 8 días; manejo de enfermedades con ocho aplicaciones de fungicidas. El tratamiento MIM sin poda severa, en 50 árboles, incluyó paclobutrazol 20 cm³/árbol en 2019 y se aplicó las mismas actividades en 2020-2021: fertilización, mejoradores de suelo y aspersiones al follaje para control de enfermedades. En el Testigo sin poda se seleccionaron cinco árboles, las actividades incluyeron: aplicación de paclobutrazol en 2019, incorporación de dolomita (Ca 53 % y Mg 44 %) 250 kg ha⁻¹, composta (bovina) 500 kg ha⁻¹ y control de plagas. Los árboles con los tratamientos incluyeron: manejo periódico de riegos, cada 15 días, de noviembre-marzo, humedeciendo a capacidad de campo el área de goteo y para control mosca de la fruta Ceratrap^R con 25 trampas por hectárea.

Para las variables de estudio 1) severidad de la antracnosis en follaje, 2) floración y 3) cuajado de frutos fueron seleccionados cinco árboles por tratamiento en base a tamaño y apariencia uniforme. La severidad en follaje fue monitoreada cada 15 días, de septiembre a noviembre, en cuatro ramas por árbol, orientadas por punto cardinal, el penúltimo flujo vegetativo se marcaron dos hojas de la parte media, con un total de ocho hojas por árbol por muestreo. La escala utilizada fue la propuesta por Sundravadana *et al.*, 2007, con rango de 0 al 5, en hoja 0=sin manchas (0% de daño) y 5=más de 25 manchas por hoja (>80% de daño). La severidad en inflorescencias fue monitoreada cada ocho días, de noviembre a enero, desde la emergencia de inflorescencias, hasta el inicio de amarre de frutos, en cuatro ramas por árbol orientados por punto cardinal. La escala utilizada fue la propuesta por Sundravadana *et al.*, 2007, con rango de 0 al 9, en la inflorescencia 0=0 % de daño (infección no observada) y 9=más del 50% de la inflorescencia dañada. El amarre y cuajado final de frutos fue monitoreado en las ramas seleccionadas para monitorear la severidad en follaje y floración. La primera evaluación de frutos amarrados fue el 21 de enero 2021, con un tamaño de frutos de 2 a 3 cm de longitud; posteriormente a los 25 días se evaluó los frutos cuajados por panícula, con un tamaño frutos de 6 a 7 cm de longitud.

El diseño estadístico fue bloques al azar, los datos de severidad de la enfermedad se analizaron con PROC RANK en SAS (Shah y Madden (2004) y un análisis de varianza con el procedimiento PROC GLM; la comparación de medias método de Tukey-Kramer ($P \leq 0.05$). Los datos de cuajado de frutos se realizó un análisis de varianza y prueba de comparación de medias por el método de Tukey ($P \leq 0.05$), utilizando el sistema de análisis estadístico SAS (SAS, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de severidad de antracnosis en hojas de mango del ciclo 2020-2021 se muestra en el Cuadro 1, donde se observa diferencias significativas ($P \leq 0.05$), en la escala de daños de la enfermedad en el periodo de 16 de octubre al 30 de noviembre del 2020, de los tratamientos MIM-Poda y MIM con respecto al Testigo. A excepción de la fecha del 15 de noviembre del 2020 donde el tratamiento MIM, con un grado promedio de la escala de 1.9 no se detectó diferencias estadísticas con el Testigo de 2.3 unidades. Sin embargo, al analizar el efecto de los tratamientos de MIM-Poda y MIM, en el periodo de muestreo de 45 días, la severidad se incrementó del 10 % de tejido dañado en promedio al 40 % de tejido enfermo. Mientras que el tratamiento Testigo sin poda y sin protección química su incremento paso de 21 % al 60 % de tejido foliar dañado en el mismo lapso de tiempo.

Cuadro 1. Análisis del efecto de tratamientos sobre el grado de severidad de la antracnosis en hojas de mango Ataulfo. Atoyac de Alvarez. Ciclo 2020-2021.

| Tratamiento | Fecha de muestreo | | |
|--------------------------------------|-------------------|-------------|-------------|
| | 16-oct-2020 | 15-nov-2020 | 30-nov-2020 |
| Manejo integrado con poda (MIM-Poda) | 1.0 a | 1.7 a | 2.4 a |
| Manejo integrado sin poda (MIM) | 1.0 a | 1.9 ab | 2.3 a |
| Testigo | 1.8 b | 2.3 b | 3.4 b |

¹Promedio del grado de antracnosis en hoja evaluado con la escala de severidad de 0 al 5, donde 0= no manchas y 5=Mas de 80% de severidad de la enfermedad (>25 manchas por hoja). Los valores de la escala analizados por SAS rank (equivalente a la prueba de Kruskal-Wallis), y el ANOVA por Proc GLM. Prueba de Tukey-Kramer después de generar los rangos ($P \leq 0.05$).

Los resultados de la severidad de la antracnosis en inflorescencias de mango del ciclo 2020-2021 se muestra en el Cuadro 2, donde se observa diferencias significativas ($P \leq 0.05$), en la escala de daños de la enfermedad en el periodo de 27 de diciembre del 2020 al 14 de enero del 2021, de los tratamientos MIM-Poda y MIM con respecto al Testigo. Al analizar el efecto de los tratamientos de MIM-Poda y MIM, en el periodo de muestreo de 18 días, no tuvieron diferencias estadísticas significativas, la severidad se incrementó del 10 % en promedio de tejido de inflorescencias dañado al 25 % de tejido enfermo. Mientras que el tratamiento Testigo sin poda y sin protección química su incremento paso de 15 % de tejido dañado al 50 % de tejido de inflorescencia enfermo en el mismo lapso de tiempo.

En el Cuadro 3 se analizan los resultados de los frutos amarrados y/o cuajados por inflorescencia en las fechas del 21 de enero y 05 de febrero 2021, se observa que el tratamiento de MIM-Poda, con 15.3 y 7.8 frutos/panícula respectivamente, mostró diferencias estadísticas significativas con el tratamiento Testigo con 3.7 y 2.1 frutos/panícula en estas mismas fechas. No obstante, no se detectaron diferencias estadísticas entre los tratamientos MIM-Poda y MIM. Los resultados del estudio indican una mayor eficiencia del manejo integrado con poda y sin poda respecto al testigo para el control de la antracnosis en crecimiento vegetativo, en prefloración y en floración, provocando un mayor cuajado definitivo de frutos por inflorescencia.

Cuadro 2. Análisis del efecto de tratamientos sobre el grado de severidad de la antracnosis en inflorescencias de mango Ataulfo. Atoyac de Alvarez. Ciclo 2020-2021.

| Tratamiento | Fechas de muestreo ¹ | | | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------|---|-----------|---|-----------|---|
| | 27-dic-20 | | 05-ene-20 | | 14-ene-21 | |
| Manejo integrado con poda (MIM-Poda) | 1.80 | a | 4.10 | a | 5.50 | a |
| Manejo integrado sin poda (MIM) | 2.00 | a | 4.80 | a | 6.20 | a |
| Testigo | 6.05 | b | 8.35 | b | 8.10 | b |

¹Promedio del grado de antracnosis en inflorescencia evaluado con la escala de severidad de 0 al 9, donde 0= no se observó infección y 9=Más de 50% de la inflorescencia dañada. Los valores de la escala analizados por SAS rank (equivalente a la prueba de Kruskal-Wallis), y el ANOVA por Proc GLM. Prueba de Tukey-Kramer después de generar los rangos (P≤ 0.05).

Cuadro 3. Efecto de los tratamientos de manejo integrado sobre el promedio de frutos cuajados por inflorescencia en mango Ataulfo. Ciclo 2020-2021.

| Tratamiento | No. Frutos cuajados | | | |
|--------------------------------------|---------------------|----------------|-----------|----|
| | 21-ene-21 | | 05-feb-21 | |
| Manejo integrado con poda (MIM-Poda) | 15.3 | a ¹ | 7.8 | a |
| Manejo integrado sin poda (MIM) | 14.0 | ab | 5.3 | ab |
| Testigo | 3.7 | b | 2.1 | b |

¹ Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba de Tukey (P≤0.05).

Los resultados sugieren que *Colletotrichum* spp. infecta al fruto de mango en desarrollo, durante la floración, causando poco amarre de fruta por inflorescencia. En contraste Waller *et al.* (2015), indican que los extractos florales, ricos en sacarosa, tienen un papel importante en la infección y epidemiología de las especies de *Colletotrichum* spp. que infectan las frutas. Las observaciones realizadas en el estudio sugieren ese papel importante y efímero de las flores de mango en la epidemiología de la antracnosis.

CONCLUSIONES

El manejo integrado con poda y sin poda mostraron resultados consistentes de control de la severidad de la antracnosis en follaje y floración, provocando un mayor cuajado definitivo de frutos por inflorescencia.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal con No. SIGI 15131934826 financiado por INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Faostat. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2019. Production—mangoes, mangosteen, and guavas oil. [En línea]. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567>. Revisado el 02 de julio de 2021.

Shah, D.A. and Madden L.V. 2004. Nonparametric analysis of ordinal data in designed factorial experiments. *Phytopathology* 94: 33-43.

SIAP. 2020. Estadísticas de la producción agrícola en México. México, D.F. Internet. <http://www.siap.gob.mx/>. Consultado: 05 de julio de 2021.

Sundravadana S., Alice D., Kuttalam S. and Samiyappan R. 2007. Efficacy of azoxystrobin on *Colletotrichum gloeosporioides* Penz growth and on controlling mango anthracnose. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 2 (3): 10-15.

Waller T.J, Gager J, Constantelos C, Oudemans P.V. 2020. The role of flowers in the disease cycle of *Colletotrichum fioriniae* and other cranberry fruit rot fungi. *Phytopathology* 110, 1270–1279.

Sección: Sanidad vegetal

MAPAS DE CALOR DE CONCENTRACIONES DE *Candidatus Liberibacter asiaticus* EN SU VECTOR *Diaphorina citri* EN SONORA.

Juan José Pacheco- Covarrubias¹, Edgar Adalberto Cubedo Ruiz¹, Javier Valenzuela Lagarda²

1 CE Norman e Borlaug-CIRNO-INIFAP; 2 Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora.

pacheco.juanjose@inifap.gob.mx

Palabras Claves: Huanglongbing, PCR, Cítricos.

INTRODUCCIÓN

El huanglongbing es el principal problema fitosanitario de la citricultura en México. Esta enfermedad es causada por la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (CLas) y a la fecha no tiene cura. El huanglongbing ha sido de consecuencias catastróficas en el mundo (Da Graça et al, 2016). La bacteria es transmitida en nuestro país por su vector *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Para el manejo de la enfermedad a nivel mundial en áreas donde inicia la epifitía, las acciones están dirigidas a eliminar las plantas con la bacteria y a combatir a su vector. Por tal motivo, el combate químico de *D. citri* es una prioridad para prolongar la vida útil de los árboles. Sin embargo, no hay información suficiente enfocada a priorizar las áreas preexistentes para el control del vector en las regiones citrícolas. Las definiciones de la presencia de la bacteria en el vector, así como las concentraciones de la bacteria en las poblaciones infectivas, resultan fundamentales para establecer las prioridades de acción contra *D. citri*.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación abarcó las áreas citrícolas de Sonora, que comprenden principalmente la región de Hermosillo, y los valles de Guaymas, Yaqui y Mayo. Con el fin de detectar las muestras compuestas positivas a la presencia de la bacteria y cuantificar la concentración de la carga de CLas, se recolectaron 398 muestras compuestas de 20 adultos de *Diaphorina citri* en árboles de traspatio y en huertas comerciales de cítricos entre 2018 y 2020. Las muestras se recolectaron y georreferenciaron por los Organismos Auxiliares de Sanidad Vegetal en Sonora; éstas se conservaron en viales con etanol al 70 % para su traslado al laboratorio de biotecnología del INIFAP en el Campo Experimental Norman E. Borlaug, en Ciudad Obregón, Sonora. Las muestras compuestas de los psíidos se almacenaron a -20 °C hasta su procesamiento (extracción de ADN y análisis por qPCR).

Para cada una de las muestras recolectadas se realizó la extracción de ADN total mediante la metodología de CTAB al 2 % (SENASICA, 2017). Para procesar tejido insectil se hicieron las siguientes modificaciones a la metodología. Las muestras se procesaron inmediatamente después de eliminar el etanol, sin realizar el proceso de secado de los insectos ni congelación de los mismos con nitrógeno líquido. Los insectos fueron macerados con un lisador mecánico marca Qiagen® a 30 oscilaciones por segundo por dos minutos; de esta manera, se pudieron procesar hasta 24 muestras compuestas de psíidos. Se eliminaron de 300 a 500 µL de la fase acuosa después del macerado para eliminar compuestos que impiden la buena precipitación del ADN, para posteriormente recuperar el volumen eliminado con CTAB al 2% calentado a 50°C. Lo anterior, permitió obtener ADN de mejor calidad y con concentraciones entre 100 y 300 ng/µL.

Para el diagnóstico de la presencia o ausencia de la bacteria del HLB se usó la metodología de Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR por sus siglas en inglés Polymerase Chain Reaction) en tiempo real (Li et al., 2006). En cada ensayo de detección del HLB se utilizaron controles positivo, negativo de tejido insectil y negativo de agua grado molecular estéril. Una muestra se consideró positiva a CLas al registrar un número de ciclos de amplificación (Ct) menor a 32.

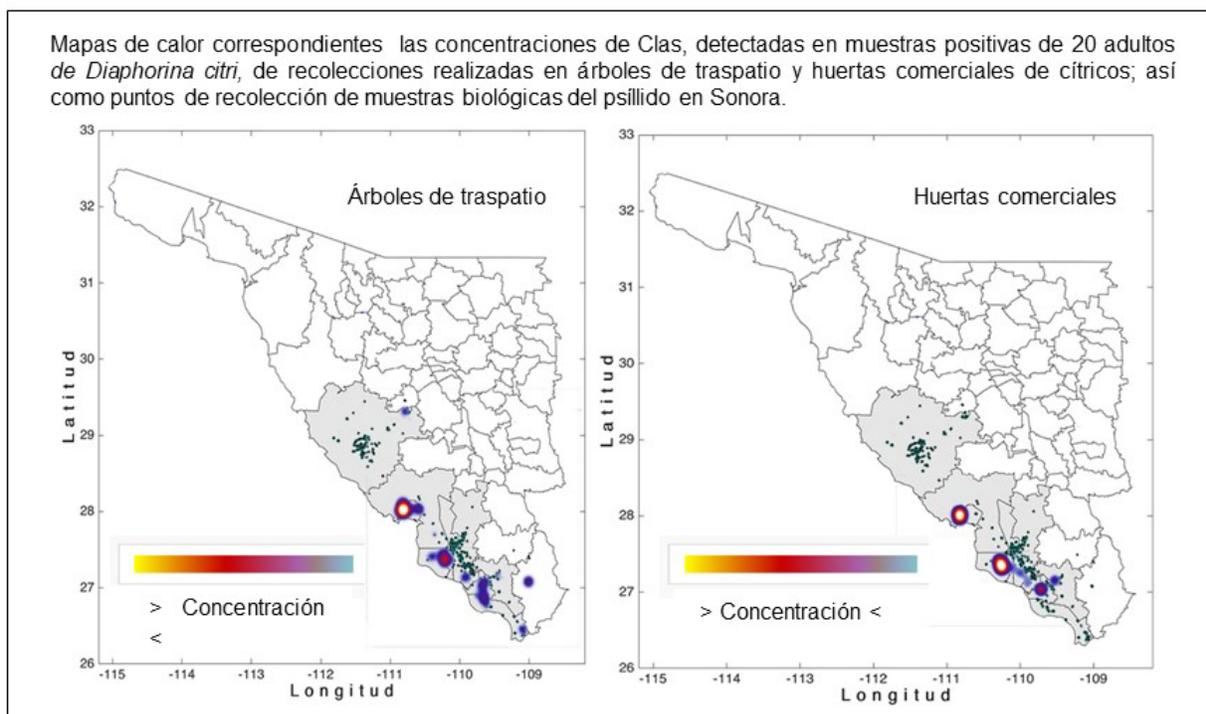
Para estimar la concentración del HLB de las muestras que resultaron positivas, se generó una curva estándar con diluciones seriadas de 10⁰ a 10⁻⁶ a partir de un vector comercial (pGEMT®) que contenía un fragmento clonado de ADNr 16s de CLas, el cual fue proporcionado por el Laboratorio Nacional de Riesgo Epidemiológico Fitosanitario (LANREF) del Colegio de Postgraduados en Montecillos estado de México. Cada dilución fue analizada por PCR en tiempo real en dos ocasiones y por triplicado utilizando las condiciones de amplificación (Li et al., 2006). A partir del resultado de amplificación de las diluciones del vector se construyó una curva de calibración por medio de la cual se estimó la concentración de la bacteria

en las muestras positivas. Las concentraciones se expresan en número de copias por micro litro de ADN final (copias/uL de ADN final).

Mediante el programa POWER BI con los datos de las concentraciones en copias/ μ L de ADN y las ubicaciones georreferenciadas de los sitios de recolección de las muestras compuestas de psílidos, se generaron los mapas de calor de las concentraciones de la bacteria correspondientes a CLas, en muestras compuestas positivas de 20 adultos de *D. citri*, procedentes de recolecciones realizadas en árboles de traspatio y huertas comerciales de cítricos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura se ilustran los mapas de calor que indican las concentraciones de la bacteria (CLas) para los casos de psílidos recolectados de árboles de traspatio como en huertas comerciales de cítricos.



El mapa de calor correspondiente a árboles de traspatio, muestra claramente dos sitios completamente atípicos con respecto al patrón general de concentraciones que se ubica en términos generales en la parte del litoral correspondiente al sur de Sonora; uno de ellos ubicado en la parte centro del estado, con el mayor distanciamiento al litoral, que corresponde a la población de San Pedro el Saucito, y el otro punto ubicado en el sur del estado que corresponde a plantas de traspatio ubicadas en la ciudad de Alamos, Son., este último sitio alejado de la mayoría de las huertas comerciales de cítricos. En ambas localidades existe la hipótesis de que el inoculo inicial de la bacteria fue producto del traslado de árboles positivos a HLB a dichas poblaciones de otros sitios con la presencia de la enfermedad. Por otra parte, los mayores puntos de calor, que corresponden a las mayores concentraciones de CLas, se ubican en el Valle de Guaymas y el Valle del Yaqui en el sur de Sonora; sin embargo, se trata de varios puntos que abarcan casi la totalidad del litoral, a pesar de que las muestras recolectadas no proceden exclusivamente de esas áreas, es decir, también se realizaron recolecciones de psílidos fuera del área costera.

En el caso del mapa de calor correspondiente a huertas comerciales de cítricos la figura relativa a huertas comerciales ilustra claramente puntos de "calor" sobresalientes; en los valles del Yaqui, Guaymas y Mayo, respectivamente. Resulta importante mencionar que en el Valle de Guaymas la mancha de calor es mayor que en el Valle del Mayo, ya que la infección del HLB inició primeramente en dicha zona (Martínez *et al.*, 2019), producto posiblemente de árboles positivos traídos del área de Comondú B.C.S., por pescadores o

personas que atravesaron el Mar de Cortes, ya que el primer reporte formal de la enfermedad en tejido vegetal en Baja California Sur comenzó en marzo de 2015 (CESAVE Sonora, 2015). El Patrón de manchas de calor es similar al de árboles de traspatio, ubicándose en la parte del litoral del sur de Sonora, y dejando libre del CLas a partir de la latitud de 28 °, área que corresponde a la región citrícola de Hermosillo; lo anterior, pone en evidencia un inicio del inóculo más tardío en dicha área y por lo tanto un retraso del inicio de la enfermedad con respecto al área sur de Sonora. La información de concentración de inóculo de CLas en el vector sugiere sin lugar a duda los puntos de atención prioritarios de eliminación del vector del huanglongbing en Sonora.

CONCLUSIONES

Los mapas de calor correspondientes a las mayores concentraciones de CLas se ubican en el litoral del sur de Sonora e indican el inicio de la enfermedad en el estado, así como las áreas prioritarias de control del vector.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A las Juntas Locales de Sanidad Vegetal de Hermosillo, Guaymas, Valle del Yaqui, Navojoa y Huatabampo, Sonora por el apoyo de campo en la recolección de adultos de *Diaphorina citri*.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. [Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora, (CESAVE Sonora)]. 2015. Campañas de Protección Fitosanitaria, CESAVE Sonora, Documento Interno.
2. Da Graça, J., Douhan, G., Halbert, S., Keremane, M., Lee, R., Vidalakis, G. y Zhao, H. 2016. Huanglongbing: an overview of a complex pathosystem ravaging the world's citrus. *Journal of Integrative Plant Biology*. 58(4):373-387. <https://doi.org/10.1111/jipb.12437>
3. Li, W., Hartung, J.S. y Levy, L. 2006. Quantitative real-time PCR for detection and identification of *Candidatus Liberibacter* species associated with citrus huanglongbing. *Journal of Microbiological Methods*. 66, 104-115. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2005.10.018>
4. Martínez-Carrillo, J.L., Suarez-Beltrán, A., Nava-Camberos, U., Aguilar-Medel, S., Valenzuela-Lagarda, J., Gutiérrez-Coronado, M.A., Castro-Espinoza, L. y Días-Maldonado, S. 2019. Successful area-wide management of the Asian citrus psyllid in Southwestern Sonora, México. *Southwestern Entomologist*. 44(1):173-179. <https://doi.org/10.3958/059.044.0119>
5. [SENASICA]. 2017. Protocolo para la detección de la enfermedad *Xylella fastidiosa* y del cancro bacteriano de la vid *Xanthomonas campestris* pv. *Viticola*. Dirección General de Sanidad Vegetal. Centro Nacional de Referencia Fitosanitaria. Área de Desarrollo y Validación de Protocolos. Ciudad de México, México.

Sección: Sanidad Vegetal

SUPRESIÓN DE POBLACIONES DE TRIPS CON UNA FORMULACIÓN COMERCIAL DE *Beauveria bassiana* EN EL CULTIVO DE AGUACATE

Victor Manuel Coria Avalos^{1*}, Rosa Gabriela Coria Mora¹, Saúl Borbolla Ibarra², H. Jesús Muñoz Flores¹, Magali Ruiz Rivas¹

1CE Uruapan-CIRPAC-INIFAP. 2Certis México, S. de R.L. de C.V.

coria.victormanuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Persea americana*, Plagas, Control microbiano.

INTRODUCCIÓN:

El aguacate es el cultivo de mayor importancia socioeconómica en el estado de Michoacán, la fruta cosechada presenta características de gran calidad, por lo que posee alta demanda en el mercado de exportación; en los últimos años, las poblaciones de trips, se han constituido en un problema fitosanitario que causa daños severos a la planta y frutos; ya que propician aborto de flores y frutos en formación, succionan la savia de la planta, además de que una alta proporción de los frutos que alcanzan su madurez fisiológica presentan deformaciones en la epidermis que ocasionan su rechazo en los mercados del exterior (Coria 2009). En la búsqueda de alternativas sustentables para manejo de esta plaga, se realizó esta prueba con los siguientes objetivos: a) Evaluar la bondad de tres tratamientos de un insecticida biológico cuyo nombre común es *Beauveria bassiana* (Mycotrol® ES), en comparación con Spinetoram (Exalt®) como testigo regional y un testigo absoluto, para el combate de trips (*Frankliniella bruneri* Watson, *F. gardeniae* Moulton, *F. minor* Moulton, *Scirtothrips perseae* Nakahara, *Pseudophilothrips perseae* Watson y *Aeolothrips* sp) en el cultivo del aguacate *Persea americana* 'Hass' en un huerto de Uruapan, Michoacán. b) Evaluar la posible fitotoxicidad de los tratamientos en evaluación, sobre las plantas de aguacate *Persea americana* 'Hass'.

MATERIALES Y MÉTODOS:

El ensayo se realizó en una plantación comercial de aguacate 'Hass', de 13 años de edad, se estableció durante los meses de marzo y abril de 2020, lo que permitió cuantificar el impacto de los tratamientos sobre las poblaciones de trips presentes en los racimos florales y brotes vegetativos de la planta. Se empleó un diseño experimental "Bloques completos al azar" para evaluar el impacto de cinco tratamientos descritos en el Cuadro 1, se utilizaron cuatro repeticiones de cada uno de ellos; la unidad experimental estuvo conformada por 1 árbol de aguacate.

Cuadro 1. Tratamientos de insecticidas biológicos para control de trips (varias especies) en el cultivo de aguacate 'Hass'. Uruapan, Michoacán. 2020.

| No. | Ingrediente activo | Dosis de producto formulado (L) | No. de aplicaciones |
|-----|-----------------------------|---------------------------------|---------------------|
| T1 | <i>Beauveria bassiana</i> * | 1.0 | 2 |
| T2 | <i>Beauveria bassiana</i> * | 1.5 | 2 |
| T3 | <i>Beauveria bassiana</i> * | 2.0 | 1 |
| T4 | Spinetoram** | 0.350 | 1 |
| T5 | Testigo absoluto | | 0 |

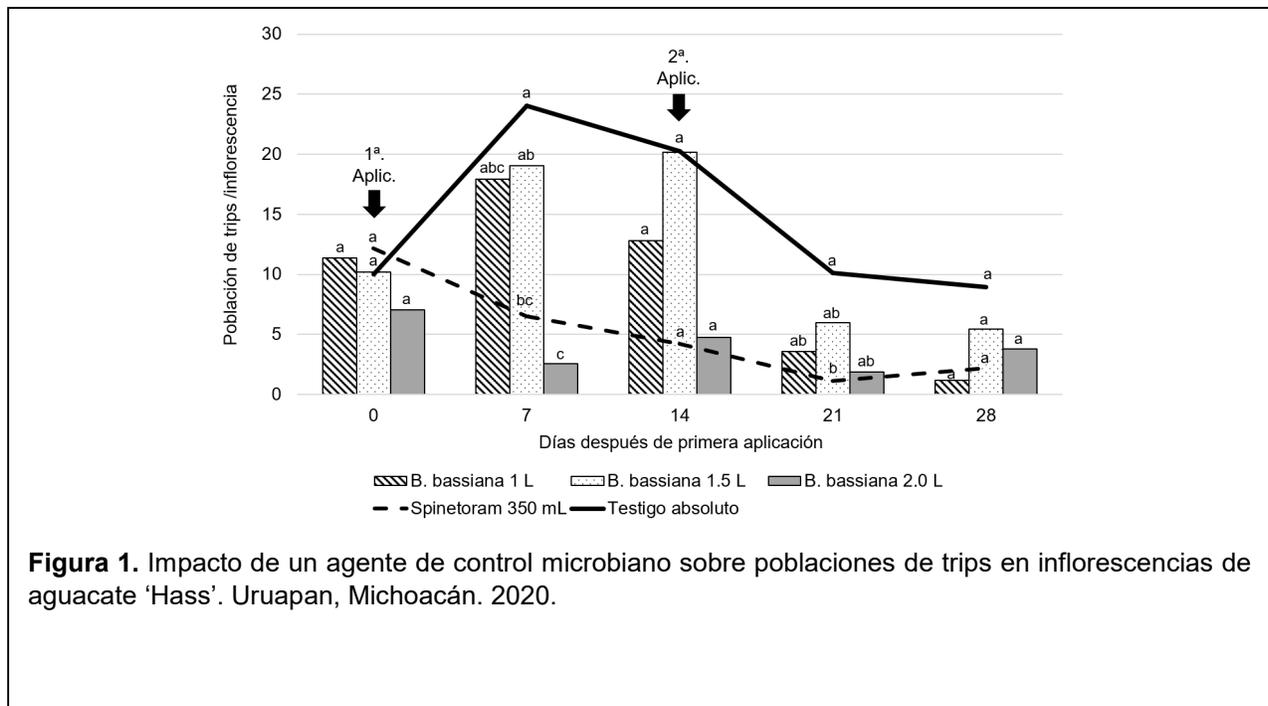
*MYCOTROL® ES

**EXALT®

Para el caso de los tratamientos 1 y 2 de *B. bassiana*, se realizaron dos aplicaciones, con periodicidad de 14 días entre cada una de ellas; para los tratamientos 3 y 4 a base de *B. bassiana* y Spinetoram se realizó una sola aplicación de los tratamientos. El parámetro de evaluación de la efectividad biológica fue el número de trips cuantificados en 5 racimos florales y 5 brotes vegetativos tiernos/árbol del cultivo de aguacate, ya que estas son las partes de la planta infestadas con mayor preferencia por el insecto. En cada tipo de muestra se cuantificó antes y después de la aplicación de los tratamientos el número conjunto de estados inmaduros y adultos de trips presentes. Se efectuó un muestreo previo al establecimiento del estudio y cuatro muestreos posteriores a la primera aplicación, estos fueron a 7, 14, 21 y 28 días después de la primera aplicación (DDPA). Posterior al muestreo de 14 DDPA se realizó la segunda aplicación en los tratamientos así programados. La eficacia de los tratamientos se determinó con base en la fórmula de Abbott (1925). A los 7 y 14 días después de cada una de las aplicaciones (DDPA) se hicieron revisiones visuales a los árboles, para evaluar posible fitotoxicidad inducida por los tratamientos, con base en la escala EWRS. Finalmente, los datos obtenidos de sobrevivencia de la plaga, fueron sometidos a un análisis de varianza para un diseño completamente al azar, utilizando el paquete SAS (Statistical Analysis System, 2013), con la finalidad de determinar diferencias entre los tratamientos aplicados en campo y posteriormente, fueron sometidos a una prueba de comparación de medias de Tukey ($\alpha=0.05$), para ordenar la efectividad biológica de los tratamientos.

RESULTADOS:

a) Trips en inflorescencias: En el muestreo previo de la plaga existía una población $\bar{x}=9.69$ (std=1.9) en los árboles incluidos en el experimento (Figura 1), lo que denota una densidad de la población que rebasa ampliamente el umbral económico de 3 a 5 trips /racimo floral, definido como criterio para iniciar aplicaciones para control (Coria 2009). Con base en lo anterior y considerando que en esta región, para fechas posteriores se elevan las temperaturas, en concordancia con presencia de floración plena en los árboles de aguacate, lo que propicia incrementos sustanciales de las poblaciones de trips en los huertos. Posterior al muestreo se realizó la primera aplicación de tratamientos.



A 7 días después de la primera aplicación (DDPA), se observó diferencia estadística no significativa para bloques de los tratamientos ($Pr > F = < 0.2992$); para el caso de los tratamientos, hubo reducción significativa en la población de la plaga en todos los árboles bajo tratamiento, esto en comparación con el testigo absoluto ($Pr > F = < 0.0042$). La mayor supresión en la población del insecto se obtuvo con el tratamiento 3, que se refiere a *B. bassiana* en dosis de 2 L, que presentó 2.56 trips/inflorescencia y superó significativamente al resto de los tratamientos; con menor impacto de supresión le sigue el tratamiento 4 a base de Spinetoram en dosis de 350 mL, con sobrevivencia de 6.5 trips /inflorescencia; mientras que la menor supresión de la plaga se observó con los tratamientos 1 y 2 de *B. bassiana* en dosis de 1.0 y 1.5 L respectivamente, en los que se cuantificó 17.94 y 19.06 trips /inflorescencia, que estuvieron más cercanos al testigo absoluto con población significativamente más alta, de 24.06 trips /inflorescencia (Figura 1). Para 14 DDPA, Se confirmó diferencia estadística no significativa entre bloques ($Pr > F = < 0.5115$); para los tratamientos, el impacto de supresión fue estadísticamente no significativo en la población del insecto ($Pr > F = < 0.0346$), aunque es evidente una menor sobrevivencia del insecto con los tratamientos a base de Spinetoram y *B. bassiana* en dosis de 350 mL y 2.0 L respectivamente, en los que se cuantificó población de 4.25 y 4.75 trips /inflorescencia, que los mantiene aún dentro del umbral de daño económico de la plaga en el cultivo. En los tratamientos restantes de *B. bassiana*, las poblaciones del insecto se incrementaron y se acercaron al valor del testigo absoluto que presentó 20.25 trips /inflorescencia (Figura 1). Para 21 DDPA, prevaleció diferencia estadística no significativa entre bloques ($Pr > F = < 0.6592$); mientras que en los árboles bajo tratamiento se observó impacto de supresión estadísticamente significativo en la población del insecto, en comparación al testigo absoluto ($Pr > F = < 0.0422$). La menor sobrevivencia del insecto se cuantificó en los tratamientos con Spinetoram y *B. bassiana* en dosis de 350 mL y 2.0 L respectivamente, con población de 1.125 y 1.88 trips /inflorescencia; se generó un segundo grupo de *B. bassiana*, con menor impacto de supresión, que los mantiene aún debajo del umbral de daño económico; esto a diferencia del testigo absoluto que tuvo 10.13 trips /inflorescencia. En la evaluación de 28 DDPA, la población promedio del insecto fue muy reducida, lo cual fue imputable a que la presencia de inflorescencias en los árboles ya era bastante errática, por motivo de que el periodo de floración estaba llegando a su fin; en consecuencia, se consideró que los datos recabados en esta fecha de muestreo fueron poco confiables para cuantificar la prevalencia en el impacto de los tratamientos sobre las poblaciones de la plaga.

En brotes vegetativos, la población de la plaga fue demasiado reducida, ya que en ninguno de los muestreos el promedio llegó a un individuo de trips /brote vegetativo; evidentemente, se cuantificó diferencia estadística no significativa para bloques y entre tratamientos. Se consideró que estos datos no fueron lo suficientemente robustos para confirmar la efectividad biológica del bioplaguicida en evaluación sobre este tipo de muestra en los árboles de aguacate.

La eficacia del bioplaguicida sobre poblaciones de trips, de acuerdo con la fórmula de Abbott (1925), a 7, 14 y 21 DDPA, fue de alto impacto con *B. bassiana* en dosis de 2.0 L, con efectividad de control de 78.96, 71.61 y 66.6 % respectivamente, que superó ligeramente a Spinetoram en dosis de 350 mL, que indujo 69.87, 71.6 y 88.9 % de supresión.

Finalmente, para las cuatro fechas de muestreo, posteriores a la aplicación del primer tratamiento (7, 14, 21 y 28 DDPA). Mediante evaluación visual cualitativa, se encontró un valor puntual de 1; el cual, de acuerdo con la EWRS denota sin efecto los síntomas de fitotoxicidad sobre las plantas de *P. americana*.

CONCLUSIONES:

En la aplicación de tratamientos dirigidos sobre la cubierta vegetal de árboles de aguacate cv. 'Hass', se encontró impacto significativo en la supresión de trips con respuesta similar con *B. bassiana* en dosis de 2.0 L, y Spinetoram en dosis de 350 mL, hasta un periodo de 21 días después de la aplicación.

La cepa evaluada de *B. bassiana* en dosis de 1.0, 1.5 y 2.0 L, aplicados en aspersión foliar a los árboles de aguacate, no indujo síntoma alguno de fitotoxicidad en la planta de aguacate.

La eficacia cuantificada para supresión de trips con *B. bassiana* en dosis de 2.0 L sugiere ser una alternativa sustentable para manejo cuando las poblaciones comienzan a incrementarse en el cultivo de aguacate.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. Coria A.V.M. 2003. Fluctuación poblacional de trips y efectividad de un insecticida biológico para su control en aguacate. *Agr. Tec. Mex.* 29(2):193-200.
2. Coria A.V.M. 2009. Plagas. *En: Tecnología para la producción de aguacate en México.* Coria A.V.M. (ed.). 2ª. Edición. 2a. Reimpresión. SAGARPA. INIFAP. CIRPAC. Campo Experimental Uruapan. 209 p.
3. Johansen M.R., Mojica-Guzmán A. y Ascención-Betanzos G. 1999. Introducción al conocimiento de los insectos tisanópteros mexicanos en el aguacatero (*Persea americana* Miller). *Revista Chapingo. Serie Horticultura.* Vol. V. Num. Especial. p. 279-285.
4. Statistical Analysis Systems (SAS). 2013. SAS/STAT User's guide. SAS, Cary, N.C., USA.

Sección: Sanidad vegetal.

USO DEL MUESTREO SECUENCIAL EN LA TOMA DE DECISIONES PARA EL MANEJO DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS

J. Isabel López-Arroyo¹, Gabriel Díaz-Padilla², Rafael A. Guajardo-Panes², Diego Garza-Ramírez³.

¹CE General Terán-CIRNE-INIFAP; ²SE Teocelo-CIRGOC-INIFAP; ³CESV-Nuevo León.

lopez.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: Huanglongbing, *Diaphorina citri*, citricultura.

INTRODUCCIÓN

En países citrícolas diversos y en algunas áreas de México, el control del vector de la bacteria asociada al huanglongbing, el psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae) se realiza con aspersiones de insecticidas con base en calendario, resultando anualmente en intervenciones numerosas y costos elevados de producción (Graham *et al.*, 2020). Una herramienta importante para considerar en este caso, es el muestreo secuencial, que incorpora el uso de umbrales para auxiliar en la toma de decisiones. En este método, a diferencia del muestreo clásico, el número de muestras requerido es variable en lugar de fijo y el número y el momento del muestreo depende de los resultados obtenidos en cada etapa del procedimiento. Una ventaja del método es que el tamaño de la muestra se reduce, en algunos casos a sólo 40-50% del número de muestras que serían necesarias en un plan de muestreo clásico (Onsager, 1976). Además, un enfoque importante del muestreo secuencial es la toma de decisiones, y como tal, es más útil en situaciones que requieren de una decisión como lo es el manejo de plagas. En el muestreo secuencial se prueban tres posibilidades: (1) La hipótesis nula no se rechaza (no se requiere intervenir); (2) Rechazo de la hipótesis nula (se requiere intervención); y (3) Incertidumbre (la decisión es tomar otra muestra). Un beneficio importante del muestreo secuencial es que el control de plagas se realiza solo cuando es necesario, produciendo un número reducido de intervenciones en comparación cuando se realizan con base en calendario (Onsager, 1976; Binns *et al.*, 2000). El objetivo del presente estudio fue evaluar el plan de muestreo secuencial para *D. citri* generado por Díaz-Padilla *et al.* (2021) para la toma de decisiones en el manejo del PAC en la citricultura de Nuevo León.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluaron los planes de muestreo secuencial para el PAC en una huerta de la zona citrícola de Nuevo León, México. Está plantada con 99, 11 y 10 ha de naranjos Valencia, *Citrus sinensis* (L.) Osbeck, de 40, 30 y 6 años, respectivamente; 9 y 5 ha de naranjos Marrs, *C. sinensis*, de 30 y 6 años, respectivamente; y 3 ha de limón italiano Limoneira 8A, *C. limon* (L.) Burm. f., de 6 años, para un total de 137 ha. Cada dos semanas se estimó la presencia del PAC con el uso de trampas pegajosas amarillas de doble cara instaladas a 1.5-2 m de altura con respecto al suelo. Fueron colocadas en grupos de 20 trampas en tres sitios de la huerta, cada grupo separado por al menos 700 m (sitio 1, 25.248536 latitud, 99.72119 longitud; sitio 2, 25.239813 lat, 99.71054 long.; sitio 3, 25.257842 lat, 99.72449 long.). Las trampas se ubicaron en el perímetro en árboles alternados en el lado sureste de la huerta. Después de revisarlas y contar los especímenes capturados, todas las trampas fueron reemplazadas por otras nuevas. El plan de muestreo secuencial para el PAC incluyó el uso de las líneas de decisión determinadas por las ecuaciones: $d = \pm 2.3686 + 0.0549x$, donde d es la densidad estimada del PAC para un número especificado de trampas y x es el número de trampas. El plan incluyó detener el muestreo con la primera muestra cuando la densidad obtenida fuese 2.4235 adultos del PAC / trampa. Además, para determinar abundancia igual a cero el número de trampas a revisar fue 44; el número máximo para tomar una decisión fue de 47 trampas. Estos procesos están sustentados por las funciones Característica Operacional (OC) y Número Promedio de Muestras (ASN), determinadas para el umbral nominal de intervención de 0.2 adultos del PAC / trampa (ver Díaz-Padilla *et al.*, 2021). En cada fecha de muestreo se informó al productor sobre la toma de decisiones resultante del plan. Los datos acumulados para alcanzar una decisión por cada fecha de muestreo son mostrados en una gráfica que presenta las líneas de decisión superior (valores máximos) e inferior (valores mínimos) y en la cual se muestran las tres áreas de decisión, coloreadas específicamente para una

apreciación rápida y fácil. En rojo se encuentra el área de rechazo de la hipótesis nula, H_0 , densidad del PAC <0.2 adultos/trampa; en verde se muestra el área de aceptación de la hipótesis nula y en amarillo a la zona de incertidumbre.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los registros del PAC en la huerta cubrieron el período comprendido entre el 17 de octubre de 2020 (fecha 1, Figura 1) y el 15 de mayo de 2021 (fecha 16, Figura 1). La mayor captura de adultos del PAC en trampas ($\bar{x} = 3.705$; Desv. Est. = 5.471; $n = 60$) ocurrieron durante el 14 de noviembre de 2020 (fecha 3, Figura 1) y el más bajo ($\bar{x} = 0$; $n = 60$) el 12 de diciembre de 2020 (fecha 5, Figura 1) y el 3 de abril de 2021 (fecha 13, Figura 1). En total se efectuaron muestreos en 16 fechas diferentes. De estos, en dos fechas se inspeccionaron 44 trampas para confirmar cero ocurrencia del PAC (fechas 5 y 13, Figura 1), mientras que en cuatro fechas se detuvo el muestreo en 47 trampas revisadas (de un total de 60) (fechas 11-12, y 14-15, Figura 1) porque la densidad acumulada del vector se encontró consistentemente en la zona de incertidumbre (Figura 1). En cuatro fechas (6-8, y 10, Figura 1) se tomó la decisión de intervenir con la primera muestra tomada porque la densidad en las trampas estuvo por encima del umbral de 2.4235 adultos del PAC / trampa (Figura 1) (Díaz-Padilla *et al.* 2021). La decisión de intervenir también se alcanzó en cinco fechas más; sin embargo, el número de trampas revisadas varió de 2 a 42 (fechas 1-4, 9 y 16, Figura 1).

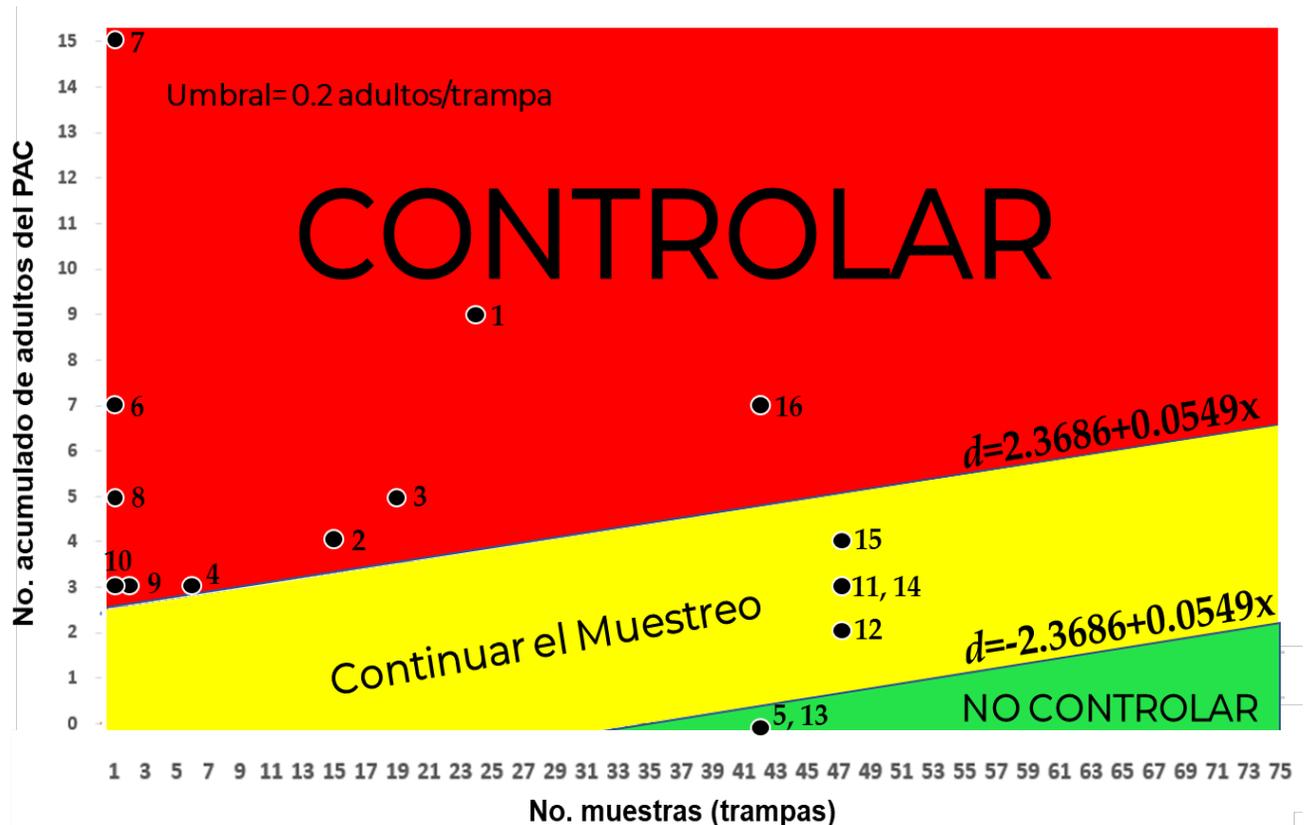


Figura 1. Líneas de decisión para la toma de decisiones en el muestreo secuencial del psílido asiático de los cítricos en el estado de Nuevo León, Mex. Fechas de muestreo en 2020: (1) X-17, (2) X-31; (3) XI-14, (4) XI-28; (5) XII-12, (6) XII-26. Fechas de muestreo en 2021: (7) I-9, (8) I-23; (9) II-6, (10) II-20; (11) III-6, (12) III-20; (13) IV-3, (14) IV-17; (15) V-3, (16) V-15. Número en el símbolo indica la fecha de muestreo. Los símbolos representan el número acumulado de adultos del PAC al número especificado de trampas para tomar una decisión.

En nuestros resultados en la evaluación del plan de muestreo fue posible comprobar una reducción en el número de intervenciones para controlar al insecto; como se denota en la Figura 1, de 16 intervenciones potenciales en un programa basado en calendario, siguiendo el plan de muestreo secuencial generado, existieron 10 fechas que requirieron control del vector, mientras que en seis fue innecesario. Esto representa un 37.5% de ahorro para el manejo del PAC. Interesantemente, la acción de intervenir fue indicada la mayor parte del tiempo a partir de un tamaño de muestra de una sola trampa (Figura 1) determinada por la abundancia alta de adultos del PAC en la huerta. Esto representa ahorros en el esfuerzo de muestreo. Esta situación probablemente sería diferente cuando la densidad acumulada encontrada durante el muestreo se encontrara en la zona de incertidumbre, donde se requeriría revisar 47 trampas para tomar una decisión (función ASN, Díaz-Padilla *et al.*; 2021) o 44 trampas para determinar cero abundancia del vector. Para este último valor, inspeccionar dicha cantidad de trampas podría dar más confianza al productor con respecto a la presencia del insecto en su huerta, lo que resulta en un aspecto benéfico del plan de muestreo.

En el muestreo de *D. citri* existe una gran ventaja asociada al uso de trampas adhesivas. Cuando la población del vector se reduce considerablemente, el uso de estas herramientas de muestreo es el único método confiable para determinar la presencia del insecto [Monzo *et al.*, 2015]. Su uso en nuestro plan de muestreo secuencial le añade una característica para hacerlo aún más sobresaliente. En este sentido, también es necesario considerar el umbral nominal establecido, que, aunque el valor es bajo (0.2 adultos del PAC / trampa), es relativamente conservador. Seleccionamos este valor porque produciría una serie de intervenciones que podrían ser aceptadas por los productores. También probamos un umbral más riguroso (0.1 adultos / trampa) (resultados no incluidos) para el plan de muestreo secuencial. Éste generó un área de rechazo más amplia (alta intervención), la zona de incertidumbre se estrechó aún más (desplazada por el área de rechazo), y el área de aceptación (sin intervención) se redujo notablemente y resultó en una toma de decisiones basada en un pequeño número de muestras, con la necesidad asociada de control muy frecuente del PAC, así como el probable rechazo del plan por parte de la mayoría de los productores. Creemos que dicho plan de muestreo secuencial con un umbral de 0.1 adultos / trampa será utilizado en el futuro e incluso con umbrales más estrictos (por ejemplo, 0.05, 0.01 o 0.001 adultos / trampa), lo que podría suceder cuando el progreso en el manejo del PAC genere como resultado una reducción significativa de la población en el área a través del tiempo.

CONCLUSIONES

La aplicación del plan de muestreo secuencial para el PAC aquí presentada muestra sustancialmente su importancia en la toma de decisiones, así como sus beneficios en el manejo del insecto. La adopción de esta herramienta en la citricultura nacional debería producir beneficios económicos, sociales y ambientales para los usuarios en México.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Estamos agradecidos con el CESAVE-Michoacán por los recursos aportados para la investigación (proyecto INIFAP-21582735257); damos las gracias también a los citricultores del Grupo de Fitosanidad La Motita (General Terán-Montemorelos, N.L.), en cuyas huertas se generó la información presentada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Binns, M.R., Nyrop, J.P., van der Werf, W. 2000. Sampling and monitoring in crop protection: The theoretical basis for developing practical decision guides, 1st ed.; CABI Publishing: Oxon, UK, 284p.
- Díaz-Padilla, G., López-Arroyo, J.I., Guajardo-Panes, R.A., Sánchez-Cohen, I. 2021. Spatial distribution and development of sequential sampling plans for *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). *Agronomy* 11, 1434: 1-18.

- Graham, J., Gottwald, T., Setamou, M. 2020. Status of Huanglongbing (HLB) outbreaks in Florida, California and Texas. *Trop. Plant Pathol.* 45, 265–278.
- Monzo, C., Arevalo, H.A., Jones, M.M., Vanaclocha, P., Croxton, S.D., Qureshi, J.A., Stansly, P.A. 2015. Sampling methods for detection and monitoring of the Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: Psyllidae). *Environ. Entomol.* 44, 780–788.
- Onsager, J.A. 1976. The rationale of sequential sampling, with emphasis on its use in pest management. United States Department of Agriculture, Economic Research Service. *Tech. Bull.* 158539, 1–19.

Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola: Sanidad Vegetal.

EVALUACIÓN DE INSECTICIDAS PARA EL MANEJO DEL PSÍLIDO ASIÁTICO DE LOS CÍTRICOS EN LIMÓN MEXICANO

Juan Eduardo Murillo Hernández^{1*}, J. Isabel López Arroyo², Miguel Ángel Manzanilla Ramírez¹ y Gonzalo Espinosa Vásquez³

1CE Tecomán- CIRPAC- INIFAP. 2CE General Terán- CIRNE- INIFAP. 3Centro de Investigación Nacional Agropecuaria (CINNAGRO).

murillo.juan@inifap.gob.mx

Palabras claves: *Diaphorina citri*, Efectividad biológica, Lise.

INTRODUCCIÓN

México es el principal productor de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle], a nivel mundial, con una producción de 1,203,732 ton, resultantes de las 95, 507.5 ha de superficie plantada. El cultivo de este cítrico ácido se lleva a cabo en 22 estados, de los cuales, destacan cuatro principales: Michoacán con 60,583.45 ha, Colima 18,530.35 ha, Guerrero 6,937.72 ha y Oaxaca 6,445 ha (SIAP, 2019).

Este cultivo es afectado por diversas enfermedades y plagas. Dentro de las primeras, destaca el Huanglongbing (HLB) o dragón amarillo de los cítricos, que llega a infectar hasta el 100% de los árboles de las huertas. Esta se detectó por primera vez en julio de 2009, en árboles de limón mexicano de traspatio en Tizimín, Yucatán (Trujillo, 2010); actualmente la superficie afectada es de aproximadamente el 26% del total del área cítrica en México. Respecto a las plagas, el psílido asiático de los cítricos (PAC), *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), es considerada la de mayor importancia por ser vector del HLB.

El manejo del HLB se centra en la eliminación de plantas enfermas y en el control del vector. Esto último, puede incluir tácticas como el control biológico, utilizando artrópodos benéficos como el parasitoide *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae), algunos depredadores y varias especies de hongos entomopatógenos; sin embargo, su control aún se sigue basando en el uso de insecticidas (Tiwari *et al.*, 2011). Con el propósito de ampliar el catálogo de productos con ingredientes activos eficaces contra esta plaga y más amigables con el medio ambiente, el objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de insecticidas de generación reciente para el manejo del PAC en limón mexicano.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en una huerta de limón mexicano variedad "Lise", de 3.5 años de establecida, ubicada en el Campo Experimental Tecomán del INIFAP. Los insecticidas que se evaluaron fueron (tratamiento, dosis, modo de acción): 1) Testigo (aspersión de agua); 2) Silicio 3 kg/ha (MOA Desc.); 3) Caolín (Surround) 10 kg/ha (MOA Desc.); 4) Pyrifluquinazon 400 mL/ha (MOA 9-B); 5) Burkholdiera 2.5 L/ha (MOA UNB); 6) Extracto de Neem 2 L + 3 kg Tierra diatomeas /ha (MOA Desc.); 7) Extracto de ajo (repelente) 500 mL/ha (MOA UNB); 8) Buprofezin 2 L/ha (MOA 16); 9) Extracto de Neem 2 L + 3 L aceite vegetal/ha (MOA Desc.); 10) Sales potásicas (Impide) 3 kg/ha (MOA Desc.); 11) Flupyradifurone 750 mL/ha (MOA 4-D); 12) Pyriproxyfen 500 mL/ha (MOA 7-C).

Para los ensayos, se seleccionaron brotes infestados con ninfas de 3^{er} y 4^{to} ínstar de *D. citri* psílido y se contabilizó el número de individuos por brote; posteriormente, se hizo la aplicación de los tratamientos utilizando una aspersora de motor (Maruyama MS072H) a una presión de 250 PSI. Luego de ello, a cada brote se le colocó una bolsa de Agribón (30x50 cm) y se ató con un cordón, para evitar la depredación y parasitismo por enemigos naturales. La variable respuesta fue el número de ninfas muertas por brote y se evaluó a las 48 h, 96 h, una, dos, tres y cuatro semanas posteriores a la aplicación. Cada vez que se registraba la mortalidad, las bolsas de Agribón se retiraban y se volvían a colocar, para seguir aislando los brotes, hasta el fin del experimento.

El experimento se condujo bajo un diseño experimental completamente al azar, cada brote representó una unidad experimental, y se tuvieron 10 repeticiones por tratamiento. Los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), y posteriormente se corrió la prueba de separaciones múltiples de medias usando Tukey ($P \leq 0.05$), mediante el software estadístico Infostat versión 2020e (Di Rienzo *et al.*, 2020). Cabe mencionar que, para el análisis solo se incluyeron los tratamientos que tuvieron efecto, no obstante, en la Figura 1 se muestran todos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis de los resultados se observaron diferencias estadísticas en la mortalidad de las ninfas del PAC a las 48h ($F_{5, 54} = 6069.64$; $P < 0.0001$) y 96h ($F_{6, 63} = 2511.93$; $P < 0.0001$), posteriores a la aplicación (Figura 1). No ocurrió mortalidad en el Testigo, Silicio, Burkholdiera, Caolín y Pyrifluquinazon en ninguna de las evaluaciones que se hicieron. Los tratamientos de Sales potásicas, Flupyradifurone y Pyriproxyfen fueron los más efectivos y causaron 100 % de mortalidad desde la primera evaluación (48 h). Neem + Aceite Vegetal causó mortalidades de 90 % y 100 %, Buprofezin 60 % y 100 %, Neem + Tierras Diatomeas 0 % y 10% en la primera y segunda evaluación (96 h), respectivamente. El Repelente de ajo solo registró 25 % de mortalidad. El Pyriproxyfen tuvo un periodo residual de poco más de 30 días.

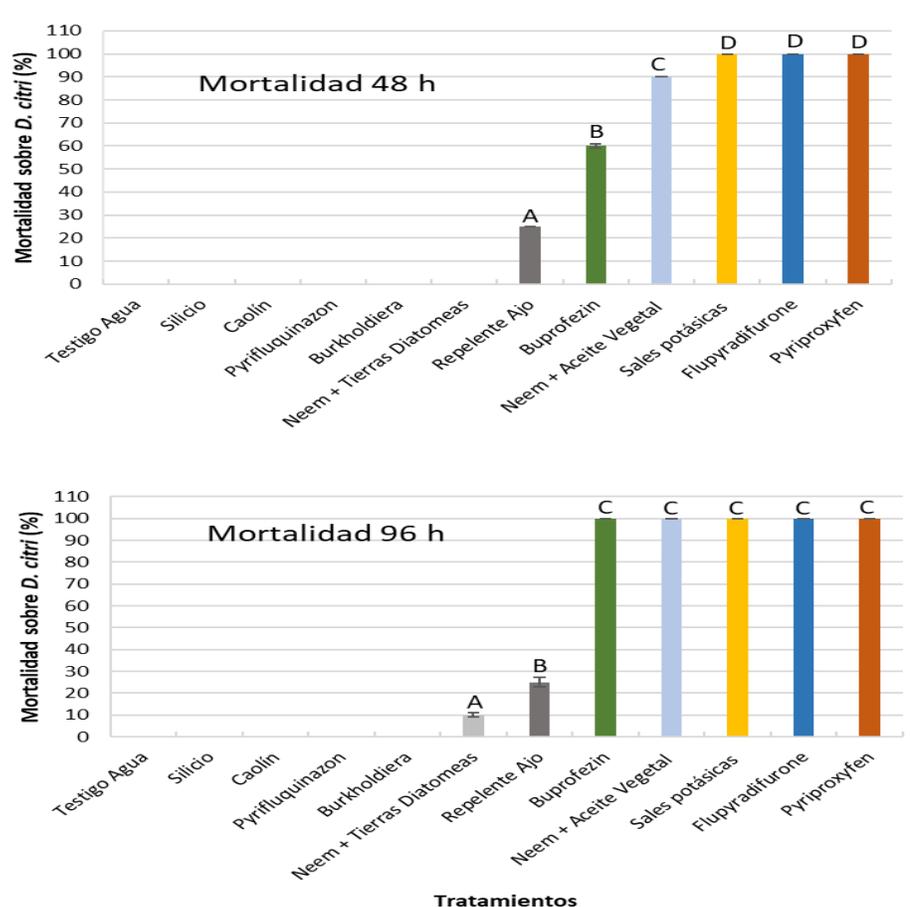


Figura 1
iguales e

imientos con letras

De los cinco tratamientos más efectivos (Figura 1), las sales potásicas y el Neem+ aceite vegetal son los más económicos y de menor impacto en el medio ambiente; los otros tres, son menos accesibles para los productores. Pero, de cualquier manera, estos productos representan alternativas efectivas para controlar al psílido y se pueden rotar e incluir en un programa de manejo integrado de plagas. En otros trabajos, se han evaluado los derivados de Neem, aceites minerales y vegetales sobre el PAC y concluyen que resultan ser buenas alternativas para su control y manejo (Weathersbee y Mc Kenzie, 2005; Amorós *et al.*, 2019). Aunque con este trabajo se aporta información sobre algunos insecticidas químicos, existen otros ingredientes activos

como el imidacloprid, abamectina y spirotetramat que también se ha demostrado que son excelentes opciones (Cáceres, 2002; Amorós et al., 2019); no obstante, se recomienda que se deberían de usar como último recurso, para tratar de evitar los efectos que resultan de su abuso como son la contaminación ambiental, desequilibrio ecológico, resistencia de insectos, eliminación de insectos benéficos y posibles intoxicaciones de humanos.

CONCLUSIONES

Los productos evaluados más efectivos y que representan opciones para el manejo del psílido asiático de los cítricos fueron: Sales potásicas, Flupyradifurone, Pyriproxyfen, Neem + Aceite Vegetal y Buprofezin. Además, el Pyriproxyfen, mantuvo un efecto residual de poco más de 30 d.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto “Evaluación de insecticidas para el manejo del psílido asiático de los cítricos y desarrollo de una metodología para determinar efectividad”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amorós ME, Pereira das Neves V, Galván V, Rodríguez A, Amaral J, Rossini C, y Buenahora J. 2019. Alternativas de bajo impacto para el control de *Diaphorina citri* en la citricultura Uruguaya. Revista INIA - N° 56: 66-69.

Cáceres S. 2002. El psílido asiático *Diaphorina citri*, plaga potencial de los cítricos: situación en Corrientes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Disponible en línea: <http://swfrec.ifas.ufl.edu/hlb/database/pdf/00002391.pdf>

SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.

Trujillo AJ. 2010. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. Dirección General de Sanidad Vegetal. Oficio B00.01, 01,01.03.-02788. Circular No. 056. 16 de abril de 2010.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, y Robledo CW. 2020. InfoStat versión 2020e. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Weathersbee AA and McKenzie CL. 2005. Effect of a neem biopesticide on repellency, mortality, oviposition, and development of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae). Florida Entomologist, 88: 401-407.

Tiwari S, Mann RS, Rogers ME, y Stelinski LL. 2011. Insecticide resistance in field populations of Asian citrus psyllid in Florida. Pest Management Science 67: 1258-1268.

Sección: Sanidad vegetal

EVALUACIÓN DE TRAMPAS PARA LA CAPTURA DE *Rhynchophorus palmarum* L. EN COCOTERO

Juan Eduardo Murillo Hernández^{1*}, Miguel Ángel Manzanilla Ramírez¹, Carlos Patricio Illescas Riquelme², Gonzalo Espinosa Vásquez³ y Víctor Manuel Almaraz Valle⁴

1CE Tecomán- CIRPAC- INIFAP. 2Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). 3Centro de Investigación Nacional Agropecuaria (CINNAGRO). 4Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario (CONACOFI).

murillo.juan@inifap.gob.mx

Palabras claves: *Cocos nucifera*, picudo negro del cocotero, control etológico.

INTRODUCCIÓN

En México la superficie total establecida con cocotero (*Cocos nucifera* L.), para fruto y copra es de 143,316 ha, con un valor de producción de \$2,602,980.25 (miles de pesos) (SIAP, 2019). Uno de los principales problemas fitosanitarios de este cultivo, es el picudo negro del cocotero, *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Curculionidae) (Rodríguez-Curra *et al.*, 2017). Este insecto causa daños directos e indirectos y en ambos casos puede ocasionar la muerte de las palmas. El daño directo lo causan las larvas cuando barrenan y se alimentan de los tejidos internos del estípote y cogollo de palmas, en especial de las afectadas por la enfermedad de pudrición del cogollo (PC). El daño indirecto es ocasionado al ser el vector principal del nematodo *Bursaphelenchus cocophilus* Baujard (Tylenchida: Aphelenchoididae), causante de la enfermedad Anillo Rojo (AR) (Sumano *et al.*, 2012).

El control de *R. palmarum* y de la enfermedad AR se basa en la captura y eliminación de los insectos adultos, mediante el empleo de trampas con feromona sintética de agregación y atrayentes alimenticios; además de la eliminación de palmas enfermas (control cultural), que constituyen fuente de inóculo y sitios de reproducción del insecto (Chinchilla y Oehlschlager, 1992; Sumano *et al.*, 2012). En la actualidad, y de forma general, se siguen utilizando los modelos de trampas tipo CSAT y de bidón; no obstante, estas utilizan insecticida y agua para operar de mejor manera. Este trabajo tuvo como objetivos explorar la efectividad de una trampa en la que no son utilizados los productos antes mencionados y generar información sobre la dinámica poblacional de esta plaga en Tecomán, Colima.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en una huerta comercial de cocotero, con una superficie de aproximadamente 30 ha, de 4 años de establecida, ubicada en Tecomán, Colima. Los tratamientos evaluados fueron tres tipos de trampas: A) trampa amarilla (tipo CSAT); B) trampa roja (bidón de 20L); C) trampa negra (botellas de plástico 10L). A cada trampa se le colocaban 500 g de plátano maduro (*Musa paradisiaca*) y un dispensador de feromona sintética para *R. palmarum* (Pherocon APW, Ferommis). Además, a la amarilla se le colocaban 20 mL de agua con malatión en proporción 1:1 y a la roja 2.5 L de agua más 2 mL de jabón, para que murieran los picudos que se atrapaban. La trampa negra no requiere de estas sustancias, pues su diseño permite que no se escapen los insectos y se mantengan vivos hasta volverle a dar mantenimiento.

Las trampas se colocaron de forma perimetral en la huerta y cada una estaba a una separación de 100m de la otra, aproximadamente. Una vez montado el experimento, los monitoreos se realizaron de manera semanal y la variable respuesta registrada fue el número de picudos por trampa (hembras y machos). En cada vez que se revisaban las trampas, se les remplazaba el plátano y se colocaba más insecticida y jabón en los tratamientos respectivos; solo la feromona se remplazó cada 9 semanas.

El experimento se condujo bajo un diseño experimental de bloques al azar, cada trampa representó una unidad experimental, y se realizaron 10 repeticiones por tratamiento. El periodo que duró esta evaluación fue de seis meses (jun-nov 2020). Los resultados obtenidos, se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), y posteriormente se realizó la prueba de separaciones múltiples de medias usando Tukey ($P \leq 0.05$), mediante software estadístico Infostat versión 2020e (Di Rienzo *et al.*, 2020).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En total se capturaron 1,465 individuos de *R. palmarum* (666 trampa negra, 427 roja y 372 amarilla), de los cuales se encontraron 978 hembras y 487 machos (proporción sexual 2:1, respectivamente). En los resultados se observaron diferencias estadísticas en la captura de insectos con las trampas, para el caso de machos ($F_{2, 717} = 17.67$; $P < 0.0001$), hembras ($F_{2, 717} = 10.61$; $P < 0.0001$) y el total ($F_{2, 717} = 17.12$; $P < 0.0001$) (Cuadro 1). Cada tipo de trampa difirió significativamente para el caso de los machos. Para hembras y el total, solo la trampa negra fue diferente de las demás.

Se ha demostrado que, otros curculiónidos del mismo género, específicamente en *R. ferrugineus* (el picudo rojo de la palma), tiene preferencia por los colores negro y rojo (Ávalos y Soto, 2015), tendencia que se evidencia también en este trabajo con *R. Palmarum*, pues fue la trampa que más capturas presentó; por lo tanto, con el simple hecho de pintar de estos colores las trampas, se podría incrementar la captura en ellas. La trampa negra, además del color, su diseño permite capturar vivos a los individuos y esto causa que los machos continúen liberando feromona, por lo que la atracción de la trampa puede potencializarse; también, representa una opción más ecológica al prescindir de agua e insecticida y además de que se puede fabricar con materiales reciclados. Respecto a la dinámica poblacional de la plaga en campo, falta mantener un ensayo de por lo menos uno o dos años, para tener información complementaria, aunque con esta información se puede sugerir que las poblaciones bajan en el periodo de lluvias.

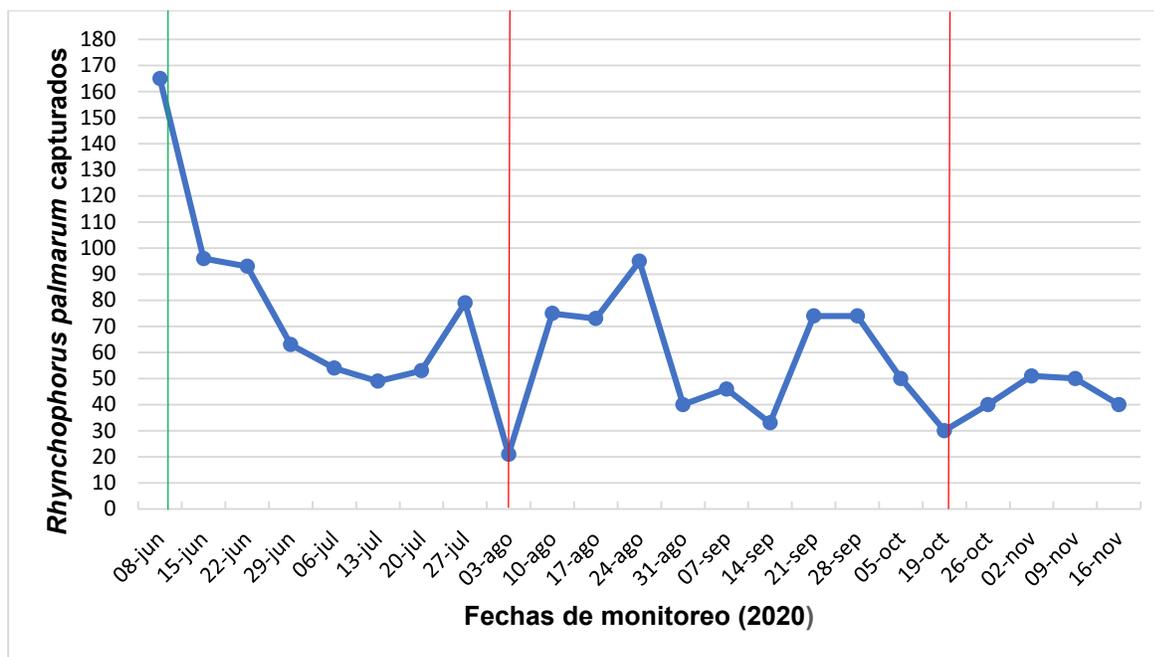


Figura 1. Capturas totales de *R. palmarum* a través del periodo de evaluación de las trampas. Las líneas rojas indican los cambios de feromona en las trampas y la verde el inicio de la temporada de lluvias.

Cuadro 1. Capturas de *Rhynchophorus palmarum* en tres tipos de trampa.

| Trampa | n | Capturas de <i>R. palmarum</i> (media±E.E) | | |
|----------|-----|--|-------------|-------------|
| | | Machos | Hembras | Total |
| Negra | 240 | 1.00±0.09 a | 1.78±0.14 a | 2.78±0.19 a |
| Roja | 240 | 0.64±0.08 b | 1.14±0.10 b | 1.78±0.15 b |
| Amarilla | 240 | 0.39±0.05 c | 1.16±0.10 b | 1.55±0.13 b |

*Tratamientos con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey $P \leq 0.05$).

CONCLUSIONES

La trampa negra resultó ser la más eficiente para capturar a *R. palmarum*, además de que no necesita agua o insecticida. El número de hembras capturadas fue el doble que de machos. La población de insectos en campo bajó a mediados de junio.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece a la empresa SiCar Farms por las facilidades brindadas para la realización de esta investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ávalos JA and Soto A. 2015. Study of chromatic attraction of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* using bucket traps. *Bulletin of Insectology* 68: 83-90.

Chinchilla CM y Oehlschlager AC. 1992. Comparación de trampas para capturar adultos de *Rhynchophorus palmarum* utilizando la feromona de agregación producida por el macho. *ASD Oil Palm Papers* 5: 9-14.

Di Rienzo JA, Casanoves F, Balzarini MG, Gonzalez L, Tablada M, y Robledo CW. 2020. InfoStat versión 2020e. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Rodríguez-Currea HJ, Marulanda-López JF, y Amaya C. 2017. Metodología de manejo de *Rhynchophorus palmarum* L. 1758 (Coleoptera: Curculionidae) a base de kairomonas, feromonas y semioquímicos en plantaciones de chontaduro (*Bactris gasipaes* (Arecaceae)) en Riosucio, Caldas. *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. Univ. Caldas*, 21: 59-67.

SIAP. 2019. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta 28/04/2020.

Sumano LD, Sánchez SS, Romero NJ, y Sol SÁ. 2012. Eficacia de captura de *Rhynchophorus palmarum* L. (Coleoptera: Dryophthoridae) con diferentes diseños de trampas en tabasco, México. *Fitosanidad* 16: 43-48.

Sección: Sanidad vegetal

CAPACIDAD DE CONSUMO DE ENEMIGOS NATURALES SOBRE EL PULGÓN AMARILLO DEL SORGO *Melanaphis sacchari* (HEMIPTERA: APHIDIDAE)

Rosaura Méndez-Pérez¹, Víctor Manuel Almaraz-Valle², Gonzalo Espinosa-Vásquez³, María Manjarrez⁴, Juan Eduardo Murillo-Hernández^{5*}

¹Departamento de Parasitología Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. ²Colegio de Postgraduados. Posgrado en Fitosanidad, Entomología y Acarología. ³Centro de Investigación Nacional Agropecuaria (CINNAGRO). ⁴Microbiology Laboratories Australia. ⁵CE Tecomán- CIRPAC- INIFAP

murillo.juan@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Melanaphis sacchari*, sorgo, enemigos naturales, control biológico.

INTRODUCCION

El cultivo de sorgo *Sorghum bicolor* (L) Moench es ampliamente distribuido en el mundo, presenta una producción de 58.8 millones de toneladas anualmente, donde Estados Unidos y Nigeria son los principales productores con una producción de 15.7 y 11.6% (respectivamente) a nivel mundial, mientras que en México los estados que sobresalen son Coahuila para sorgo forrajero y Tamaulipas como productor en sorgo de grano, este último con una superficie sembrada de 692 mil ha y una producción de 1.8 millones de toneladas (SAGARPA, 2018).

Como todo cultivo agrícola, el sorgo presenta problemas fitosanitarios como lo es el pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari*), esta plaga ocasiona daños directos que provocan clorosis, retraso en el crecimiento, coloración morada de las hojas, y como daño secundario se encuentra la formación de fumagina y pobre llenado del grano (Bowling *et al.*, 2016). En el año 2018, el gobierno federal a través del SENASICA, propuso distintas estrategias para el control de esta plaga, tales como control químico, control cultural, uso de variedades resistentes, uso de semillas certificadas y uso de enemigos naturales (SENASICA, 2018).

En el cultivo de sorgo se ha registrado una gran diversidad de depredadores, entre los cuales se encuentran los órdenes Diptera, Coleoptera, Hymenoptera, Neuroptera y Hemiptera (Bowling *et al.*, 2016; Almaraz-Valle *et al.* 2020), además se ha recomendado ampliamente el uso de *Chrysoperla carnea* en el programa de control biológico contra *M. sacchari* (SENASICA, 2018), sin embargo, se desconoce la interacción entre enemigos naturales con diferentes opciones de alimento, por lo que el objetivo del presente estudio fue evaluar la capacidad de consumo y preferencia de los diferentes enemigos naturales al encontrar dos presas en condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y METODOS

Cría de los depredadores

Se establecieron colonias de *Hippodamia convergens*, *Harmonia axyridis*, *Micromus posticus* y *M. subanticus*, las cuales fueron recolectadas en campo e invernadero sobre plantas de sorgo dentro de las instalaciones del colegio de postgraduados (CP), mientras que *Chrysoperla carnea* se obtuvo a partir de una colonia establecida en el laboratorio de Control Biológico del CP. Cada especie se colocó en recipientes plásticos de 15 x 15 x 30 cm, con ventilación en los laterales de 10 x 5 cm, a excepción de *C. carnea* quien se mantuvo en recipientes de PVC ($\Theta = 10$ cm x 30 cm de altura). Todas las especies se mantuvieron en condiciones controladas en dicho laboratorio a 25 ± 1 °C, 60 ± 10 % HR y un fotoperiodo de 12:12, a cada individuo se les proporcionó como alimento ninfas de *M. sacchari ad libitum* a larvas y adultos de todas las especies, excepto a los adultos de *C. carnea*, a estos se les proporcionó miel y levadura de cerveza en una proporción de 1:1. Esta investigación se inició utilizando huevos de no más de 6 h de edad para cada especie de depredador.

Arena experimental

La arena experimental constó de una caja Petri de 4.0 cm de diámetro, perforadas en la tapa y selladas con tela de organdí para permitir la ventilación, al fondo se colocaron 2.0 mL de agar (1.7gr/100mL de agua destilada), y sobre este se colocó un disco de hoja de sorgo de 4.0 cm de diámetro.

Consumo de depredadores sobre *Melanaphis sacchari*

Se evaluaron siete tratamientos, los cuales fueron larvas de tercer ínstar (L3) de *C. carnea*; larvas de cuarto ínstar (L4) de *H. convergens*, y adultos de *H. convergens*, *H. axyridis*, *M. posticus* y *M. subanticus* bajo un diseño completamente aleatorio con siete repeticiones para cada tratamiento. A cada arena experimental se transfirieron 150 pulgones de tercero y cuarto estadio ninfal de *M. sacchari*. Una vez establecidos los pulgones dentro de la arena experimental, se introdujo un depredador con un ayuno previo por 24 h.

Las evaluaciones se realizaron a las 24 horas después del establecimiento del estudio, en el cual se retiraron los depredadores y se registró el número de presas consumidas (aquellas que presentaron evidencia de depredación o se encontraban sin movilidad).

Análisis estadístico

El análisis estadístico utilizado fue ANOVA y se aplicó una prueba de separación de medias con Tukey ($\alpha = <0.05$), con previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza.

RESULTADOS Y DISCUSION

El consumo de los depredadores a 24 h sobre el pulgón amarillo del sorgo *M. sacchari* varió significativamente entre ellos ($F_{6, 42} = 77.02$; $P \leq 0.001$), las larvas de *C. carnea* y *H. convergens* presentaron un consumo de 112.7 y 99.7 de ninfas de *M. sacchari* respectivamente, seguidos por adultos de *H. convergens* y *H. axyridis* (81.1 y 70.1, respectivamente) y por último las larvas de *M. posticus* con 47.1 y *M. subanticus* con 36.9 ninfas consumidas de *M. sacchari* (Figura 1).

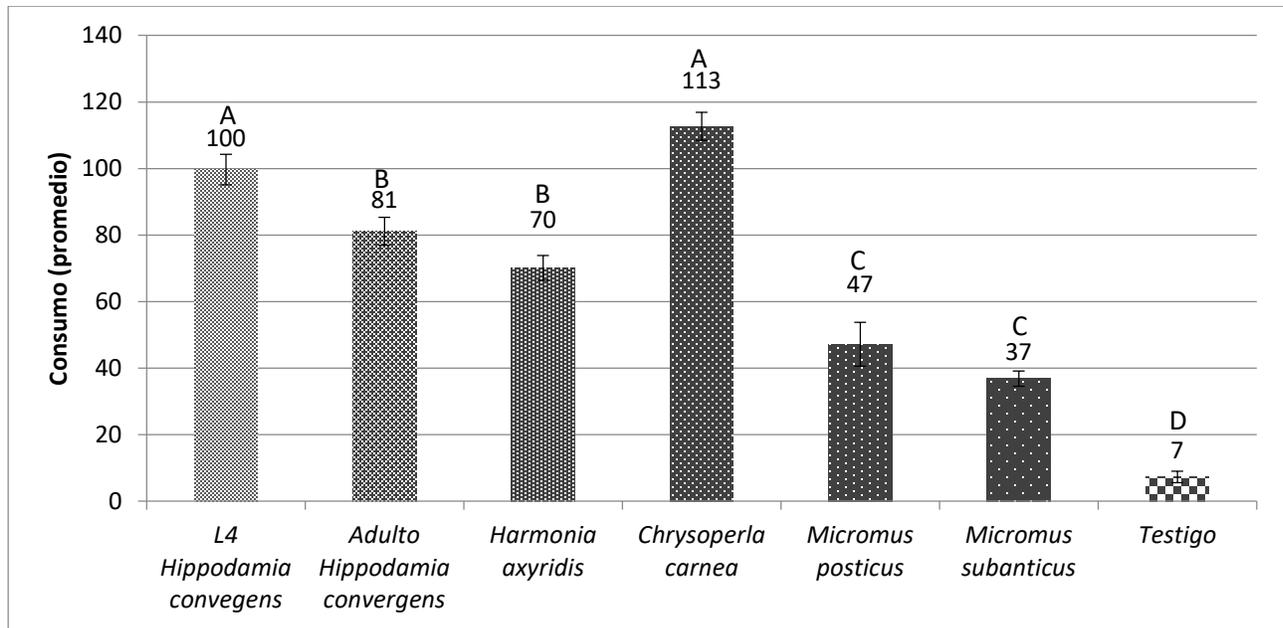


Figura 1. Número de áfidos de *Melanaphis sacchari* consumidos en 24 h por diferentes enemigos naturales. Letras iguales indican que no hay diferencia significativa con Tukey ($\alpha=0.05$). L4: larvas de cuarto ínstar.

Las larvas de tercer ínstar de *C. carnea* y *H. convergens* son las que presentaron un mayor consumo de áfidos cuando se expusieron únicamente a estos, este consumo fue superior a los reportados sobre otras presas como huevos de *Trialeurodes vaporariorum* Westwood, 1856 (Hemiptera: Aleyrodidae) (Landeros *et al.*, 2013), huevos de *Pieris brassicae* Linnaeus, 1758 (Lepidoptera: Pieridae) y sobre *Brevicoryne brassicae* Linnaeus, 1758 (Hemiptera: Aphididae) (Huang y Enkegaard, 2010), sin embargo, aunque los hemeróbidos presentaron un menor consumo en su estado larval, cabe mencionar que estos organismos están descritos como depredadores no solamente en su estado larval como *C. carnea*, sino que también consumen presas durante su estado adulto.

CONCLUSION

Los depredadores con mayor consumo fueron las larvas de *C. carnea* y *H. convergens* con 112.7 y 99.7 ninfas de *M. sacchari* (respectivamente), seguidos por adultos de *H. convergens* y *H. axyridis* y finalmente las larvas de *M. subanticus* y *M. posticus*.

Este trabajo muestra el potencial de consumo de los hemeróbidos, así como larvas y adultos de *H. convergens* sobre el consumo del pulgón, por lo que podrían tener un papel importante en programas de control biológico por aumento al interactuar preferentemente con la presa y no con los enemigos naturales (lo que incluye su misma especie), por lo que se recomienda tomar en cuenta para futuros trabajos en campo sobre el pulgón amarillo *M. sacchari*.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Se agradece a la Universidad Autónoma Chapingo por la beca de manutención que otorgó al primer autor y al Colegio de Postgraduados por las instalaciones facilitadas y los recursos económicos para realizar este estudio.

LITERATURA CITADA

- Almaraz-Valle, V. M., Lomeli-Flores, J. R., Rodríguez-Leyva, E., Vázquez-Navarro, J. M., & Vanegas-Rico, J. M. (2020). Two new species of brown lacewings as predators of *Melanaphis sacchari* in Central Mexico. *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 36(1), 64-69.
- Bowling, R., Brewer, M., Kerns, D., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N., Buntin, G., Way, M., Royer, T., Biles, S. and E. Maxson. 2016. Sugarcane Aphid (Hemiptera: Aphididae): A New Pest on Sorghum in North America. *Journal Integrated Pest Management* 7: 1-13.
- Huang, N., & Enkegaard, A. (2010). Predation capacity and prey preference of *Chrysoperla carnea* on *Pieris brassicae*. *BioControl*, 55(3), 379-385.
- SENASICA (2018) Estrategia operativa del programa fitosanitario contra el pulgón amarillo del sorgo. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria 2-3 pp.
- SAGARPA. 2018. Atlas agroalimentario 2012-2018. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) 138-141 pp. Disponible en https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018; consultado el 06 de Mayo de 2019.

Sección: Sanidad vegetal

CEBOS Y TRAMPAS PARA EL MONITOREO DE *DROSOPHILA SUZUKII* Y *ZAPRONIUS INDIANUS* (DIPTERA: DROSOPHILIDAE) EN HUERTAS DE HIGO EN MORELOS.

Liliana Arios-Caro 1, Víctor López-Martínez 1,* , Iran Alia-Tejacal 1, Dagoberto Guillén-Sánchez² y Porfirio Juárez-López 1

1 Posgrado en Ciencias Agropecuarias y Desarrollo Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos (UAEM), Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa, 62209, Cuernavaca, Morelos; lilianaarios@gmail.com; victor.lopez@uaem.mx; iran.alia@uaem.mx; porfirio.juarez@uaem.mx

2 Escuela de Estudios Superiores de Xalostoc, UAEM, Av. Nicolás Bravo s/n, Parque Industrial Cuautla, Xalostoc, Ayala, 62740, Morelos, México; dagoguillen@yahoo.com

victor.lopez@uaem.mx

Palabras clave: higo, *Drosophila suzukii*, *Zaprionus indianus*.

Introducción

El cultivo de la higuera se encuentra distribuido en las regiones de clima templado y en algunas regiones tropicales y su gran rusticidad ha permitido su cultivo en la mayor parte de los suelos subtropicales (González *et al.* 2011). A nivel mundial, la superficie cultivada de higuera supera las 376,100 ha, con producción estimada de 1, 064,400 ton. Actualmente, Turquía es el país con mayor producción en el mundo, con volumen de producción de 260,508 ton en 2011 (FAOSTAT 2020). En México la superficie sembrada de este cultivo en 2018 fue de 1357 ha, con producción total de 7700 ton y valor estimado de 169 millones de pesos. Las áreas de producción más importantes se encuentran en el estado de Morelos (SIAP 2020) Sin embargo, dos especies de Drosophilidae (Insecta: Diptera) afectan la calidad y el movimiento comercial de la fruta, de manera reciente Bautista *et al.* (2017), reportaron la presencia en huertos comerciales de higo en Morelos a *Drosophila suzukii* Matsumura y *Zaprionus indianus* Gupta. Estas son plagas devastadoras de frutas de epicarpio delgado (Asplen *et al.* 2015). El objetivo de este trabajo fue Evaluar la efectividad de trampas y cebos alimenticios comerciales en la captura de especies de adultos Drosophilidae (Insecta: Diptera) de importancia económica en el cultivo de higo.

Materiales y métodos

El trabajo se realizó en huertos comerciales de higo, variedad Black Mission, cultivadas en Ayala, Morelos, se utilizaron tres tipos de trampas: dos comerciales, Multilure® (Ferommis, México) y Pherocon™ SWD (Trécé, Inc., Estados Unidos) y una de elaboración artesanal. Las trampas artesanales se elaboraron con botes de plástico de un litro con tapa, se realizaron 10 orificios de 4mm, alrededor del contenedor, dejando un espacio de 15 cm, para drenar el líquido y se pintaron de color rojo en la mitad de los botes [22]. Como atrayentes se utilizaron Suzukii Trap® (Bioibérica, España), Pherocon SWD® doble-señuelo (Ferommis, México). Para el caso del atrayente líquido (Suzukii Trap®) en cada trampa se colocaron 250 ml, mientras que para Pherocon SWD® doble-señuelo se coloca agua jabonosa al 5 % como medio de retención. Se analizaron dos factores, tipo de trampa (tres niveles) y atrayente (dos niveles), la combinación de ambos factores produjo seis tratamiento el diseño experimental fue en bloques completamente al azar, cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. La revisión de las trampas fue semanal. En cada fecha de muestreo los tratamientos fueron aleatorizados, para evitar cualquier sesgo posicional dentro de los bloques. La separación entre trampas fue de 20 m y entre bloques de 30 m. Los datos se sometieron a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianza por especie, posteriormente se realizó la comparación de medias por tratamiento (ANOVA), y en donde se registraron diferencias significativas se aplicó la prueba de Fisher ($\alpha= 0.05$). En el segundo muestreo los datos fueron transformados, con ($\sqrt{X +0.5}$) para normalizar la distribución y homogeneizar las variaciones antes del análisis.

Resultados y discusión.

Se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos donde la combinación trampa Artesanal+Pherocon SWD® doble-señuelo supero el resto de los tratamientos, obteniendo un promedio mayor de numero de moscas capturadas por especie, capturando 1814 especímenes de *Z. indianus* más que *D. suzukii* (figura 2 y 3), sin embargo el tratamiento más efectivo para las captura de *D. suzukii* fue Multilure®+Suzukii Trap® capturando 98 especímenes en seis semanas que las trampas estuvieron expuestas para *Z. indianus*, la mayoría de los tratamientos calcularon niveles de población similares, con al menos un pico poblacional; sin embargo, la trampa artesanal + SWD® presentó el pico mayor en la segunda semana del estudio, con nivel calculado 2.5 veces superior que lo calculado por el resto de tratamientos (Figura 2B).

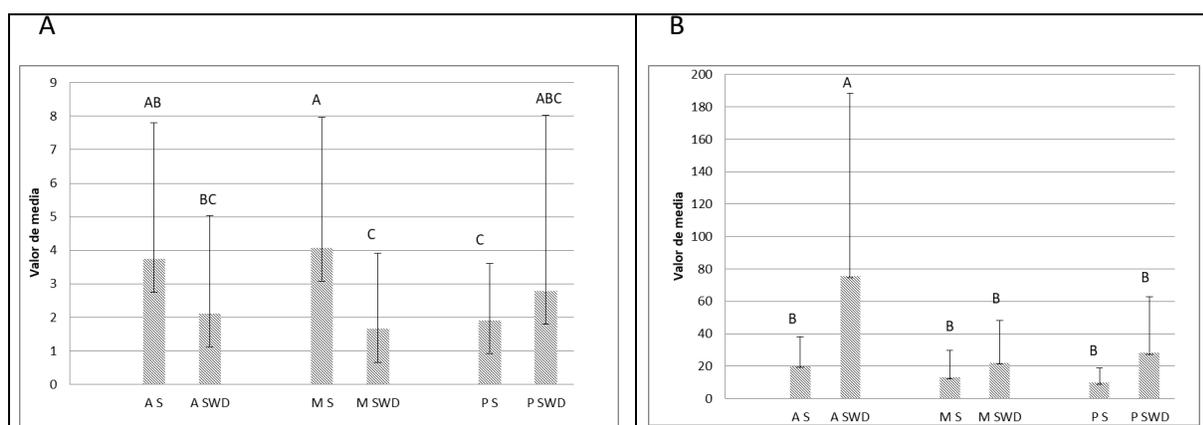


Figura 1. Capturas de adultos de *Drosophila suzukii* (A) y *Zapronius indianus* (B) en trampas con distintos cebos alimenticios en higo, México (noviembre-diciembre 2018) AS: trampa artesanal+ Suzukii® trap; ASWD: trampa artesanal + SWD®; MS: trampa Multilure® + Suzukii® trap; MSWD: trampa Multilure® + SWD®; PS: trampa Pherocon® + Suzukii® trap; PSWD: trampa Pherocon® + SWD®.

Conclusiones

Drosophila suzukii y *Zapronius indianus* son consideradas plagas invasivas bajo las condiciones de producción de higo en Morelos, cualquiera de las trampas aquí estudiadas son adecuadas para la colecta de *D. suzukii*; mientras que para *Z. indianus* la mejor es la trampa artesanal. *Drosophila suzukii*, fue atraída principalmente por el cebo suzukii trap, sin importar la trampa utilizada, sin embargo para *Zapronius indianus* el mayor tratamiento para su captura fue el tratamiento de trampa Artesanal + SWD® doble señuelo, debido al tamaño de los orificios ya que permite su fácil entrada a la trampa.

Agradecimientos y fuente financiera

El autor principal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico otorgado para la realización de mis estudios de doctorado en la Universidad Autónoma del Estado de Morelos y a los productores de higo de Ayala Morelos, México.

Referencias bibliográficas

González R. A; Grajal M. M. Higuera de Canarias Caracterización Instituto Canario de Investigaciones Agrarias morfológica de variedades, 2011, 126 pp

FAOSTAT. FAO database (Food and Agriculture Organization). 2013 <http://faostat.fao.org/> (fecha de acceso 28 Octubre 2018).

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. 2018, Available from: http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola/ (accessed 2 Diciembre 2018).

Bautista M. N; Illescas, R. C.P; Lopez B.E; Velazquez M.L.J; Garcia A. C.J; Presence of Drosophilidae (Diptera: Ephydroidea) flies associated with fig fruits in Morelos, Mexico, Source: Florida Entomologist, 2017, 100(4):813-816. Published By: Florida Entomological Society.

Asplen, M. K; Anfora, G., Biondi, A; Choi, D. S., Chu, D; Daane, K. M; Isaacs, R. Invasion biology of spotted wing Drosophila (*Drosophila suzukii*): a global perspective and future priorities. Journal of Pest Science, 2015, 88(3), 469-494.

Sección: sanidad vegetal

ESPECIES DE LARVAS DE LEPIDÓPTEROS BARRENADORES Y ESTIMACIÓN DE SUS DAÑOS EN FRUTOS DE *Macadamia integrifolia* EN GUATEMALA

Guillermo López-Guillén¹, John W. Brown², Jaime Gómez Ruiz³, Leopoldo Cruz-López³, Mark A. Metz², Alma Solís², Rafaela López Díaz³

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Rosario Izapa, Tuxtla Chico, Chiapas, C. P. 30780, México. ²Systematic Entomology Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, National Museum of Natural History, P.O. Box 37012, Washington, DC 20013-7012, U.S.A. ³Grupo Académico Ecología de Artrópodos y Manejo de Plagas, Departamento de Agricultura, Sociedad y Ambiente, El Colegio de la Frontera Sur, Tapachula, Chiapas, C. P. 30700, México. lopez.guillermo@inifap.gob.mx.

PALABRAS CLAVE

Macadamia, *Gymnandrosoma aurantianum*, plagas de macadamia.

INTRODUCCIÓN

La macadamia, *Macadamia integrifolia* Maiden and Betche (Proteaceae), se cultiva en 68 países, de los cuales los principales productores en orden de prioridad son Sudáfrica, Australia, Kenia, China, Estados Unidos, Guatemala, Malawi, Brasil y otros (INC, 2018). En Guatemala, el cultivo de macadamia se introdujo en el año 1971, y se estima que a la fecha existen 10, 000 ha sembradas en 350 fincas, con una población total de más de 1.2 millones de árboles y una producción anual cercana a 4.150 t (INC, 2018; SAMAC, 2018; CRS, 2014; Robledo y Escamilla, 2004). La macadamia, se considera entre los cultivos más importantes del país centroamericano y se siembra de manera intercalada con café en 90% de las plantaciones, cuyas altitudes oscilan entre 600 y 1,600 m (ANACAFÉ, 2004).

En Centroamérica, específicamente en Costa Rica, se ha reportado un complejo de 34 especies de insectos fitófagos asociados al cultivo de macadamia (Coto, 1999; Masís y Soto-Manitú, 1992). Entre, los insectos considerados como plagas de la macadamia en Costa Rica, se incluyen a *Antiteuchus tripterus* L., *Nezara viridula* (L.), *Loxa* sp. (Hemiptera: Pentatomidae), *Hyalymenus tarsatus* (Fabricius) (Heteroptera: Alydidae) y *Gymnandrosoma aurantianum* (= *Ecdytolopha torticornis*) Lima (Lepidoptera: Tortricidae) (Coto, 1999). En Guatemala hasta la fecha no existen registros de insectos plaga del cultivo de macadamia, a pesar de la importancia del cultivo.

Desde la década de los 80s se han observado frutos de macadamia con perforaciones en fincas con macadamia en Guatemala, en cuyo interior existen larvas de Lepidoptera que se alimentan de la nuez y merman el rendimiento de manera significativa. A pesar de las pérdidas económicas ocasionadas por el insecto, no se conocen las especies que ocasionan el daño en frutos de *M. integrifolia*, así mismo, no se tienen estimaciones de sus daños. El objetivo de este trabajo fue reportar las especies de insectos barrenadores asociados a las perforaciones en frutos de macadamia, así como sus daños en distintas fincas de Guatemala.

MATERIALES Y MÉTODO

Material biológico para identificación. Se hicieron monitoreos en cultivos de *M. integrifolia* en Guatemala para recolectar frutos de color verde perforados por larvas de lepidópteros, tanto en las ramas como en el suelo. Las recolectas se hicieron en las Fincas Meridiano (N 14° 50' 12''; O 91° 54' 40'', 963 m), Nueva Granada (N 14° 50' 51''; O 91° 54' 23'', 1043 m) y Monte Cristo (N 14° 50' 53''; O 91° 33' 55'', 1253 m), municipio del Tumbador, San Marcos; así, como la Finca Buena Vista (N 14° 57' 53''; O 91°59' 49'', 672 m), municipio de San Pablo, San Marcos y Finca Patzulín (N 14° 40' 33''; O 91° 34' 33'', 877m), municipio de El Palmar, Quetzaltenango. Los frutos perforados que se recolectaron, se llevaron al laboratorio de Control Biológico de la Finca Buena Vista para esperar la emergencia de adultos. Se colocaron al menos 10 frutos perforados de cada uno de los sitios de recolecta en frascos de plástico de 4 L, los cuales se taparon con tela organdí y contenían una capa de 8 cm de aserrín como sustrato de pupación. Se prepararon al menos cinco frascos con frutos de cada sitio debidamente etiquetados. Los frascos con frutos perforados, se colocaron en cajas de cartón y se mantuvieron a temperatura de 25±2 °C y 80±5% de humedad relativa. Las muestras se revisaron diariamente y los adultos emergidos, se depositaron en una cámara letal con acetato de etilo durante 1 min y se montaron inmediatamente con alfileres entomológicos para su identificación por medio de las claves taxonómicas propuestas por Adamski y Brown (2001). Los especímenes fueron depositados como “voucher” en National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington, D.C., Estados Unidos y en la Colección de Insectos de El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Tapachula (registro SEMARNAT CHIS-INV-133-09-02, acrónimo ECO-TAP-E).

Estimación de daños en campo. Los frutos dañados en las fincas Nueva Granada, Monte Cristo y Meridiano incluyeron muestras de las siguientes variedades de macadamia: Caro, Kakea, Keaau, Ikaika, Kau y otros clones regionales (M 4 y Clon 2). En las tres fincas, se muestrearon 100, 80 y 40 árboles de macadamia, respectivamente. Los frutos caídos se recolectaron del área debajo del dosel de cada árbol. Además, se inspeccionaron los frutos del tercio inferior de cada árbol. Los frutos dañados se recolectaron, se colocaron en bolsas plásticas y se llevaron al laboratorio de la finca Buena Vista para su procesamiento y registro de datos. En total, se realizaron cuatro series de muestreo entre julio y septiembre de 2017.

Estimación de daños en beneficio. El porcentaje de frutos dañados por lepidópteros barrenadores, se estimó por medio de muestras de 100 Lb que contenían frutos de macadamia recolectados en la planta de procesamiento de la finca Nueva Granada en dos fechas. Los frutos se seleccionaron al azar y se colocaron en un recipiente con agua para separar los frutos sanos de los dañados. Se registró el número de frutos dañados por barrenadores en un formato preestablecido.

Análisis estadístico. El número de lepidópteros emergidos, el daño en frutos de cada variedad observado en el campo y el daño en frutos observados en el beneficio, se calcularon como porcentajes utilizando el software Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Insectos identificados. En el laboratorio, emergieron un total de 220 palomillas de 1,614 frutos de macadamia dañados. El 57.27% de las palomillas se identificó como *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae), el 41.36% como *Catarata* sp. (Lepidoptera: Depressariidae) y 1.36% como *Deoclona* sp. (Lepidoptera: Autostichidae).

Daño de frutos en muestras de campo. En el Cuadro 1, se muestra el porcentaje de frutos dañados por larvas de lepidópteros barrenadores en las fincas Meridiano, Nueva Granada y Monte Cristo: 13,70%, 13,41% y 15,92%, respectivamente. El mayor porcentaje de daño se observó en la finca Montecristo sobre la variedad de macadamia Ikaika.

Daños de frutos en beneficio. El porcentaje de frutos dañados por larvas de lepidópteros barrenadores en las muestras tomadas en el beneficio de la finca Nueva Granada fue de 9.27 y 13.29%, respectivamente (Cuadro 2).

Cuadro 1. Porcentaje de frutos dañados por larvas de lepidópteros barrenadores en cultivos de macadamia en Guatemala.

| Finca | Variedad | Porcentaje de frutos dañados en cada fecha (%) | | | |
|---------------------|----------|--|-------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Finca Meridiano | Caro | 20.59 | 11.83 | 15.51 | 11.95 |
| | Takea | 12.97 | 9.59 | 10.31 | 16.85 |
| Finca Nueva Granada | Keaau | 13.22 | 7.80 | 8.81 | 17.75 |
| | Ikaika | 5.33 | 4.34 | 5.6 | 21.66 |
| | Takea | 12.75 | 20.81 | 11.89 | 21.74 |
| | Kau | 14.12 | 13.44 | 18.00 | 14.36 |
| | Keauhou | - | - | 8.79 | 19.47 |
| Finca Monte Cristo | Takea | 7.06 | 18.55 | 6.53 | 15.00 |
| | M4 | 17.12 | 19.91 | 22.23 | 20.36 |
| | Clon2 | 8.25 | 15.66 | 9.59 | 15.61 |
| | Ikaika | 26.35 | 21.59 | 16.37 | 14.51 |

Fecha de muestreo: 1 = 18 de julio de 2017; 2 = 25 de agosto de 2017; 3 = 14 de agosto de 2017; y 4 = 6 de septiembre de 2017.

El porcentaje de frutos dañados por larvas de lepidópteros barrenadores en las fincas monitoreadas en Guatemala fue del 14.34%. Este porcentaje es similar al reportado en Costa Rica, donde se documentó que las larvas de *G. aurantianum* dañan entre el 16% y el 39% de los frutos de macadamia (Blanco-Metzler *et al.* 1992). Este es el primer reporte de *G. aurantianum*, *Deoclona* sp. y *Catarata* sp. ocasionando daños en frutos de *M. integrifolia* en Guatemala, y en el caso de la segunda y tercera especie, es el primer reporte en el mundo. *Gymnandrosoma aurantianum* previamente ha sido reportado como una plaga de macadamia en Costa Rica, Colombia, Perú, Venezuela, Ecuador y Brasil, donde causa pérdidas económicas significativas (Noboa *et al.*, 2018; Blanco-Metzler *et al.*, 1992). Las especies de *Deoclona* relacionadas con *D. yuccasella* Busck, se encuentran actualmente en revisión y los límites precisos del género no se han resuelto (Busck, 1939). El género *Catarata* comprende actualmente tres especies, todas de Centroamérica: *C. lepisma* Walsingham, *C. obnubila* Busck y *C. stenota* Walsingham; se desconoce la información biológica sobre estas especies. Las especies que pertenecen a la familia Depressariidae son diversas y necesitan una revisión taxonómica antes de sacar conclusiones significativas sobre sus hábitos alimenticios (Mertz, 2020; comentario personal).

De acuerdo con las especies de lepidópteros barrenadores identificadas y la estimación de sus daños en macadamia, es necesario realizar estudios sobre bioecología y comportamiento de las dos especies más abundantes de lepidópteros identificadas para sugerir medidas de manejo integrado, las cuales deben estar acorde con las condiciones agroecológicas en Guatemala, dichas medidas deben priorizar métodos de muestreo, umbrales de acción, y control biológico y etológico.

Cuadro 2. Porcentaje de frutos de macadamia dañados por larvas de lepidópteros barrenadores en 100 Lb de frutos en el beneficio de la finca Nueva Granada, San Marcos, Guatemala.

| Fecha de muestreo | Número de frutos muestreados en 100 Lb | % de frutos dañados |
|----------------------|--|---------------------|
| 18 de julio de 2017 | 5401 | 9.27 |
| 9 de febrero de 2018 | 6428 | 13.29 |

CONCLUSIONES

Se identificaron tres especies de palomillas: *G. aurantianum*, *Catarata* sp. y *Deoclona* sp, las cuales dañan hasta 14.34% de frutos en fincas de Guatemala. *Gymnandrosoma aurantianum* fue la especie más abundante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adamski, D. and J. W. Brown. 2001. Systematic revision of the Ecdytoplopha group of genera (Lepidoptera: Tortricidae: Grapholitini) in the New World. Entomologica Scandinavica Supplement 58: 1-86.
- ANACAFÉ (Asociación Nacional de Café). 2004. Cultivo de macadamia. Guatemala, Guatemala. 18 p.
- Blanco-Metzler, H., A.D. Watt, P. Shannon. 1992. Dynamics of macadamia nut damage by *Ecdytoplopha torticornis* (Lep: Tortricidae) and parasitism by *Apanteles* spp. In: Individuals, Patterns, and Populations (Norewich, England, 7-10 September, 1992).
- Busck, A. 1939. Un lepidóptero nuevo que perjudica el níspero en la Argentina (Familia Gelechiidae). Anales de la Sociedad Científica Argentina 127: 361-365.
- Coto, D. 1999. Insectos plaga de macadamia en la zona atlántica de Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica), No. 52: 74-79.
- CRS (Catholic Reliefs Services). 2014. Rapid Economic Feasibility Study in Guatemala: Cardamom | Cinnamon | Macadamia Nut | Nutmeg. Final Report, Catholic Reliefs Services, Baltimore, Estados Unidos. 52 p.
- INC (International Nut and Dried Fruits Council). 2018. Nuts and Dried Fruits. Statistical Yearbook 2017/2018. Reus, Spain, 76p.
- Masís, C. E. y J. Soto-Manitíu. 1992. Insectos asociados a *Macadamia integrifolia* en Costa Rica. Agronomía Costarricense 16: 137-138.
- Noboa, M., L. Medina, and W. Viera. 2018. First report of *Gymnandrosoma aurantianum* (Lepidoptera: Tortricidae) in mandarin (*Citrus reticulata*) in the inter-Andean valleys of Ecuador. Florida Entomologist 101: 699-701.
- Robledo-Martínez JD, Escamilla-Prado E. (2004). Diagnóstico y evaluación de macadamia (*Macadamia* spp) en el Centro de Veracruz. Geografía Agrícola 20: 143-157.
- SAMAC (Macadamias South Africa NPC). 2018. Statistics on the southern African macadamia industry. <https://www.samac.org.za/industry-statistics-southern-african-macadamia-industry/> (consultado el 25/06/2021).

SECCIÓN: Sanidad vegetal.

***Metarhizium* sp. CONFIERE PROTECCIÓN CONTRA *Fusarium* EN PLANTAS DE MAÍZ: DE ENTOMOPATÓGENO A COLONIZADOR DE TEJIDOS VEGETALES**

Ismael Fernando Chávez-Díaz^{1*}, Lily X. Zelaya-Molina¹, Gabriela Sandoval-Cancino², Ramón Ignacio Arteaga Garibay¹.

¹ Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos, CNRG-INIFAP; ² Laboratorio Agrícola Forestal Sección Cultivo *in vitro*, CNRG-INIFAP.

*chavez.fernando@inifap.gob.mx; refzaid@hotmail.com

Palabras clave: Control biológico, Competencia, mecanismos directos.

INTRODUCCIÓN

El maíz es el segundo cereal de mayor importancia en cuanto a su contribución para mantener la seguridad alimentaria global. El rendimiento de este cultivo se ve limitado a causa de diversas especies fúngicas del género *Fusarium*, las cuales causan graves pérdidas económicas. Es ampliamente reconocido que los complejos de especies de *F. fujikuroi* (FFSC), *F. oxysporum* (FOSC), *F. sambucinum* (FSSC) y *F. solani* (FSoSC), son agentes causales de enfermedades como pudriciones de plántula, raíz, corona, tallo y mazorca del maíz (Fingstag *et al.*, 2019). En México se han reportado más de 20 especies diferentes de *Fusarium* causantes de estas infecciones (Leyva-Madrigal *et al.*, 2015). A pesar de los esquemas de manejo integrado para su control, continúan como una amenaza para la producción de este cultivo.

Los hongos de control biológico han mostrado ser altamente resilientes para prevalecer como antagonistas naturales de hongos fitopatógenos y plagas insectiles en los agroecosistemas. Diversos estudios dirigen sus esfuerzos hacia la búsqueda, recolección, conservación y utilización de estos hongos. De acuerdo con las características expresadas por estos, se clasifican en promotores de crecimiento, controladores biológicos de enfermedades, de malezas o de plagas, como es el caso del entomopatógeno *Metarhizium* sp. A pesar de ser un entomopatógeno altamente efectivo, nuestro grupo de investigación, en estudios previos, observó la capacidad de una cepa de este género para limitar el crecimiento de una cepa altamente virulenta de *F. graminearum* CMCNRG463 (*Fg463*) *in vitro*. El objetivo de esta investigación se centró en evaluar la capacidad de *Metarhizium* sp. CMCNRG611 (*Me611*) para proteger plántulas de maíz contra *Fg463*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon suspensiones de conidios de cada hongo (10^4 conidios/mL). Se sembró una alícuota (50 μ L) de suspensión de conidios en una placa Petri conteniendo Agar Agua (AA). Cada hongo se sembró por separado, y se sembró una alícuota con la combinación de ambos hongos; los testigos constaron de una alícuota de agua estéril. Las alícuotas se dejaron secar y posteriormente se colocaron 4 semillas de maíz cónico previamente desinfectadas con gas cloro en el borde de cada caja rodeando el sitio en donde se colocaron las alícuotas. Después de 2 semanas de incubación a 28°C, se calculó un índice de germinación como respuesta fisiológica a la inoculación con los hongos con base al porcentaje de semillas germinadas sin inocular mediante la fórmula $RG = \text{Log}_e(SI/SC)$, en donde RG: radio de germinación, SI: porcentaje de semillas inoculadas germinadas, SC: porcentaje promedio de semillas control germinadas. Se evaluó el daño a los tejidos de la planta mediante una escala de severidad y el umbral de patogenicidad se determinó mediante la siguiente escala: 0= sin síntomas, 1= $\leq 3\%$ de raíces cubiertas con puntos necróticos, 2= 4%-10% de tejido radical cubierto con lesiones necróticas de color café claro, 3= 11%-15% de raíces cubiertas con lesiones necróticas, 4= 16%-20% de la plántula con lesiones necróticas en rayas finas, 5= 21%-30% de la plántula cubierta con rayas necróticas, 6= $\geq 30\%$ de la plántula cubierta con rayas necróticas coalescentes; se consideró enfermedad cuando las plantas sobre pasaron el grado 3 de severidad. Las plántulas obtenidas se desinfectaron con NaCl al 3% y etanol al 70%, y el tejido interno de raíces, reminiscencias de semillas y la corona se sembró sobre agar papa-dextrosa (PDA), se incubó durante 7 días y se calculó el porcentaje de colonización por tejido. La unidad experimental constó de 4 semillas con cuatro replicas, el experimento se realizó por duplicado y los datos se analizaron en conjunto. Los datos

obtenidos se sometieron a pruebas de homogeneidad y normalidad, seguidos de un análisis de varianza y una prueba de separación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) usando el programa SAS 9.3 para Windows.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta fisiológica de semillas de maíz ante la inoculación con hongos. Las semillas inoculadas con *Me611* y con la combinación de *Me611+Fg463* respondieron de forma significativamente favorable (Tukey $P \leq 0.05$) se observaron incrementos de 6.25% y 7.75% en el porcentaje de germinación, respectivamente. No obstante, las semillas inoculadas con *Fg463* fueron incapaces de germinar debido a la pudrición causada por el fitopatógeno con reducción en el porcentaje de germinación un 51.5% (figura 1). Estos resultados permiten deducir que la presencia de *Me611* en las semillas, interviene de alguna manera con el actuar deletéreo de *Fg463*, y al mismo tiempo, la interacción entre ambos hongos, estimula la germinación de las semillas de maíz cónico.

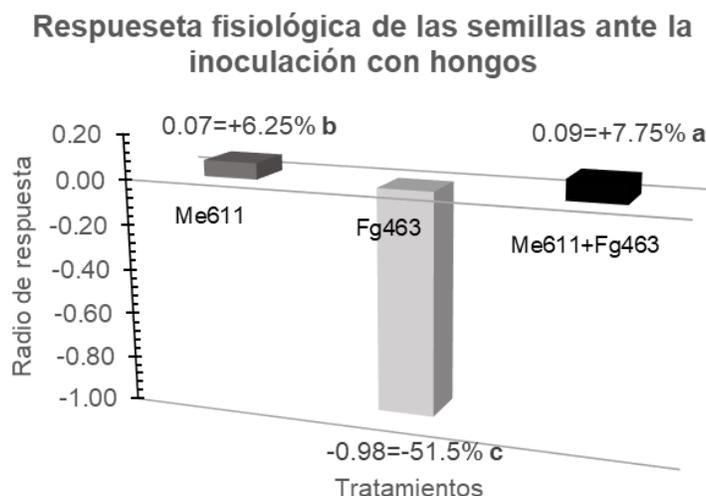


Figura 1. Germinación de semillas de maíz cónico como respuesta fisiológica ante la inoculación con *Me611* y *Fg463*. Cada barra representa la media de 8 observaciones. Las barras con la misma letra no son significativamente diferentes (Tukey $P \leq 0.05$). *Me611*: *Metarhizium* sp. CMCNRG611; *Fg463*: *Fusarium graminearum* CMCNRG463; *Me611+Fg463*: combinación de ambos hongos.

Grado de protección conferida por *Me611* ante la presencia de *Fg463*. Las plántulas emergidas de semillas inoculadas sólo con *Fg463* se observaron enfermas con 4.81 grados de severidad. Tanto el control como las plantas inoculadas con *Me611* y con la combinación de hongos se mostraron sanas, no obstante, se observaron pequeñas lesiones necróticas sumando una puntuación de 1 (*Me611*) y 1.3 (*Me611+Fg463*) grados de severidad (figura 2). La valoración mediante la escala permite visualizar claramente que *Me611* confiere protección a las semillas y plántulas de maíz evitando que se desarrolle la enfermedad causada por *Fg463*. Los puntos necróticos observados en las plántulas en la presencia de *Me611* pueden deberse a que todos los hongos utilizan los mismos mecanismos de entrada a las plantas, por lo que estas responden mediante una respuesta de hipersensibilidad. Los puntos necróticos en las plántulas inoculadas con los tratamientos *Me611* y *Me611+Fg463*, resultan ser respuesta natural de la planta, en tanto que las observadas en las plántulas inoculadas sólo con *Fg463* se relacionan a la expresión de la enfermedad.

Colonización de tejidos de plántulas inoculadas con *Me611* y *Fg463*. Al inocularse por separado, se observó que *Fg463* colonizó en mayor medida la corona de las plántulas, por su parte, la colonización por *Me611* fue relativamente baja en comparación con *Fg463* y dirigiéndose en mayor medida hacia la reminiscencia de la semilla. Al inocularse en conjunto, se observó que *Me611* colonizó la planta en mayor medida a diferencia de cuando se inoculó por separado, también se observó que el tejido con mayor grado de colonización por este hongo fue la corona. Paralelamente, la capacidad de colonización de *Fg463* se redujo y se observó una mayor presencia en las raíces (figura 3). A pesar de que *Me611* colonizó en menor medida los tejidos de la planta, es claramente apreciable que la presencia de este interfiere con la capacidad patogénica de *Fg463*, por lo que la enfermedad no se expresa en este caso. Los resultados de esta evaluación permiten observar que la corona es un tejido clave para que ocurra la expresión de enfermedad.

Esto se debe a que este es un tejido en el que la planta transloca los nutrientes de las raíces hacia la parte aérea por lo que la presencia de fitopatógenos como *Fg463* intervienen con este proceso fisiológico. En este estudio, la capacidad protectora observada en plantas de maíz cónico puede deberse entonces, a que *Me611* se ve estimulado a colonizar la corona de la planta en mayor medida, ante la presencia de *Fg463*.

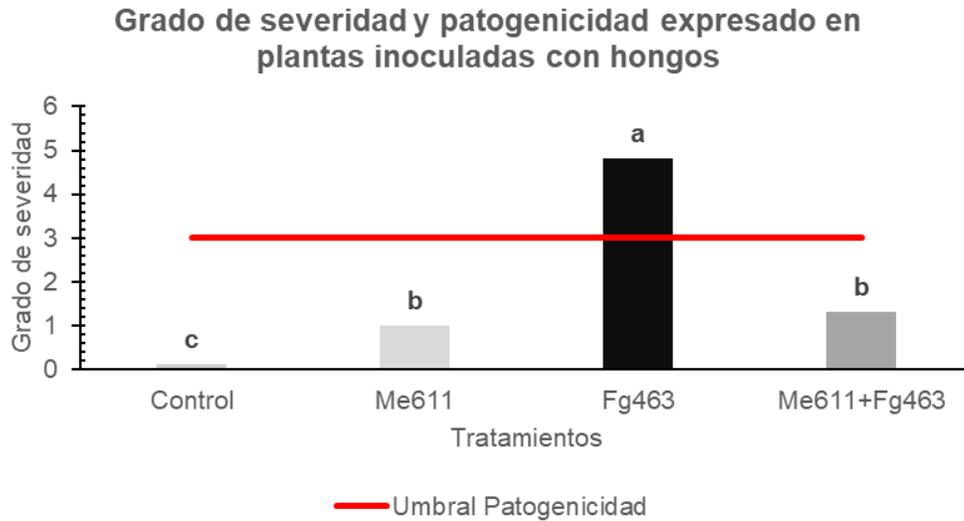


Figura 2. Grados de severidad y patógenesis expresada en plántulas emergidas de semillas inoculadas con *Me611* y *Fg463*. Cada barra representa la media de 8 observaciones. Las barras con la misma letra no son significativamente diferentes favorable (Tukey $P \leq 0.05$). *Me611*: *Metarhizium* sp. CMCNRG611; *Fg463*: *Fusarium graminearum* CMCNRG463; *Me611*+*Fg463*: combinación de ambos hongos.

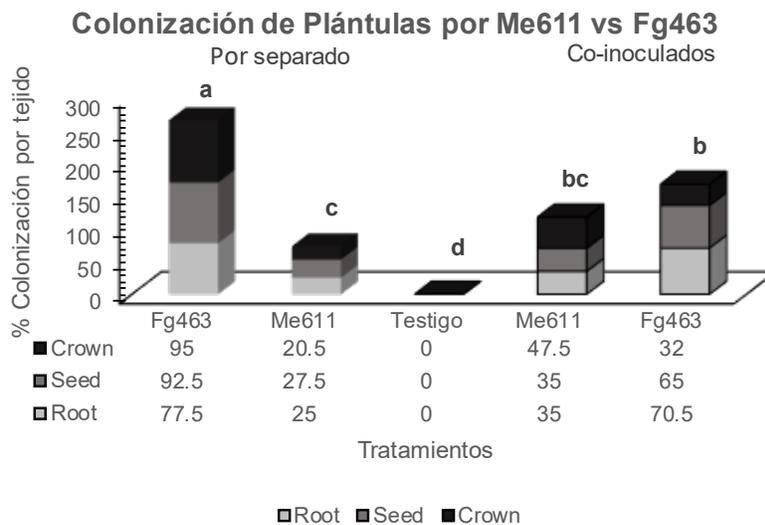


Figura 2. Colonización de *Me611* y *Fg463* en tejidos de plántulas de maíz. Cada barra representa la media de 8 observaciones. Las barras con la misma letra no son significativamente diferentes favorable (Tukey $P \leq 0.05$). *Me611*: *Metarhizium* sp. CMCNRG611; *Fg463*: *Fusarium graminearum* CMCNRG463; *Me611*+*Fg463*: combinación de ambos hongos.

CONCLUSIONES

Metarhizium sp. CMCNRG611 es capaz de conferir protección a semillas y plántulas de maíz en etapas tempranas. A pesar de ser considerado exclusivamente un entomopatógeno, este estudio muestra la posibilidad de utilizar algunas cepas de este género como coadyuvantes en la sanidad vegetal.

AGRADECIMIENTOS Y FINANCIAMIENTO

Los resultados de este trabajo son parte del proyecto fiscal INIFAP-1173934462.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Fingstag, M. D., Casa, R. T., Bogo, A., Kuhnem, P., Sangoi, L., Valente, J. B., Bevilaqua, D., Fiorentin, O. A., & Gonçalves, M. J. (2019). Desempenho de fungicidas no controle de *Fusarium meridionale*, produtividade e dano de grãos em milho. *Summa Phytopathologica*, 45(3), 265–271.
2. Leyva-Madrigal, K. Y., Larralde-Corona, C. P., Apodaca-Sánchez, M. A., Quiroz-Figueroa, F. R., Mexia-Bolaños, P. A., Portillo-Valenzuela, S., Ordaz-Ochoa, J., & Maldonado-Mendoza, I. E. (2015). *Fusarium* species from the *Fusarium fujikuroi* species complex involved in mixed infections of maize in Northern inaloa, Mexico. *Journal of Phytopathology*, 163(6), 486–497.

SECCIÓN: SANIDAD VEGETAL.

VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE ALERTA CONTRA EL GUSANO COGOLLERO DEL MAÍZ EN GUANAJUATO.

Juan Ángel Quijano Carranza¹, Jesús Soria Ruíz², Ricardo Yáñez López¹, Carlos Cuéllar Zambrano¹, Antonio Vásquez Ortega³, José Honorato Arreguín Centeno³.

¹CE Bajío CIRCE-INIFAP, ²CE Toluca CIRCE-INIFAP, ³Programa de Posgrado TNM-ITR

quijano.juanangel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Simulación, Alerta Fitosanitaria, gusano cogollero

INTRODUCCIÓN

El gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*, Smith) es una de las plagas insectiles más importantes que afectan la producción del cultivo de maíz en Guanajuato, tanto bajo condiciones de riego como de temporal. Las poblaciones de este insecto muestran un marcado comportamiento estacional asociado tanto a las condiciones meteorológicas como al avance en el establecimiento de su principal hospedante que es el maíz, aunque también es común encontrarlo afectando al cultivo de sorgo. De acuerdo con Yáñez et al (2019), el gusano cogollero puede hibernar como pupa o adulto preoviposición. Una vez que la temperatura media rebasa el nivel de los 15.7°C, lo cual ocurre a finales del mes de febrero o principios de marzo, el adulto alcanza la madurez sexual (Ramírez, 1987) e inicia la oviposición, la cual generalmente se realiza en hospedantes silvestres, principalmente pastos. El adulto de la primera generación de esta plaga emerge a finales de abril o principios de mayo, tiempo en el que generalmente ya encuentra disponibilidad de hospedantes cultivados como maíz y sorgo de riego, los cuales le ofrecen un hábitat más favorable para su reproducción y dispersión, pudiendo completar de 1 a 2 generaciones dentro del cultivo. Los adultos de la tercera generación en adelante tienen a su disposición una superficie cultivada de más de medio millón de hectáreas, de maíz y sorgo, lo cual favorece la reproducción y dispersión masiva de esta plaga por todas las zonas agrícolas del estado. El riesgo de que esta plaga ocasione daños severos a la producción aumenta con el avance del ciclo debido a la mayor abundancia poblacional asociada al mismo. El sistema de alerta contra el gusano cogollero permite dar seguimiento a la fenología de esta importante plaga y alertar al productor sobre los períodos de mayor riesgo para su cultivo (Quijano y Rocha, 2011). Los boletines de alerta se publican en el sitio web del Sistema de Alerta Fitosanitaria del estado de Guanajuato (www.siafeg.org.mx), el cual es operado por el Comité Estatal de Sanidad Vegetal del Estado de Guanajuato (CESAVEG). El objetivo de este trabajo fue validar la eficacia del Sistema de Alerta contra gusano cogollero para pronosticar la fenología de esta plaga.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se obtuvieron los registros de trampas de feromona para adultos del gusano cogollero, los cuales fueron realizados por el personal del CESAVEG en 2010 en las localidades de Acámbaro y Dolores Hidalgo en el estado de Guanajuato. Para alimentar el modelo de simulación en el que se basa el sistema de alerta contra gusano cogollero se utilizaron los datos meteorológicos de las estaciones San Lorenzo, en el municipio de Acámbaro y El Cardonal en el municipio de Dolores Hidalgo, ambas pertenecientes a la Red de Estaciones Agroclimáticas de la Fundación Guanajuato Produce A.C. El trampeo consistió en el conteo de adultos por noche capturados en las trampas del 10 de marzo al 22 de septiembre para el caso de la localidad de Acámbaro y del 3 de marzo al 31 de julio para la localidad de Dolores Hidalgo. El modelo inició la simulación del ciclo biológico del gusano cogollero partiendo del estadio de adulto preoviposición. En ambas localidades se estableció un valor inicial de 30 adultos. El modelo estimó la sucesión de estados fenológicos del insecto incluyendo huevo, los 6 instares larvales, la pupa, el adulto preoviposición y el adulto reproductivo. Se compararon los datos observados y simulados para el estadio de adulto reproductivo ya que este corresponde al estadio que es atraído por las trampas de feromona. El ajuste o correspondencia entre los datos observados y simulados se evaluó mediante un análisis de regresión lineal.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos obtenidos de adultos por trampa fueron considerablemente mayores en la localidad de Dolores Hidalgo que en la de Acámbaro como se muestra en la Figura 1. En Acámbaro el registro más alto fue de 16 Adultos por Trampa, en tanto que en Dolores Hidalgo se alcanzó la cifra de 90 Adultos por Trampa.

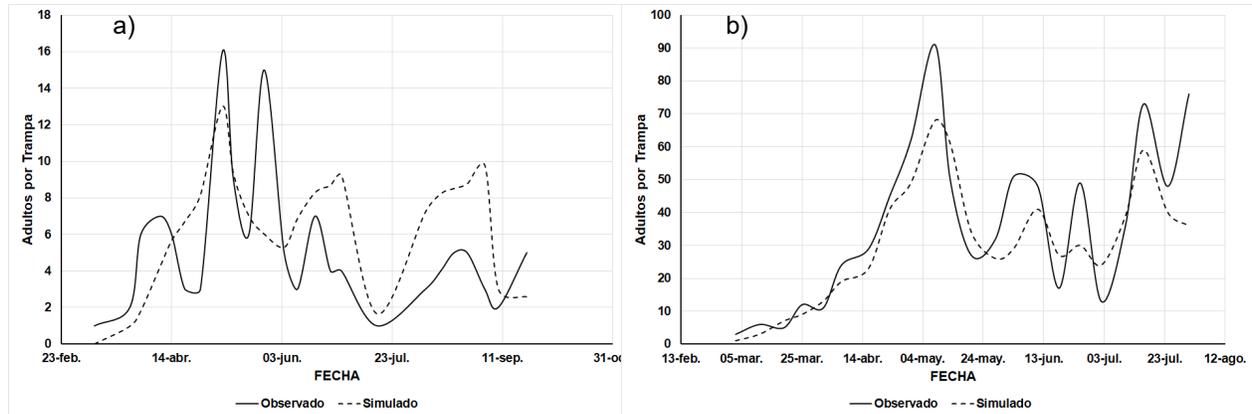


Figura 1. Adultos por trampa observados y simulados en las localidades de Acámbaro (a) y Dolores Hidalgo (b), Guanajuato en 2010.

Los datos obtenidos mediante el modelo de simulación mantienen una buena correspondencia con los datos observados en la localidad de Dolores Hidalgo, donde los diferentes picos de población son muy similares. No ocurrió lo mismo en la localidad de Acámbaro, donde hay al menos dos picos de población observados que el modelo de simulación no reflejó. El comportamiento de los datos observados en Acámbaro sugiere que los adultos capturados pudieron provenir de diferentes parcelas, ya que al momento de establecer el experimento había una gran cantidad de superficie de maíz establecida, a diferencia de Dolores Hidalgo donde la superficie establecida era considerablemente menor.

La regresión lineal entre los datos observados y simulados mostró un buen ajuste para el caso de Dolores Hidalgo, donde el coeficiente de determinación (r^2) registró un valor de 0.77, en tanto que para la localidad de Acámbaro el ajuste no fue bueno, alcanzándose un valor del coeficiente r^2 de apenas 0.2 (Figura 2).

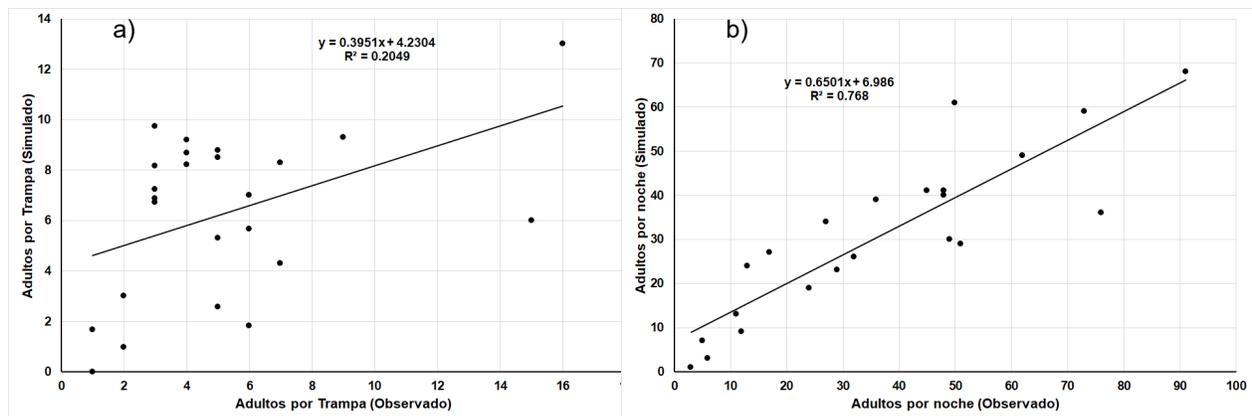


Figura 2. Regresión lineal entre los datos observados y simulados para Adultos por Trampa en las localidades de Acámbaro (a) y Dolores Hidalgo (b) en Guanajuato en 2010.

CONCLUSIONES

Las estimaciones del desarrollo fenológico y número de generaciones realizadas a través del Sistema de Alerta contra el gusano cogollero son una herramienta útil en el monitoreo de esta plaga y pueden utilizarse como apoyo al diseño de medidas preventivas tanto en el cultivo de maíz como en el sorgo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CESAVEG. 2021. Manual de plagas y enfermedades en maíz. Campaña de manejo fitosanitario de cultivos básicos. Consultado el 27 de julio de 2021 del sitio:

<http://www.cesaveg.org.mx/materiales2020/Manual%20de%20plagas%20y%20enfermedades%20en%20maiz.pdf>

Quijano, C. J. A. y Rocha, R. R. 2011. Sistema de alerta fitosanitaria del estado de Guanajuato. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato México. Folleto técnico núm. 10.

Ramírez, G. L.; Bravo, M. H. y Llanderal, C. C. 1987. Desarrollo de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) bajo diferentes condiciones de temperatura y humedad. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, Estado de México. 161-171 pp.

Yáñez López, Ricardo, Vázquez Ortega, Antonio, Arreguín Centeno, José Honorato, Soria Ruíz, Jesús, & Quijano Carranza, Juan Ángel. (2019). Sistema de alerta contra el gusano cogollero *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae). Revista mexicana de ciencias agrícolas, 10(2), 405-416. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.803>

INHIBICIÓN *in vitro* DE *Fusarium oxysporum* CON EXTRACTO DE HOJA DE MEZQUITE

Luis Antonio Mariscal Amaro¹, Rubén Rodríguez Nuñez², Juan Antonio Zavala Vega², José Luis Anaya López³, Elizabeth Chiquito Almanza³.

¹Programa de Sanidad Forestal y Agrícola-INIFAP-Campo Experimental Bajío; ²Universidad de Guanajuato-Campus Celaya-Salvatierra; ³Programa de Biotecnología-INIFAP-Campo Experimental Bajío.

mariscal.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: mezquite, inhibición del crecimiento, hongos fitopatógenos.

INTRODUCCIÓN

El hongo *Fusarium oxysporum* es uno de los más importantes dentro de la Sanidad Vegetal siendo una especie con una virulencia muy amplia atacando a varios cultivos importantes en México como el jitomate, plátano, fresa, calabaza, melón, lechuga, etc., causando pérdidas de rendimiento de hasta 100% (Leslie y Summerell 2006). Por esta razón, para el combate de este hongo se ha hecho un uso indiscriminado de fungicidas químicos lo que ha conllevado a la contaminación ambiental. Como alternativa al uso de fungicida químicos, actualmente una parte de la Sanidad Vegetal se ha volcado al uso de agentes antifúngicos naturales como los extractos de diversas plantas. Se ha reportado que el extracto de hojas de mezquite, *Prosopis* spp., un árbol o arbusto común y nativo de México, ha tenido un efecto en la inhibición de microorganismo causantes de enfermedades en humanos y en plantas; sin embargo, poco se ha estudiado sobre el potencial de los extractos extraídos de esta planta sobre especies de hongos importantes para la agricultura en México. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue evaluar *in vitro* el efecto del extracto de hoja de mezquite extraído mediante el procedimiento UMAE sobre *F. oxysporum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento *in vitro* se llevó a cabo en el Laboratorio de Fitopatología del INIFAP-Campo Experimental Bajío. Se utilizó una cepa de *Fusarium oxysporum* (Fo) de la colección de hongos del mismo laboratorio. Para la obtención del extracto se cortaron hojas verdes de mezquite de un árbol adulto y se pusieron a secar dentro de bolsas de papel estraza en una estufa a 74°C durante 24 h. El extracto de hoja de mezquite se obtuvo mediante el procedimiento UMAE (Ultrasonic Microwave Assistance Extraction) con el equipo de extracción para este fin facilitado por la Universidad de Guanajuato-Campus Salvatierra. El extracto se mantuvo en refrigeración a 24°C hasta su uso.

Para observar la inhibición del crecimiento de Fo, en el Laboratorio de Fitopatología, se utilizó la técnica de cebo envenenado que consistió en agregar al medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA) (39 g L⁻¹ agua, Bioxon®) las concentraciones del extracto de hoja de mezquite al 1, 5 y 10%. El medio de cultivo, con las diferentes concentraciones del extracto, se vació en cajas Petri bajo la campana de flujo laminar y se etiquetaron. Los tratamientos fueron las tres concentraciones del extracto más el testigo con cinco repeticiones por tratamiento.

El hongo Fo se incrementó en cajas Petri con medio de cultivo PDA + 30 gotas de ácido láctico y se incubó a 24°C. A los 10 días de crecimiento del hongo, se tomaron círculos de medio PDA con el micelio del hongo con un horador de 0.8 cm. Estos círculos se colocaron en medio de las

cajas Petri con los diferentes tratamientos, se sellaron, etiquetaron las cajas y se incubaron a 24°C. Este experimento se manejó como un Diseño Completamente al Azar.

A los nueve días después de la siembra y cuando Fo en el tratamiento testigo creció hasta alcanzar el límite de las cajas, con ayuda de un vernier se midió el crecimiento radial del hongo en todos los tratamientos. La variable de estudio fue el porcentaje de inhibición del crecimiento del hongo (PICH) que se calculó con la fórmula $R = (R_1 - R_2 / R_1) * 100$; donde: R_1 fue el valor del crecimiento radial del hongo en el testigo y R_2 fue el valor del crecimiento radial del hongo en los tratamientos. Los porcentajes de inhibición resultantes de analizaron con el paquete estadístico SAS® y se hizo una prueba de medias Tukey ($p=0.5$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos (Cuadro 1). El tratamiento con la concentración al 10% de extracto de hoja de mezquite fue el que inhibió en promedio 85% el crecimiento de Fo (Cuadro 2). El tratamiento con la concentración mas baja, 1%, inhibió en promedio 8% el crecimiento de Fo.

Cuadro 1. Análisis de varianza del porcentaje de inhibición de Fo con extracto de hoja de mezquite.

| FV | GL | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F-valor | Pr>F |
|-------------|-----|-------------------|------------------|---------|-----------|
| Tratamiento | 3 | 22175.55 | 7391.85 | 1034.71 | <0.0001** |
| Error | 12 | 85.73 | 7.14 | | |
| Total | 19 | 22311.66 | | | |
| CV | 8.9 | | | | |

*= diferencia significativa; **=diferencia altamente significativa; CV= coeficiente de variación.

Cuadro 2. Medias Tukey para la variable porcentaje de inhibición del crecimiento de Fo (PICH) con extracto de hoja de mezquite.

| Tratamiento | Crecimiento radial | PICH (%) |
|-------------|--------------------|----------|
| TEST | 73.73 | 0.0 |
| 1% | 67.69 | 8.16 |
| 5% | 54.03 | 26.7 |
| 10% | 10.93 | 85.18 |

Valores con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey $p=0.05$).

Se ha observado que el extracto etanólico de hoja de mezquite (*P. juliflora*) inhibió *in vitro* el crecimiento micelial de *F. oxysporum* hasta 35.37% y de otros hongos como *Alternaria alternata* (66.34%), *Cladosporium cladosporioides* (22.22%), *Colletotrichum gloeosporioides* (57.41%) y *Geotrichum candidum* (47.17%) (Sale y Abu-Dieyeh, 2021); mientras que el extracto metanólico tuvo efecto sobre la inhibición del crecimiento micelial de *Macrophomina phaseolina* (66.6%) y *Rhizoctonia solani* (86.6%) (Girijashankar y Thayumanavan, 2005). En este estudio el porcentaje de inhibición de *F. oxysporum* fue mayor debido quizá a la forma de cómo se extrajo el extracto mediante el proceso UMAE. Por otro lado, Sirmah (2018) menciona que el mesquitol, un flavonoide extraído de *P. juliflora* inhibió en laboratorio el crecimiento micelial de los hongos

Pycnopurus sanguineus y *Gloephyleum trabeum* en 70-90%. Es probable que en este estudio este mismo flavonoide haya sido el causante de la inhibición del crecimiento de *F. oxysporum*.

CONCLUSIONES

El extracto de hoja de mezquite inhibió el crecimiento micelial de *F. oxysporum* y pudiera ser utilizado como un agente antifúngico natural que pudiera ser una alternativa a los fungicidas químicos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Girijashankar, V and Thayumanavan, B (2005) Investigations on *in vitro* of *Prosopis juliflora* leaf extracts against selected soil-borne pathogens. *Crop Res.* 29(3):509-516.
2. Leslie, FJ and Summerell, AB (2006) *The Fusarium Laboratory Manual*. First Edition. Blackwell Publishing. Manhathan, USA. 388 p.
3. Saleh, I and Abu-Dieyeh, MH (2021) Novel *Prosopis juliflora* leaf ethanolic extract as natural antimicrobial agent against foos spoiling microorganisms. *Nature* 11:7871.
- 4Sirmah, PK (2018) Ability of (-)-Mesquitol isolated from *Prosopis juliflora* heartwood to inhibit fungal and bacterial growth in a laboratory test. *International Journal of Microbiology and Application* 5(4):93-98.

Sección: Sanidad vegetal.

EFFECTO ANTIFÚNGICO DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE MAÍZ SOBRE *Fusarium verticillioides* ENSAYO “*in vitro*”

Norma Yadira Zacamo Velazquez¹, Javier Ireta Moreno^{*2}, Yolanda Salinas Moreno², Víctor Gómez Rodríguez¹, Humberto Ramírez Vega¹, Raquel Martínez Loperena¹

¹Centro Universitario de los Altos UDG; ²Campo Experimental Centro Altos de Jalisco CIRPAC-INIFAP

[Correspondencia: Ireta.javier@inifap.gob.mx](mailto:Ireta.javier@inifap.gob.mx)

Palabras clave. Maíz, *Fusarium*, Compuestos fenólicos

Introducción.

Los compuestos fenólicos han sido estudiados por su actividad antioxidante y antifúngica (Rabanal et al 2021; Bernardi *et al* 2018). Estos compuestos fenólicos son componentes de origen vegetal (Espinoza, 2012). Su estructura química se caracteriza por presentar un anillo aromático fenol. En cereales se clasifican en solubles e insolubles o ligados. El maíz contiene mayor cantidad de fenoles totales comparado con el trigo o el arroz (Cabrera et al., 2009). Las estructuras del grano de maíz (pericarpio, capa de aleurona, endospermo y germen) contienen diferentes cantidades de fenólicos. Cabrera et al; (2009) encontró mayor cantidad de fenoles solubles totales (FST) en el germen seguido por el pericarpio y finalmente en el endospermo.

El grupo de hongos del género *Fusarium* sp., se encuentran distribuidos ampliamente en el suelo y en las plantas. *Fusarium verticillioides* es considerado el principal hongo que afecta la productividad del maíz en el mundo (Torre et. al., 2014). Como producto del metabolismo secundario de *F. verticillioides*, este hongo produce varias toxinas, y la ingesta de éstas está relacionada con enfermedades como Leucoencefalomalacia equina, edema pulmonar en cerdos, deficiencia en el desarrollo del tubo neural y cáncer de esófago en humanos, etc. (Márquez *et. al.*, 2016). Diversos autores relacionan el contenido de compuestos fenólicos con la tolerancia del maíz a la pudrición de mazorca causada por *Fusarium verticillioides*, (Bernardi *et. al.*, 2018; Ferruz *et. al.*, 2016; Bakan *et. al.*, 2003). El programa de mejoramiento genético de maíz del Inifap-Cirpac, maneja una población genética de maíz identificada como B49N-RC1-CO-TL-2016-990#, en donde se incluyó la cruza, B49 X Peruano(N) = B49N. Dicha cruza provocó que la población segregara hasta siete tonalidades de color de grano. Esta cruza se realizó con la finalidad de aumentar el contenido de las antocianinas con las características del padre (B49), y como resultado de estas cruzas se originó una segregación de color desde azul/morado, rojo intenso, rojo, rojo ladrillo, amarillo, amarillo pálido y blanco. Este gradiente en tonalidades de color de grano está asociado con diferentes concentraciones de compuestos fenólicos (FST), proantocianidinas (PAS), y flavonoides (FLAV).



Figura 1. Gradiente de color de grano de la población B49N RC1 CO TL 2016 990#

El objetivo de este estudio fue evaluar la capacidad antifúngica *in vitro* de extractos de maíz de la población B49N RC1 CO TL 2016 990# sobre *F. verticillioides*.

Materiales y Métodos

La segregación de la cruz se clasificó por color con la ayuda de un colorímetro Hunter, obteniendo un total de siete colores; de cada color de grano se obtuvo un extracto usando como solvente una mezcla de acetona, agua y ácido acético (90:9.5:0,5) (Jayaprakasha et al, 2003). Se cuantificó la concentración de FST, PAS Y FLAV con la técnica de espectrofotometría. Se evaluaron siete extractos de granos de maíz más un testigo positivo (uso del fungicida Itraconazole) y un testigo absoluto (solo agua destilada). El ensayo se realizó con la metodología de microdilución en placa descrita por Ochoa *et al.* (2012). Se midió el porcentaje de inhibición con el diámetro de crecimiento de *Fusarium verticillioides* cada 2 días. El porcentaje de inhibición se calculó con la siguiente fórmula, de acuerdo a Moreno et al., (2011):

$$\text{Porcentaje de inhibición} = \frac{(\text{Area del testigo} - \text{Area del tratamiento})}{(\text{Area del Testigo})} \times 100$$

Los datos se analizaron con un diseño completamente aleatorio, así como para la concentración de FST, PAS y FLAV, se realizó una prueba de comparación de medias Tukey con el programa SAS versión 9.3. Se realizó una correlación de Pearson con un $\alpha > 0.05$ para las variables FST, PAS, FLAV, Crecimiento radial, y porcentaje de inhibición.

Resultados y discusión

En el ANOVA para el Porcentaje de inhibición se muestran diferencias altamente significativas ($p \geq 0.01$) entre los extractos de maíz, a partir de los días 2, 4, 6, y 8 dda (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis de varianza para el Porcentajes de inhibición (crecimiento radial)

| Fuentes de variación | Día 2 | | Día 4 | | Día 6 | | Día 8 | |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| | F | Pr>F | F | Pr>F | F | Pr>F | F | Pr>F |
| Tratamientos | 7.19** | 0.0093 | 5.90** | 0.0151 | 33.60** | 0.0001 | 7.74** | 0.0125 |
| C.V. | 5.78 | | 7.85 | | 5.90 | | 37.75 | |
| Media | 7.62 | | 8.05 | | 6.64 | | 2.79 | |

C.V Coeficiente de variación ** altamente significativo

Los tratamientos que presentaron una mayor inhibición con respecto al testigo absoluto en el día 2 fueron los extractos 1, 2 y 3 con una efectividad $>50\%$; en el segundo grupo se presentan los extractos 4,5,6 y 7; y por último el testigo positivo con 26%. En los extractos del 1 al 5 se mostró un aumento en la inhibición de un 9 a un 14% en el día 4. En el día 6 se observó una disminución en la inhibición desde un 9 al 34% en el extracto 5. Al día 8, disminuyó en los tratamientos 6, 7, y 8 en su totalidad, el tratamiento que mostró una mayor efectividad fue el extracto 2, seguidos de los extractos 1 y 2. (Tabla 2)

Tabla 2. Efecto inhibitorio de los extractos fenólicos sobre el crecimiento radial de *F. verticillioides*

| Extracto | Crecimiento radial (%) | | | |
|-------------|------------------------|--------|--------|--------|
| | 2 días | 4 días | 6 días | 8 días |
| 1 | 51a | 65 a | 54 a | 15 a |
| 2 | 57a | 67 a | 55 a | 18 a |
| 3 | 57a | 66 a | 54 a | 15 ab |
| 4 | 42ab | 56 ab | 43 a | 4 ab |
| 5 | 42ab | 52 ab | 18 bc | - |
| 6 | 36ab | 30 b | 10 c | 0 b |
| 7 | 46ab | 45 ab | 24 b | 0 b |
| Itraconazol | 26b | 28 b | 17 c | 0 b |

Valor promedio de las 2 repeticiones Diferente letra indican diferente grupo estadístico ($P \leq 0,05$).

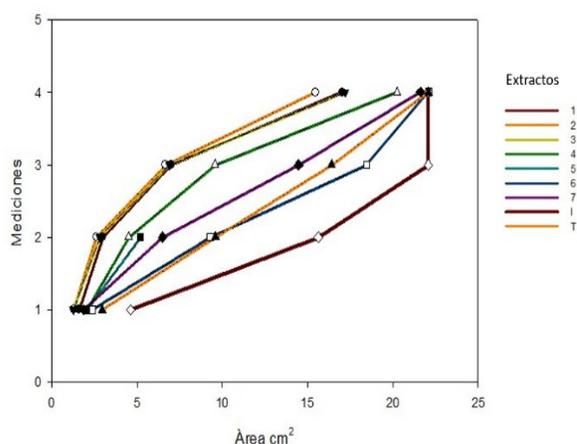


Figura 2. Cinética de crecimiento de *F. verticillioides* *in vitro*.

El color de grano de la población B49N RC1 CO TL 2016 990# tiene una variación de colores desde el rojo intenso hasta el blanco; esta variación está dada por los compuestos fenólicos, principalmente por las antocianinas (color rojo, azul y morado), las cuales pertenecen al grupo de los flavonoides (Guillen *et al*; 2014), el color de grano amarillo, es producto de la acumulación de carotenoides, y el grano blanco es el resultado de la ausencia de estos pigmentos (Espinoza *et al*; 2012),

Tabla 3. Contenido de compuestos fenólicos en extractos de granos de maíz de diferente color

| Extracto | Concentración µg/g | | |
|----------|--------------------|----------|-----------|
| | FST | PAs | Flav |
| 1 | 3203.1 a | 112.13 a | 1220.63 a |
| 2 | 2229.6 b | 83.30 b | 651.07 b |
| 3 | 1819.6 c | 38.600 c | 538.33 bc |
| 4 | 1575.7 c | 28.53 c | 664.47 b |
| 5 | 1543.40 c | 23.33 c | 399.90 c |
| 6 | 1472.1 c | 22.16 c | 347.07 c |
| 7 | 1533.3 c | 21.100 c | 336.47 c |

Valor promedio de 3 repeticiones. Diferente letra indican diferente grupo estadístico (P ≤ 0,05).

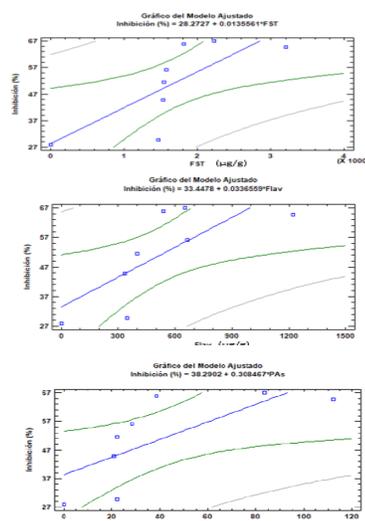


Figura 3. Análisis de regresión para las variables FST, FLAV, y PAS

En los análisis de regresión se observó que la concentración de los compuestos fenólicos (FST), flavonoides (FLAV) y proantocianidinas (PAS), y el porcentaje de inhibición (%) mostraron relaciones positivas con valores de 0.71, 0.72 y 0.72 respectivamente (Figura 3).

Conclusiones

Los extractos 1, 2 y 3 de los granos de maíz fueron los que presentaron una mayor cantidad de FST, lo que concuerda con los porcentajes de inhibición, los cuales fueron mayores a 50% en las 3 primeras mediciones a los 2,4 y 6 días. Se observó una disminución en los porcentajes de inhibición a partir del sexto día, esto podría deberse a la inestabilidad de los compuestos fenólicos a temperatura ambiente. Es necesario realizar más investigación utilizando moléculas particulares para determinar la participación de cada una de ellas en el control de *F. verticillioides*.

Bibliografía

1. Rabanal-Atalaya, M., y Medina-Hoyos, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *Terra Latinoamericana*, 39, e808. Epub 05 de abril de 2021. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
2. Bernardi, J., Stagnati, L., Lucini, L., Rocchetti, G., Lanubile, A., Cortellini, C., De Poli, G., Busconi, M., & Marocco, A. (2018). Phenolic profile and susceptibility to *Fusarium* infection of pigmented maize cultivars. *Frontiers in plant science*, 9, 1189. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01189>
3. Cabrera-Soto, M. L., Salinas-Moreno, Y., Velázquez-Cardelas, G. A., y Espinosa-Trujillo, E. (2009). Contenido de fenoles solubles e insolubles en las estructuras del grano de maíz y su relación con propiedades físicas. *Agrociencia*, 43(8):827-839.

4. Bakan, B., A. C. Bily, D. Melcion, B. Cahagnier, C. Regnault–Roger, B. J. R. Philogene, and D. Richard–Molard. 2003. Possible role of plant phenolics in the production of trichothecenes by *Fusarium graminearum* strains on different fractions of maize kernels. *J. Agric. Food Chem.* 51: 2826–2831.
5. Elena Ferruz, Susama Loran, Marta Herrera, Isabel Gimenez, Noemi Bervis, Carmen Barcena, Juan Jose Carramiñana, Teresa Juan, Antonio Herrera, Agustin Ariño;; Inhibition of *Fusarium* Growth and Mycotoxin Production in Culture Medium and in Maize Kernels by Natural Phenolic Acids. *J Food Prot* 1 October 2016; 79 (10): 1753–1758. doi: <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-563>

Sección: SANIDAD VEGETAL

QUITOSANO Y FERMENTOS BACTERIANOS DE EXOESQUELETOS DE JAIBAS COMO ALTERNATIVA DE CONTROL PARA *FUSARIUM OXYSPORUM* PATÓGENO DE *VANILLA PLANIFOLIA* JACKS.

Jorge González Preval¹, José Armando Lozada García², Rosalba Argumedo Delira³, Mauricio Luna Rodríguez¹

¹Programa de posgrado Maestría en Ciencias Agropecuarias UV; Laboratorio de Genética e Interacciones Planta Microorganismos. U.V; ²Universidad Veracruzana Facultad de Biología, Xalapa; ³Unidad de Servicios de Resolución Analítica. UV. ¹Laboratorio de interacciones planta – microorganismos, Universidad veracruzana.

mluna@uv.mx

Palabras clave: control, pudrición de raíz y tallo, vainilla

INTRODUCCION

La vainilla (*Vanilla planifolia*: *Orchidaceae*) es un cultivo de gran importancia para las industrias alimenticia, farmacéutica y cosmética a nivel mundial, debido a que de sus frutos beneficiados se extrae la vainillina, compuesto orgánico muy apreciado por sus cualidades aromáticas (Ramírez-Mosqueda & Iglesias-Andreu, 2015). *Fusarium oxysporum* en su forma especial *vanillae* (FOV), es el agente más devastador de los cultivos de vainilla, porque causa la enfermedad conocida como pudrición de tallo y raíz, con amplia distribución en las zonas vainilleras del mundo (Pinaría et al., 2010). El quitosano y la quitina son polímeros naturales que, por su biocompatibilidad y bioseguridad, se han extendido sus aplicaciones a muchas industrias como biotecnología, farmacología y agricultura (Lei et al., 2014). La quitina es extraída principalmente de los exoesqueletos de camarón (*Penaeus kerathurus*), cangrejo (*Portunus segnis*) y jaiba (*Callinectes sp.*) y se utiliza posteriormente como materia prima para generar productos derivados tales como quitosanos y quitooligosacáridos. Éstos tiene un interés creciente en la protección de plantas como un fungicida natural (Romanazzi et al., 2018).

A pesar de ser México centro de origen y domesticación de la vainilla no se cuentan con alternativas comercialmente viables al uso de funguicidas sintéticos para el control efectivo de FOV. Una de ellas es la utilización de fermentos bacterianos de exoesqueletos de jaibas para este fin, ofrece una alta reproducibilidad en un tiempo más corto, una manipulación más simple y un menor consumo de solvente. Además de ser más productivos y ecológicos en comparación con los procesos químicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aislaron bacterias cohabitantes de la raíz de *V. planifolia* en medios adicionados con pulverizado de exoesqueletos de jaiba. Con cada cepa bacteriana se obtuvieron fermentos en medios adicionados con el pulverizado. Se evaluó la actividad antagónica ante el patógeno de cada extracto, así como, la del quitosano en un cultivo en medio sólido y líquido. Para la actividad antagónica se probaron diluciones al

6.25, 12.5, 25 y 50 % con los fermentos crudos, filtrados con millipore y autoclaveados y, de 0.01, 0.05, 0.1, 0.5 y 0.1 % de quitosano. Se realizaron diseños completamente aleatorizados y de bloques al azar, replicados cinco veces. Los datos se analizaron mediante análisis de varianzas con el software STATGRAPHICS CENTURION v. XV.

Los porcentajes de inhibición de *FOV* se calcularon utilizando la fórmula propuesta por (Rodríguez Pedroso et al., 2016):

$$Pi = [(Pc - Pt) / Pc] \times 100 \quad Pi: \text{porcentaje de inhibición} \quad Pc = \text{promedio radio de la colonia control}$$

Pt = promedio radio de la colonia con tratamientos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 15 cepas asociadas a la rizosfera de vainilla fueron aisladas en medio con quitina, ocho de ellas eran morfológicamente diferentes según color, tamaño y forma de las colonias. Adame-García et al. (2015) aislaron 116 cepas bacterianas de la rizosfera de *V. planifolia* de plantaciones en Papantla, Veracruz que correspondía a *Sphingobacterium* sp., *Bacillus* sp., *Staphylococcus* sp., *Serratia* sp., *Psychrobacter* sp., *Pseudomonas* sp. y *Stenotrophomonas* sp. La cepa tres (cocobacilo), cinco (bacilo) y ocho (bacilo) inhibieron en un 45.30, 48.87 y 47.02 % respectivamente el crecimiento de *FOV* mientras que la 4 (estafilococo) lo estimuló en un 0.66 % respecto al control.

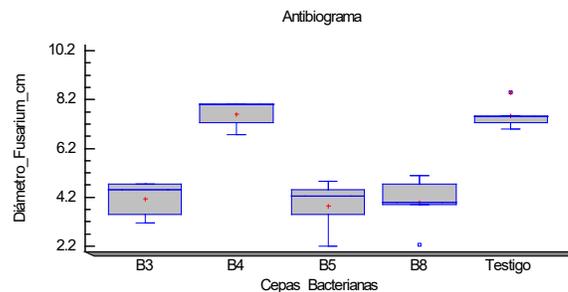


Figura 1. Cultivos duales de cepas bacterianas aisladas de la rizosfera de *V. planifolia* vs *FOV*

Evaluación de la inhibición del crecimiento micelial

Existe una disminución del 14.04 % y 44.77 % en el crecimiento de *FOV* a concentraciones de 0.05 % y 0.1 % respectivamente, que difieren estadísticamente respecto al control. Mientras que a concentraciones de 0.01, 0.5 y 1 las diferencias no son significativas. Meng et al. (2020) evaluaron el crecimiento micelial de *Aspergillus ochraceus*, concluyeron que después de 7 días de incubación el diámetro de la colonia de en medio PDA alcanza 6.44 cm, pero el mismo en medio suplementado 0.05 % y 0.1 % de quitosano fue inhibido en 13.6 % y 34.5 % respectivamente.

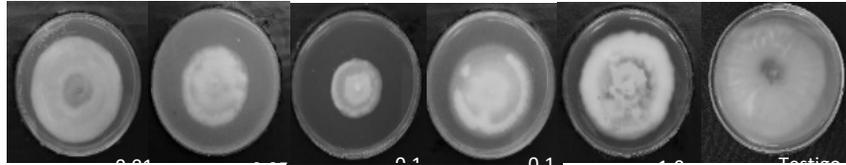


Figura 2. Efecto de quitosano sobre el crecimiento radial de *FOV*

Producción de biomasa

No se observaron diferencias significativas en cuanto a la producción de biomasa de *FOV* con las diferentes concentraciones de los fermentos, sin embargo la concentración de quitosano y de carbendazim utilizadas inhibieron el desarrollo del patógeno. Rodríguez Pedroso et al. (2016) obtuvieron que *Bipolaris oryzae* L. presentó una producción de biomasa significativamente mayor en presencia de quitosano, desde las 12 hasta las 72 h. Esto se debió a que el hongo produce esporas cuando entra en contacto con el quitosano y como respuesta defensiva aumenta el grosor de las paredes celulares.

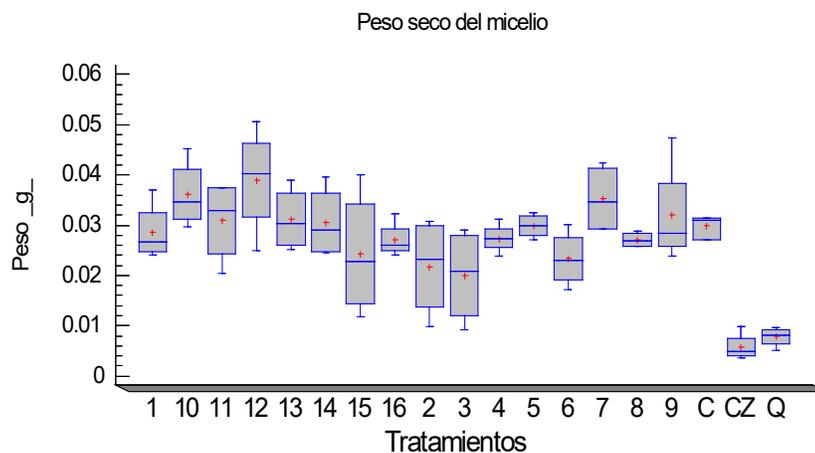


Figura 3. Efecto de quitosano y fermentos bacterianos sobre producción de biomasa de *FOV*

CONCLUSIONES

Tres aislados de rizobacterias tuvieron capacidad antagónica ante *F. oxysporum* f. sp. *vanillae*, pero no sus fermentos. Las concentraciones de quitosano probadas inhibieron el desarrollo del patógeno. Los fermentos bacterianos de exoesqueletos de jaija no disminuyeron la producción de biomasa de *FOV*.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE DE FINANCIACIÓN

El primer autor agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) por la beca de posgrado. Al Dr. Mauricio Luna Rodríguez por permitirme formar parte del Laboratorio de genética e interacciones planta - microorganismos y dirigir la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- Adame-García, J., Luna-Rodríguez, M., & Iglesias-Andreu, L. G. (2015). Vanilla Rhizobacteria as Antagonists against *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanillae*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 18(01), 23–30. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0053>
- Meng, D., Garba, B., Ren, Y., Yao, M., Xia, X., Li, M., & Wang, Y. (2020). Antifungal activity of chitosan against *Aspergillus ochraceus* and its possible mechanisms of action. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 1063–1070. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.213>
- Pinaria, A. G., Liew, E. C. Y., & Burgess, L. W. (2010). *Fusarium* species associated with vanilla stem rot in Indonesia. *Australasian Plant Pathology*, 39(2), 176–183. <https://doi.org/10.1071/AP09079>
- Ramírez-Mosqueda, M. A., & Iglesias-Andreu, L. G. (2015). Indirect organogenesis and assessment of somaclonal variation in plantlets of *Vanilla planifolia* Jacks. *Plant Cell Tissue Organ Cult*, 123, 657–664. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0868-2>
- Rodríguez Pedroso, A. T., Jatomea, Maribel Plascencia Bautista Baños, S., & Cortez Rocha, Mario Onofre Ramírez Arrebato, M. Á. (2016). Actividad antifúngica *in vitro* de quitosanos sobre *Bipolaris oryzae*

RECONOCIMIENTO AUTOMATIZADO A BAJO COSTO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES EN LA AGRICULTURA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL.

Silvia Beatriz González Brambila^{1*}, Rubén Caudillo Félix², Jesús Zavala Ruiz¹
¹Universidad Autónoma Metropolitana; ²Investigador Independiente.

sgb@azc.uam.mx

Palabras clave. Agricultura de precisión, Aprendizaje profundo, Internet de las cosas.

INTRODUCCIÓN

El amplio desarrollo y disponibilidad de las tecnologías de la información, las comunicaciones y la inteligencia artificial está facilitando la automatización de procesos productivos, en muchos campos, incluyendo la agricultura. El término agricultura inteligente (*smart agriculture*) da cuenta de ello. Dentro de las técnicas de inteligencia artificial más ampliamente utilizadas en la agricultura, se encuentran el aprendizaje automático (*machine learning*) y el aprendizaje profundo (*deep learning*) (cf. Albanese *et al*, 2020; Kasinathan *et al*, 2020), en tareas como la producción en invernadero, la cosecha de frutos y la identificación y reconocimiento de plagas y enfermedades, tareas que requieren de una buena precisión y que tradicionalmente han sido realizadas por expertos humanos.

El hardware de bajo costo de los dispositivos (sensores, actuadores y procesadores), la alta penetración y ubicuidad de la conectividad, el bajo costo de los servicios en la nube, el software libre y abierto gratuito y su relativa facilidad de integración en soluciones, entre otros factores, han creado un punto de inflexión que conviene aprovechar para potenciar la agricultura de precisión. Por lo anterior, el Internet de las Cosas (*Internet of Things*, IoT) es una tecnología madura que ya ha transitado de aplicaciones en el monitoreo, control y optimización a algoritmos autónomos con el uso de inteligencia artificial; por ejemplo, el reconocimiento de imágenes con aprendizaje profundo (*deep learning*) hoy es una actividad cotidiana.

Actualmente hay dispositivos de hardware (sensores, actuadores y otros) que permiten monitorear las múltiples variables que intervienen en el desarrollo de los cultivos. También, hay trampas para monitorear las plagas y teléfonos celulares de bajo costo y otros dispositivos IoT que hacen posible una solución económicamente accesible, tal como un *sistema de gestión integral de sanidad vegetal*, que permita, entre otras cosas, la identificación temprana de plagas y enfermedades, para su control.

OBJETIVO

Explorar el uso del aprendizaje profundo para el reconocimiento de plagas y enfermedades de plantas con dispositivos de bajo costo para adaptarlo a la agricultura mexicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El procedimiento general de reconocimiento automatizado de plagas y enfermedades comprende cuatro grandes etapas, utilizando el aprendizaje profundo: (1) la captura y clasificación de imágenes, (2) el etiquetado de las imágenes, (3) la selección de la arquitectura de la red neuronal, su entrenamiento y ajuste y (4) el reconocimiento y clasificación de plagas o enfermedades.

Captura, clasificación y etiquetado de las imágenes. En un procedimiento manual, las imágenes de plagas en sus distintas fases de desarrollo y de tejidos vegetales sanos y enfermos se pueden obtener a través de cámaras digitales, en el campo. Luego, se clasifican y organizan en bases de datos con ayuda de expertos humanos. Finalmente, se realiza el *etiquetado*, con herramientas de software como *Labellmg* (<https://github.com/tzutalin/labelimg>).

En este trabajo se partió de imágenes disponibles en bases de datos internacionales, de acceso público. En primer lugar, se utilizó la base de datos *IP102 Insect Pest Recognition Database* (Anónimo, s.f.), que contiene 2359 imágenes etiquetadas de plagas identificando si es insecto o no. En segundo lugar, se usó

la base de datos *New Plant Diseases Dataset* (Bhattarai, 2018) que contiene imágenes etiquetadas de hojas de plantas saludables o enfermas. Esta base de datos contiene 38 clases, 70,295 imágenes para entrenamiento y 17,572 imágenes para validación. Por último, se creó una pequeña base de datos con imágenes accesibles libremente en Internet de algunos insectos de interés agrícola en México, semejantes a las que tomaría un usuario con su teléfono celular. Se recolectaron 388 imágenes que se etiquetaron con ayuda de *LabelImg* en 18 clases. Se considera que una base de datos es *robusta* cuando el número de imágenes es suficientemente grande y la variabilidad está razonablemente equilibrada.

Selección de la arquitectura de la red neuronal, su entrenamiento y ajuste. Se decidió entrenar el modelo utilizando arquitecturas de baja demanda de recursos de cómputo, dado que interesa instalar la solución en un dispositivo IoT de bajo costo. Se eligieron tres arquitecturas de aprendizaje profundo de código abierto para el reconocimiento de imágenes: El API de detección de objetos de *TensorFlow 2.0* (<https://www.tensorflow.org/>) desarrollado por Google, *YOLOv5* (<https://github.com/ultralytics/yolov5>) desarrollado por Ultralytics y *AlexNet* (Krizhevsky *et al*, 2017). Estas soluciones se probaron usando *Google Colaboratory* (<https://colab.research.google.com/>), un entorno abierto para la ejecución de código en la nube. Para estas arquitecturas se realizó el entrenamiento y ajuste hasta obtener el máximo de precisión posible.

Reconocimiento y clasificación de plagas o enfermedades. Por último, el reconocimiento de imágenes es la prueba de la eficacia de los algoritmos entrenados. En este caso se consideró que una precisión superior al 90% es satisfactoria, cercana a la que logra un experto humano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

TensorFlow y *YOLOv5* se entrenaron con la base de datos *IP102* y se probaron con las mismas imágenes y se obtuvo una precisión de alrededor del 60%, por lo que estas soluciones no fueron satisfactorias. En la Figura 1 se muestran algunos resultados obtenidos con *YOLOv5* donde se aprecia que la calificación de reconocimiento varía entre un 0.35 y un 0.85. Se considera que el bajo nivel de reconocimiento se debió a la baja robustez de la base de datos *IP102* más que a las arquitecturas.



Figura 1. Resultados del reconocimiento automático de plagas con *YOLOv5* y la base de datos *IP102*
Insect Pest Recognition

En cambio, la arquitectura *AlexNet* con la base de datos *New Plant Diseases Dataset* de enfermedades de plantas obtuvo una precisión de 96.89% en el reconocimiento. En la Figura 2 se muestran dos resultados, uno con una calificación de reconocimiento de 72% en tomate y otro de 100% en papa, respectivamente. La alta precisión en este reconocimiento se debió a la conjunción entre la robustez de la base de datos y la correcta arquitectura de la red neuronal.

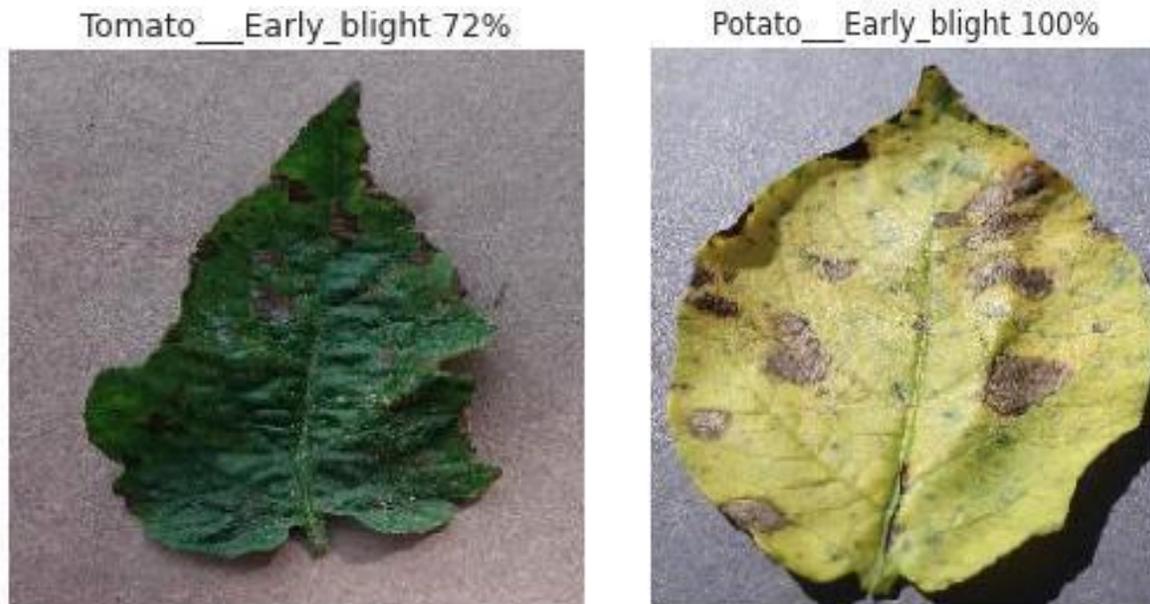


Figura 2. Reconocimiento automático de enfermedades utilizando *AlexNet* y la base de datos *New Plant Diseases Dataset*

CONCLUSIONES

Este trabajo es parte de lo que se requiere para aprovechar toda la tecnología disponible hoy en día, para que la agricultura mexicana sea más productiva y competitiva. Con base en los resultados obtenidos en este trabajo, se considera que es factible el desarrollo de una solución integral de identificación y reconocimiento de plagas o de enfermedades en la agricultura mexicana. La prueba concluyente vendría de la posibilidad de entrenar las arquitecturas con una base de datos robusta y su prueba en dispositivos de bajo costo por productores y técnicos agrícolas mexicanos. Los siguientes pasos estarían encaminados a lograr el acceso a algún repositorio de imágenes de plagas o de enfermedades recolectadas en el campo mexicano, como los acervos científicos del Instituto Nacional de Ciencias Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y otros centros de investigación y universidades nacionales.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Este trabajo ha sido posible gracias a la disponibilidad gratuita de las bases de datos *IP102* y *New Plant Diseases Dataset*, así como el acceso al software abierto *TensorFlow*, *YOLOv5* y *AlexNet* y a la Universidad Autónoma Metropolitana por el apoyo para la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albanese A, d'Acunto D, and Brunelli D. (2020) Pest detection for precision agriculture based on IoT machine learning. In S Saponara and A De Gloria (eds.). *Applications in electronics pervading industry, environment and society: APPLEPIES 2019, Lecture Notes in Electrical Engineering* 627 (pp. 65-72). Switzerland: Springer Nature Switzerland AG. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-37277-4_8
2. Anónimo. (s.f.) IP102: Insect Pest Recognition Database, IP102_Dataset_V1.1. [Base de datos]. Recuperada de http://xiaopingwu.cn/assets/projects/ip102/Data_DownloadData_Download.html
3. Kasinathan T, Singaraju D, and Uyyala SR. (2020) Insect classification and detection in field crops using modern machine learning techniques. *Information Processing in Agriculture*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.09.006>

4. Krizhevsky AI, Sutskever I, and Hinton GE. (2017) ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60 (6): 84–90. DOI: <https://doi.org/10.1145/3065386>
5. Bhattarai S. (2018) New Plant Diseases Dataset. [Base de datos]. *Kaggle*. Recuperada de <https://www.kaggle.com/vipooooo/new-plant-diseases-dataset>

Sección: Sanidad Vegetal

CONTROL DE *Bactericera cockerelli* Sulc. (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) CON NANOPARTICULAS DE DIOXIDO DE TITANIO BAJO CONDICIONES DE LABORATORIO

Agustín Hernández Juárez^{1*}, José Angel Gutiérrez Ramírez¹, Rebeca Betancourt Galindo², Epifanio Castro del Angel¹, Juan Mayo Hernández³, Julio Cesar Chacón Hernández⁴

¹Departamento de Parasitología-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ²Departamento de Materiales Avanzados-Centro de Investigación en Química Aplicada, ³Universidad Tecnológica de Tehuacán, ⁴Instituto de Ecología Aplicada-Universidad Autónoma de Tamaulipas

chinoahj14@hotmail.com

Palabras clave: Nanotecnología, Psílido del tomate, TiO₂.

INTRODUCCIÓN

El psílido del tomate, *Bactericera cockerelli* Sulc. (Hemiptera: Triozidae), es una de las plagas más destructivas en cultivos de la familia Solanaceae. Es originaria de América del Norte y se encuentra distribuida principalmente en el Sur de Canadá, Estados Unidos y México, se le encuentra también en América Central, América del Sur, en Ecuador y muy extendida en Nueva Zelanda, con algunas irrupciones en Australia. En el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L., Solanaceae), este psílido causa daño directo por la alimentación y extracción de savia y daño indirecto por transmisión de *Candidatus Liberibacter solanacearum*, agente causal de la enfermedad permanente del tomate; enfermedad que ha ocasionado pérdidas de hasta el 80% en la producción (Garzón-Tiznado *et al.*, 2009). El control de *B. cockerelli* se realiza principalmente mediante la aplicación de insecticidas químicos. En los estados de Coahuila y San Luis Potosí, se realizan hasta doce aplicaciones durante la temporada de cultivo de tomate y papa con thiacloprid, imidacloprid y otros insecticidas. Este control ha resultado poco efectivo, principalmente por el mal uso de insecticidas (Vega-Gutiérrez *et al.*, 2008).

La nanotecnología es considerada actualmente de gran importancia, particularmente en la elaboración, caracterización y aplicación de materiales de dimensiones nanométricas, con tamaños entre 1-100 nanómetros (nm). La aplicación de nanopartículas en la agricultura es muy importante en la resolución de problemas que con productos de escala normal son muy costosos y/o no siempre se resuelven de manera eficiente y por su potencial para el control de plagas, convirtiéndose en una alternativa a los insecticidas químicos. Las nanopartículas de dióxido de titanio (NPs de TiO₂) en las zonas agrícolas han mostrado un aumento en la actividad de varias enzimas y promueven la absorción de nitratos, acelerando la transformación de nitrógeno inorgánico en orgánico, haciéndolo más asimilable y, por lo tanto, aumentando el crecimiento vegetativo, además de tener actividad fungicida, bactericida e insecticida (Al-Bartya y Hamza, 2015; Boxi *et al.*, 2017; Shaker *et al.*, 2017). Actualmente, se están buscando alternativas de control de plagas que no dañen el medio ambiente y que sean económicas y eficientes para su uso en el manejo de plagas. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto insecticida de nanopartículas de dióxido de titanio sobre ninfas de *B. cockerelli*, en condiciones controladas de laboratorio en tomate.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó bajo condiciones de Laboratorio en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Se utilizaron folíolos de plantas de tomate Var. Floradade, seleccionada por su alta susceptibilidad a *B. cockerelli*. Se utilizó una línea de invernadero de *B. cockerelli* desarrollada en plantas de tomate, libre de patógenos y parasitoides. Las nanopartículas fueron obtenidas de manera comercial de Universal Selector™ (París, Francia). El tamaño y la morfología de 250 nanopartículas se analizaron mediante un microscopio electrónico de transmisión de alta resolución (HR-TEM) en el Centro de Investigación en Química Aplicada.

Para la evaluación de las NPs-TiO₂ en *B. cockerelli*, primero se colocaron plantas de tomate en una jaula de 60 x 60 x 60 cm, y se le liberaron adultos de *B. cockerelli* por 48 h para que ovipositaran; después de la eclosión, se siguió a las ninfas hasta alcanzar el segundo estadio. Para evaluar la mortalidad, se utilizó el

método de prueba 002 de susceptibilidad basado en *Psylla* spp. Geoffroy (Hemiptera: Triozidae) del Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). El bioensayo consistió en separar folíolos de tomate y con la ayuda de un microscopio estereoscópico se contabilizó y registró el número de ninfas vivas de segundo estadio de *B. cockerelli*. La técnica de bioensayo utilizada fue la de inmersión de folíolo, que consistió en sumergir folíolos infestados con ninfas en cada tratamiento durante cinco segundos. Los folíolos tratados se mantuvieron en bandejas de plástico con algodón saturado con agua destilada bajo condiciones controladas de laboratorio ($25 \pm 2^\circ\text{C}$, 70% HR y fotoperiodo 14:10 h L: D). Las diferentes concentraciones de NPs-TiO₂ se prepararon utilizando agua destilada y polisorbato 20 (Tween 20) como agente emulsionante en una proporción de 1 mL: 1L de agua. Se establecieron seis concentraciones (40, 60, 80, 100, 300, 500 ppm) con seis repeticiones, además de un tratamiento control sin nanopartículas (0 ppm), aplicando solo agua destilada y cada repetición con tres unidades experimentales, considerada una unidad experimental, un folíolo infestado. La evaluación de la mortalidad se realizó a las 24, 48, 72 y 96 h después del tratamiento. Se registró el número de ninfas sobrevivientes y muertas, expresado en porcentaje. Cada ninfa se consideró muerta, cuando no presentaba respuesta al estímulo, presentaba apéndices pegados al cuerpo y/o se encontraba deshidratada. Los datos de mortalidad se analizaron usando el análisis Probit para estimar el valor de la CL₅₀, CL₉₅ y el margen de fiabilidad al 95% de significancia. La mortalidad en el control fue corregida mediante la fórmula de Abbott, con una mortalidad aceptada en el testigo de 17%. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre *B. cockerelli*, los datos se transformaron por raíz cuadrada de arcoseno y se realizó un análisis de varianza, bajo un diseño experimental completamente al azar (laboratorio) y comparación de medias de los tratamientos con una prueba de rango múltiple de Tukey (P<0.05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de las NPs-TiO₂ en HR-TEM, arrojó una morfología en forma de aguja, con un diámetro de 76.15 nm de largo y 8.52 nm de ancho. Las NPs-TiO₂ mostraron acción insecticida significativa (P<0.05) sobre ninfas de segundo estadio de *B. cockerelli* en condiciones de laboratorio. El efecto insecticida se observó a las 24h con una mortalidad superior al 90% en concentraciones superiores a 100 ppm. A las 48h de aplicación de los tratamientos, la actividad insecticida incrementó significativamente con una mortalidad de 80% en la menor concentración, tendencia observada en todas las evaluaciones y concentraciones, con un 93% en la menor concentración a las 72h y 100% de mortalidad en la mayor concentración a las 72 y 96h, con una CL₅₀ de 11,18 ppm de NPs-TiO₂ para controlar ninfas de *B. cockerelli* (Cuadro 1).

Cuadro1. Mortalidad (\pm DE) de *Bactericera cockerelli* diferentes concentraciones de nanopartículas de dióxido de titanio en folíolos de tomate, bajo condiciones de laboratorio.

| Concentración (ppm) | Mortalidad (%) ¹ | | | |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------|---------------------|------------------------|
| | 24h | 48h | 72h | 96h |
| 0 | 2.16 \pm 1.07c | 7.29 \pm 2.88c | 12.04 \pm 2.33d | 16.86 \pm 3.70b |
| 40 | 39.02 \pm 12.47b | 80.65 \pm 10.80b | 93.91 \pm 11.44c | 95.36 \pm 9.82a |
| 60 | 41.95 \pm 14.71b | 80.52 \pm 16.31b | 92.59 \pm 8.89c | 94.84 \pm 7.71a |
| 80 | 54.57 \pm 6.94b | 90.59 \pm 4.07b | 97.36 \pm 3.97abc | 98.39 \pm 3.34a |
| 100 | 93.01 \pm 2.80a | 98.42 \pm 1.57a | 99.90 \pm 0.25ab | 100.00 \pm 0.00a |
| 300 | 94.09 \pm 5.53a | 99.83 \pm 0.42a | 100.00 \pm 0.00a | 100.00 \pm 0.00a |
| 500 | 97.78 \pm 2.18a | 99.70 \pm 0.38a | 100.00 \pm 0.00a | 100.00 \pm 0.00a |
| df | 6,41 | 6,41 | 6,41 | 6,41 |
| F | 153.97 | 125.60 | 119.94 | 107.12 |
| Pr>F | <.0001*** | <.0001*** | <.0001*** | <.0001*** |
| R2 | 0.97 | 0.96 | 0.96 | 0.96 |
| &CL ₅₀ (\$LF, 95%) | 60.05 (13.97-102.9) | 21.99 (0.006-39.13) | 12.67 (NC) | 11.18 (0.96-21.12) |
| &CL ₉₅ (\$LF, 95%) | 297.51 (148.51-36371) | 113.12 (74.34-11845) | 66.95 (NC) | 58.92 (45.48-78.71) |

¹Datos para su análisis, transformado por raíz cuadrada de arcoseno. Medias con la misma letra entre columna no son significativamente diferentes (Tukey; $P < 0.05$). *** Indican significancia contraste valor F a $P < 0.001$. &Concentración letal, §Límites de confianza. N.C.=No calculado por el software estadístico.

El efecto insecticida de las NPs-TiO₂ sobre ninfas de *B. cockerelli*, evidencian la toxicidad al contacto directo de las nanopartículas con el insecto, lo que pone de manifiesto la necesidad de más estudios en condiciones de invernadero y campo, para establecer la dosis específica para el control de insectos, así como para determinar el volumen de aplicación de nano-insecticidas, que se correlacione también con la superficie del follaje, a dosis eficientes que no causen fitotoxicidad.

En los últimos años, el uso de la nanotecnología se ha convertido en una herramienta prometedora para el control de plagas, particularmente en el control de plagas se han probado diferentes nanopartículas contra diversas plagas, principalmente bajo condiciones de laboratorio. En los que respecta a las NPs-TiO₂, se ha demostrado su actividad insecticida sobre el picudo rojo de la palma *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Curculionidae), encontrando una mortalidad del 100% a una concentración de 75 mg/L a 10 días después del tratamiento (Al-Bartya y Hamza, 2015). En evaluaciones de ingestión, Shaker *et al.* (2017) demostraron que la aplicación de NPs-TiO₂ son efectivas después de 15 días a 62.5 y 125 ppm en larvas de segundo y cuarto estadio de *S. littoralis*, afectando aspectos biológicos como período larvario, pupación, emergencia de adultos, fertilidad, proporción sexual, longevidad y eclosión de huevos, además de causar malformaciones en larvas, pupas y adultos.

CONCLUSIONES

Las NPs-TiO₂ mostraron un alto efecto insecticida sobre ninfas de *B. cockerelli* en condiciones controladas de laboratorio en tomate.

La actividad insecticida de las NPs-TiO₂ indica su potencial como agentes de control y podrían ser una alternativa para su desarrollo e integración en un sistema de manejo de plagas; sin embargo, se necesitan estudios en invernadero y campo.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada al estudiante del programa de Maestría en Ciencias en Parasitología Agrícola José Angel Gutiérrez Ramírez, a la UAAAN y CIQA por el apoyo para la producción de este trabajo, que derivó en la Tesis de Gutiérrez Ramírez.

Esta investigación fue financiada por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, a través de la Dirección de Investigación con el Proyecto No. 38111-425101001-2188 "Nanopartículas como alternativa al control de *Alternaria alternata* y *Bactericera cockerelli* en tomate bajo condiciones controladas".

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Al-Bartya AM, and Hamza RZ. Larvicidal, antioxidant activities and perturbation of Transaminases activities of Titanium dioxide nanoparticles synthesized using *Moringa oleifera* leaves extract against the red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*). EJPMR. 2015; 2:49-54.
2. Boxi SS, Mukherjee K, Paria S. Ag doped hollow TiO₂ nanoparticles as an effective green fungicide against *Fusarium solani* and *Venturia inaequalis* phytopathogens. Nanotechnology. 2016; 27: 085103. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26808118/> (Acceso 20 junio 2021). DOI: 10.1088/0957-4484/27/8/085103.
3. Garzón-Tiznado JA, Cárdenas-Valenzuela OG, Bujanos-Muñiz R, Marín-Jarillo A, Becerra-Flora A, Velarde-Félix S, Reyes-Moreno C, González-Chavira M, Martínez-Carrillo JL. Asociación de Hemiptera: Triozidae con la enfermedad permanente del tomate en México. Agricultura Técnica en México. 2009; 35:61-72.

4. Shaker AM, Zaki AH, Abdel-Rahim EFM, Khedr MH. TiO₂ nanoparticles as an effective nanopesticide for cotton leaf worm. *AgricEngInt: CIGR Journal*. 2017; Special issue. 61-68. Disponible en: <https://cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/4390> (Acceso 20 julio 2021).
5. Vega-Gutiérrez MT, Rodríguez-Maciel JC, Díaz-Gómez O, Bujanos-Muñiz R, Mota-Sánchez D, Martínez-Carrillo JL, Lagunes-Tejeda A, Garzón-Tiznado JA. Susceptibilidad a insecticidas en dos poblaciones mexicanas del salerillo, *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae). *Agrociencia*. 2008; 42:463-471.

Sección: Sanidad vegetal

REPELENCIA DE *Bactericera cockerelli* (HEMIPTERA: TRIOZIDAE) A ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA *Ocimum basilicum* INTEGRADO EN PELÍCULA PLÁSTICA POR NANOTECNOLOGÍA

Agustín Hernández Juárez^{1*}, Luis Alberto Aguirre Uribe¹, Ernesto Cerna Chávez¹, Julio Cesar Chacón Hernández², Juan Mayo Hernández³, Epifanio Castro del Angel¹

¹Departamento de Parasitología-Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ²Instituto de Ecología Aplicada-Universidad Autónoma de Tamaulipas, ³Universidad Tecnológica de Tehuacán

chinoahj14@hotmail.com

Palabras clave: Libre elección, Nanopartículas, Paratrioza.

INTRODUCCIÓN

El psílido del tomate *Bactericera cockerelli* (Sulc) (Hemiptera: Triozidae) es una plaga de importancia económica en diversos cultivos; con preferencia para depositar sus huevos y desarrollar sus poblaciones en solanáceas como chile (*Capsicum* spp. L.), tomate (*Solanum lycopersicum* L.), tomatillo (*Physalis* spp. L.) y papa (*Solanum tuberosum* L.) (Ramírez *et al.*, 2008). Esta plaga es de importancia debido al daño directo que ocasiona al momento de la alimentación, durante la cual, las ninfas producen una toxina que daña las células que producen clorofila en las hojas y daño indirecto por la transmisión de *Candidatus Liberibacter solanacearum* que provoca permanente del tomate en *S. lycopersicum* (Garzón *et al.*, 2009). El control de *B. cockerelli* se basa casi exclusivamente en la aplicación de insecticidas químicos. No obstante, aún y cuando se dispone de insecticidas efectivos, el control en campo no ha sido totalmente efectivo, en muchos casos por la dificultad que se tiene para llegar al envés de las hojas inferiores, donde preferentemente se alimenta y reproduce *B. cockerelli*, o por las frecuentes aplicaciones de insecticidas que tienen el mismo modo de acción y que pueden inducir resistencia en este insecto (Rubio *et al.*, 2013). Se estima que hasta el 90% de los agroquímicos aplicados pueden perderse sin llegar a cumplir su objetivo, aumentando dosis y mayor frecuencia de aplicación, elevando costos y con efectos secundarios en el cultivo y medio ambiente (Nakamatsu, 2002).

Se han priorizado los aspectos ambientales, conduciendo muchas investigaciones hacia el descubrimiento de nuevas materias bioactivas que puedan ser empleadas en el manejo integrado de plagas. En este sentido, la tecnología de liberación controlada de sustancias activas es una alternativa en el desarrollo de sistemas de liberación sostenibles utilizando nanopartículas (NPs) que pueden aumentar la eficiencia de los pesticidas y también puede reducir sus efectos ambientales adversos (Nakamatsu, 2002). Algunos paradigmas comunes de los insecticidas explorados con este enfoque de nanotecnología son los aceites esenciales, de tal manera que se busca a través de la nanotecnología incorporar moléculas bioactivas en películas plásticas para desarrollar posteriormente acolchados que protejan al cultivo de la forma tradicional y además liberen moléculas que repelen insectos plaga. El objetivo de esta investigación fue evaluar sobre *B. cockerelli* en tomate, el efecto de repelencia del aceite esencial de albahaca *Ocimum basilicum* L. (Lamiaceae) integrado en película plástica por nanotecnología bajo condiciones de laboratorio.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo bajo condiciones de Laboratorio (25 ± 5 °C, 60 ± 10% HR y 14:10 h luz: oscuridad de fotoperiodo) en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Se utilizaron una línea de invernadero de *B. cockerelli* desarrollada en plantas de tomate, libre de patógenos y parasitoides, y película plástica monocapa transparente con nanopartículas cargadas de aceite esencial de albahaca *O. basilicum* en tres concentraciones de 1, 3 y 5%, desarrollada en el Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA). La prueba de repelencia se llevó a cabo por el método de ensayo de libre elección. Para este método se adaptaron recipientes de acrílico de 40 cm altura por 20 cm de largo y ancho, cubiertos en la boca del mismo con una pequeña sección con tela tipo organza para permitir ventilación y el paso de oxígeno/bióxido de carbono. Se preparó un arreglo de cinco recipientes en forma de "X"; el recipiente central se conectó con los demás mediante tubos de 10 cm. Cada recipiente se diseñó para contener una planta de tomate *S. lycopersicum* var. Rio Grande y en 2 de ellas se colocó la película con aceite esencial a razón de 100 cm² por planta y 2 plantas sin aceite esencial y el recipiente central se dejaron sin planta.

Inmediatamente en el recipiente central se liberaron 40 insectos adultos sin sexar. Se establecieron 2 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, correspondiendo al aceite esencial y su testigo. Para la evaluación se registró el arribo de insectos a la 1 y 24 horas después de la exposición de los insectos a los tratamientos y la oviposición a las 24 horas. Con los datos de ambas pruebas se obtuvo el índice de repelencia por las películas plásticas con aceite esencial con la ecuación:

$$\text{Índice de repelencia (IR)} = 2G / (G + P);$$

Dónde: G=Porcentaje de insectos en el tratamiento y P=Porcentaje de insectos en el testigo. Se utilizó como referencia: (IR=1) Neutro; (IR>1) Atrayente; (IR<1) Repelente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó a la primera hora después de iniciado el experimento (durante el cual el insecto inicia el proceso de búsqueda de alimento), un arribo de *B. cockerelli* muy bajo en las plantas de tomate, con un índice de repelencia (Cuadro 1). A las 24 horas de exposición, el arribo de *B. cockerelli* se maximizó en todas las concentraciones debido a la adaptación que tuvo la plaga al estar expuesta a los diferentes tratamientos, sin cambio al observado a la hora de evaluación, con un índice de repelencia más marcado en la albahaca al 5% (Cuadro 1).

Cuadro 1. Arribo de adultos de *B. cockerelli* en plantas de tomate var. Rio Grande con plásticos cargados con aceite esencial de albahaca a 1 y 24 horas de exposición bajo condiciones de laboratorio.

| Tratamientos | Repeticiones | | | Total | (%) | IR | Repeticiones | | | Total | (%) | IR | Referencia |
|--------------|--------------|---|---|-------|-------|------|--------------|----|----|-------|-------|------|------------|
| | 1 | 2 | 3 | | | | 1 | 2 | 3 | | | | |
| Albahaca 1% | 3 | 1 | 1 | 5 | 38.46 | 0.66 | 17 | 7 | 18 | 42 | 39.25 | 0.79 | Repelente |
| Testigo | 3 | 2 | 3 | 8 | 61.54 | | 29 | 13 | 23 | 65 | 60.75 | | |
| Albahaca 3% | 2 | 0 | 0 | 2 | 18.18 | 0.61 | 14 | 7 | 10 | 31 | 38.27 | 0.76 | Repelente |
| Testigo | 1 | 7 | 1 | 9 | 81.82 | | 10 | 19 | 21 | 50 | 61.73 | | |
| Albahaca 5% | 1 | 0 | 0 | 1 | 11.11 | 0.56 | 3 | 2 | 3 | 8 | 12.70 | 0.26 | Repelente |
| Testigo | 3 | 3 | 2 | 8 | 88.89 | | 11 | 25 | 19 | 55 | 87.30 | | |

%=Porcentaje del total de cada tratamiento con su testigo. IR=Índice de repelencia. (IR=1) Neutro; (IR>1) Atrayente; (IR<1) Repelente.

La oviposición durante 24 horas reflejó el movimiento que realizaron los insectos durante el tiempo de evaluación, observándose en las tres concentraciones repelencia, al igual que en el arribo a las 1 y 24 horas (Cuadro 2).

Cuadro 2. Oviposición de adultos de *B. cockerelli* en plantas de tomate var. Rio Grande con plásticos cargados con aceite esencial de albahaca a 24 horas de exposición bajo condiciones de laboratorio.

| Tratamientos | Repeticiones | | | Total | (%) | IR | Referencia |
|--------------|--------------|----|----|-------|-------|--------------|------------------|
| | 1 | 2 | 3 | | | | |
| Albahaca 1% | 9 | 21 | 31 | 61 | 43.26 | 0.865 | Repelente |
| Testigo | 19 | 42 | 19 | 80 | 56.74 | | |
| Albahaca 3% | 24 | 0 | 0 | 24 | 24.74 | 0.495 | Repelente |
| Testigo | 41 | 17 | 15 | 73 | 75.26 | | |
| Albahaca 5% | 1 | 0 | 0 | 1 | 1.16 | 0.023 | Repelente |
| Testigo | 1 | 29 | 55 | 85 | 98.84 | | |

%=Porcentaje del total de cada tratamiento con su testigo. IR=Índice de repelencia. (IR=1) Neutro; (IR>1) Atrayente; (IR<1) Repelente. Letras iguales entre tratamientos no difieren significativamente (ANOVA y prueba de DMS; P>0.05).

Es notorio que la película monocapa transparente es efectiva al liberar el aceite de manera gradual para repeler a los insectos. Cabe mencionar que en los tratamientos que contenían aceite esencial, muchos insectos presentes no se posaban directamente en la planta; esto indicaba que el insecto al percibir el aroma del aceite no le era preferente para alimentación y oviposición, puesto que su comportamiento y

desplazamiento era hacia las paredes del recipiente alejándose de la planta; esto puede explicar la baja presencia de insectos y baja oviposición.

La nanotecnología es una alternativa con mucho potencial para el control de plagas agrícolas; no obstante, se requiere mayor investigación en esta disciplina. La liberación controlada y lenta de las moléculas activas se puede lograr en función de las propiedades de degradación del polímero, la unión de los ingredientes al material y las condiciones ambientales. Algunos beneficios comunes de las formulaciones de pesticidas basadas en NPs, incluyen: (a) mayor solubilidad de los ingredientes activos insolubles en agua, (b) mayor estabilidad de la formulación, (c) eliminación de solventes orgánicos tóxicos en comparación con pesticidas convencionales, (d) capacidad para liberación lenta de ingredientes activos, (e) estabilidad mejorada para prevenir su degradación temprana, (f) movilidad mejorada y mayor actividad insecticida debido a un tamaño de partícula pequeño, y (g) mayor área de superficie que prolongue su longevidad (Sasson *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

La integración de aceite esencial de albahaca en película plástica por nanotecnología repele adultos de paratrioza *B. cockerelli*. La nanotecnología es muy prometedora para su desarrollo e integración en un manejo integrado de plagas en pruebas de campo para el control de *B. cockerelli*.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece a la empresa Extrisa S.A. de C.V., al CIQA y a la UAAAN por el apoyo brindado en colaboración para llevar a cabo el proyecto de investigación. Esta investigación fue financiada por Extrisa S.A. de C.V., en convenio de colaboración con la UAAAN en proyecto de Investigación Desarrollo de una Película Tricapa para Acolchado Agrícola con Nanopartículas de Aceites Esenciales Repelentes de Insectos Plaga en Cultivos de Importancia Agroindustrial, en el Programa de Estímulos a la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación 2018 en su modalidad Proyectos en Red Orientados a la Innovación (PROINNOVA) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Garzón TJA, Cárdenas VOG, Bujanos MR, Marín JA, Becerra FA, Velarde FS, Reyes MC, González CM, Martínez CJL. Asociación de hemíptera: Triozidae con la enfermedad permanente del tomate en México. Agricultura Técnica en México. 2009; 35(1):61-72.
2. Nakamatsu J. Matrices Poliméricas para Liberación Controlada de Sustancias Activas. Revista de Química. 2002; 16(1-2):13-23.
3. Ramírez GM, Santamaría CE, Méndez RJS, Ríos FJL, Hernández SJR, Pedro MJG. Evaluación de insecticidas alternativos para el control de paratrioza (*Bactericera cockerelli* B. y L.) (Homoptera: Triozidae) en el cultivo de chile jalapeño (*Capsicum annum* L.). RChSZA. 2008; 76: 47-56.
4. Rubio COA, Cadena HMA, Vázquez CMG. (2013) Manejo integrado de la punta morada de la papa en el Estado de México. Folleto Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRCE. Campo Experimental Valle de México. Sitio Experimental Metepec: pp40.
5. Sasson Y, Levy-Ruso G, Toledano O, Ishaaya I. Nanosuspensions: Emerging Novel Agrochemical Formulations. En: Ishaaya I, Horowitz AR, Nauen R. (Eds.). Insecticides Design Using Advanced Technologies, 2007; 1-39. doi:10.1007/978-3-540-46907-0_1.

Sección: Sanidad vegetal

EVALUACIÓN *in vitro* DEL POTENCIAL ANTAGÓNICO DE ACTINOMICETOS PARA EL CONTROL DE ANTRACNOSIS EN *Musa paradisiaca*

Ángela Juárez Juárez¹, Patricia Rivas Valencia², Leticia Robles Yerena³, Raúl Asael Rodríguez Villarreal⁴, Raúl Rodríguez Guerra⁵.

¹Depto. Fitotecnia-UACH; ²CE Valle de México-CIRCE-INIFAP; ³CNRF-SENASICA; ⁴Fac.Ciencias Biológicas-UANL; ⁵CE General Terán-CIRNE-INIFAP.

angela.juarezj9@gmail.com

Palabras clave: Biocontrol, fitopatógeno, confrontación dual.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades postcosecha causan grandes pérdidas económicas, el control convencional para estas enfermedades es el uso de fungicidas sintéticos. Sin embargo, la aplicación masiva y constante de materias activas similares, genera resistencia a los patógenos. Por otro lado, el cambio de tendencia en el mercado hacia productos sanos, libres de fungicidas obliga a buscar nuevas alternativas para el control de las enfermedades. El control biológico basado en la aplicación de antagonistas microbianos en la etapa postcosecha es factible, debido a que están sujeto a menores cambios ambientales por el almacenamiento controlado. Dentro de estos microorganismos se encuentran los actinomicetos, que han mostrado ser prometedores en sus actividades biológicas contra patógenos, por su producción de metabolitos bioactivos (Evangelista *et al.*, 2017). Por lo anterior el objetivo fue identificar la especie, confirmar los postulados de Koch y evaluar el efecto antagonista de los actinomicetos en *Colletotrichum* sp. obtenido de *Musa paradisiaca* 'Tabasco' para su posible uso como medio de control biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 128 morfotipos de actinomicetos aislados de la rizosfera de árboles de aguacate, clasificados por morfotipos y muestra de suelo, colectados en el municipio Bustamante, Nuevo León.

Caracterización morfológica y patogenicidad de *Colletotrichum* sp. El hongo fue aislado directamente del fruto de *M. paradisiaca* 'Tabasco' que presentaba síntomas típicos de antracnosis, sembrado en medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA) e incubado a 27 °C y purificado mediante punta de hifa. Con el hongo ya identificado se procedió a realizar los postulados de Koch a fin de reproducir los síntomas previamente observados, para ello frutos sanos de *M. paradisiaca* 'Tabasco', fueron previamente desinfectados con hipoclorito de sodio al 1 %, colocados en cámara húmeda e inoculados con y sin herida con 10 µl de una solución de esporas de 1 x 10⁶ conidios ml⁻¹, y el testigo inoculado con agua destilada estéril. Cada tratamiento con 3 repeticiones. Se mantuvo a temperatura ambiente 23 ± 2 °C y en observación hasta la aparición de los síntomas típicos de Antracnosis. Al final se reaisló el hongo *Colletotrichum* sp. del síntoma formado y se confirmó su presencia con la medición de ancho y largo de conidios y apresorios, así como la descripción cultural de la colonia (Majumdar y Mandal, 2019).

Pruebas preliminares del potencial antagonístico de actinomicetos. Una prueba rápida y sin repeticiones se realizó con el fin de elegir los actinomicetos que mostraran actividad antagonística. Para ello en cajas Petri 60 x 15 mm con agar nutritivo (BIOXON) se colocó en el centro un sacabocado de 3.6 mm de *Colletotrichum* sp. y alrededor se sembraron 4 diferentes morfotipos de actinomicetos de la misma dimensión que el hongo. Se sembraron 32 cajas Petri en total. Se tomaron datos de crecimiento radial del hongo hacia el actinomiceto al tercer día después de haber establecido la prueba y se calculó el porcentaje de inhibición crecimiento radial (PICR) respecto al testigo. De esta primera prueba se seleccionaron los

morfotipos que alcanzaron a inhibir $\geq 50\%$ al hongo patógeno, y éstos se sometieron a una segunda prueba, con 3 repeticiones para observar la permanencia de su capacidad antagonista y seleccionarlos para una prueba de confrontación dual.

Confrontación dual de actinomicetos vs *Colletotrichum* sp. De los morfotipos con PICR $\geq 50\%$ se sometieron a confrontación dual para asegurarse que específicamente ese actinomiceto estaba mostrando la actividad inhibitoria y no fuera una interacción entre los demás actinomicetos. Se estableció un experimento en un diseño en bloques completamente al azar (cada unidad experimental consistió en un morfotipo confrontado al hongo patógeno con tres repeticiones) y el testigo únicamente el hongo fitopatógeno. Se realizó la medición de crecimiento radial (mm) del hongo en dirección a la colonia del actinomiceto, a los 5 días momento en la cual el testigo tuvo un 80 % de crecimiento micelial (Rodríguez *et al.*, 2020). Se calculó el porcentaje de inhibición del hongo respecto al testigo con la fórmula:

$$\% \text{ Inhibición} = \frac{100 \times (\text{crecimiento del testigo} - \text{crecimiento del tratamiento})}{\text{crecimiento del testigo}}$$

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) con el programa SAS System.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica y patogenicidad de *Colletotrichum* sp

La colonia presentó micelio blanco con masas de esporas color naranja, con crecimiento circular y un diámetro de crecimiento de 83.34 mm a los 9 días después de siembra, las dimensiones de los conidios oscilaron de 8.14 - 16.88 a 3.52 - 7.51 μm , los apresorios irregulares de 8.14 - 16.88 a 3.52 - 7.51 μm ubicándose en los rangos reportados para *C. gloeosporioides* por Majumdar y Mandal, 2019 (Figura 1). Las pruebas de patogenicidad confirmaron los postulados de Koch, al reproducir los síntomas típicos de la antracnosis.

Pruebas preliminares del potencial antagonista de actinomicetos.

De la primera prueba se seleccionaron 60 morfotipos por su PICR 50.12 - 97.51 %, en la segunda prueba 20 morfotipos con PICR 50.28 - 78.13 %, teniendo así en total 60 unidades experimentales más el testigo para la confrontación dual.

Confrontación dual de actinomicetos vs *C. gloeosporioides*. Los resultados del análisis de varianza resultaron altamente significativos para la variable PIRC por efecto de los actinomicetos en *C. gloeosporioides*. Los morfotipos identificados como M60 (56.36 %), M54 (54.77 %) y M41 (52.33 %) (Tukey, $p \leq 0.05$).

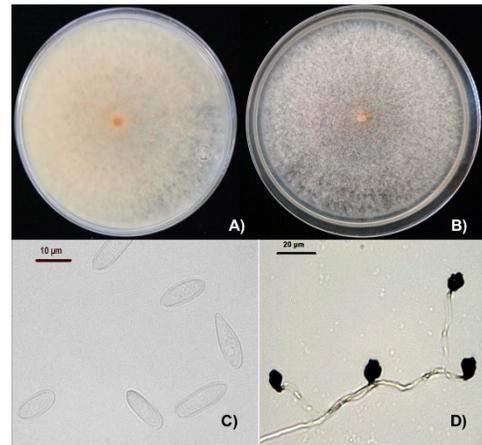


Figura 1. A) y B) Pigmentación de la colonia en PDA sintético. C) Conidios y D) Apresorios de *C. gloeosporioides* aislado de *M. paradisiaca* (Juárez, 2021).

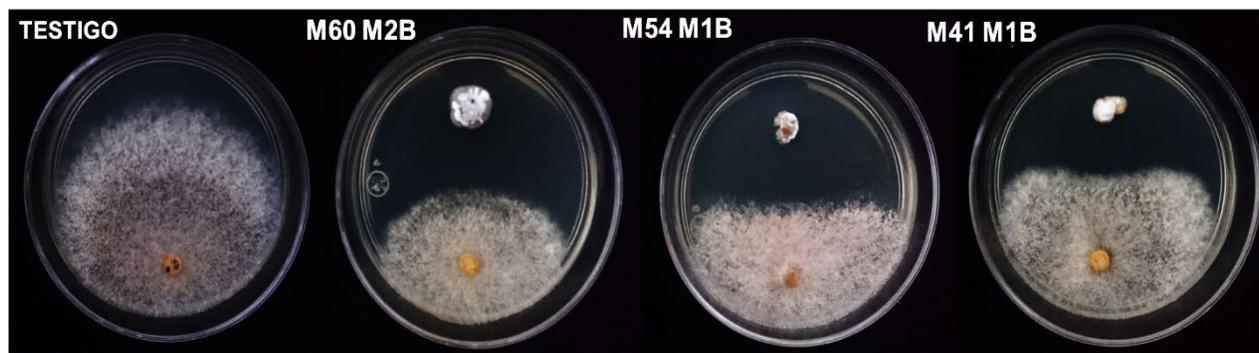


Figura 2. Inhibición del crecimiento de *C. gloeosporioides* aislado de *Musa paradisiaca* 'Tabasco' al confrontarse con los actinomicetos respecto al testigo (Juárez, 2021).

La inhibición de los fitopatógenos por parte de los actinomicetos se dio sin ningún contacto entre ellos lo que sugiere la presencia de algunos metabolitos secretados (Sánchez *et al.* 2019). En las pruebas preliminares se obtuvo un PICR mayor comparado con las confrontaciones duales, probablemente debido a la disminución de la producción de los compuestos con capacidad inhibitoria a *C. gloeosporioides*. Selim *et al.*, 2021 afirma que los actinomicetos tienen la capacidad de producir antibióticos que incluyen pigmentos, dependiendo de las condiciones de nutrición y cultivo estas pueden incrementarse o perderse por completo.

CONCLUSIONES

En este estudio se confirmó morfológica y patogénicamente a *C. gloeosporioides* como el agente causal de la antracnosis en *M. paradisiaca* 'Tabasco'. Se determinó que los morfotipos M54, M60 y M41, causaron más del 50 % de inhibición micelial de *C. gloeosporioides*. El estudio de los actinomicetos *in vitro* ofrecen alternativas de agentes de biocontrol para el género *Colletotrichum* y otros patógenos en postcosecha.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A la titular del Laboratorio de Sanidad Vegetal del Campo Experimental Valle de México del INIFAP por el espacio para el desarrollo de la Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Evangelista, M.Z.; Quiñones, A.E.E.; Rincón, E.G. 2017. Potencial biotecnológico de las actinobacterias aisladas de suelos de México como fuente natural de moléculas bioactivas: compuestos antimicrobianos y enzimas hidrolíticas. *Temas de Ciencia y Tecnología* 21(63):39–51. http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas63/T63_E011-2017.pdf
- Juárez, J.A. 2021. Evaluación de potencial antagónico de actinomicetos para *Colletotrichum* spp. y *Fusarium* spp. en enfermedades postcosecha. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. 71 pp.
- Majumdar, N. Mandal, N.C. 2019. Influence of culture media on mycelial growth, sporulation and spore size of quiescent pathogen *Colletotrichum gloeosporioides* isolated from banana. 8: 385-390.
- Sánchez, G.B.M.; Ramírez, P.J.G.; Guevara, A.L.P.; Raya, P.J.C.; Covarrubias, P.J.; Mora, A.M.A. 2019. Actinobacterias con potencial antagónico *in vitro* a hongos fitopatógenos y promoción del crecimiento en plantas de Chile. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 23: 339 – 344.

Selim, M.S.M.; Abdelhamid, S.A.; Mohamed, S.S. 2021. Secondary metabolites and biodiversity of actinomycetes. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology* 19(72). <https://doi.org/10.1186/s43141-021-00156-9>

Rodríguez, G.R.; Castillo, R.F.; Ledesma, B.B.; Calderón, R.A. 2020. Soil diversity and antagonism of actinobacteria against *Sclerotium rolfsii*. *Biotecnología y Sustentabilidad* 5(1):19 – 36. https://www.researchgate.net/publication/348690540_Soil_diversity_and_antagonism_of_actinobacteria_against_Sclerotium_rolfsii

REUNIÓN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN AGRÍCOLA

Sección: Sanidad Vegetal

MODELACIÓN DE LA DINÁMICA POBLACIONAL DE LA CONCHUELA DEL FRIJOL *Epilachna varivestis* MULSANT EN GUANAJUATO.

Carlos Cuéllar Zambrano*1, Juan Ángel Quijano Carranza1, Ricardo Yáñez López1, Antonio Vásquez Ortega2, Honorato Arreguín Centeno2

1CE Bajío-CIRCE-INIFAP; 2TECNOLÓGICO DE ROQUE-TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

cuellar.carlos@inifap.gob.mx

Palabras clave: simulación dinámica, unidades calor, tiempo fisiológico.

INTRODUCCIÓN

La conchuela del frijol (*Epilachna varivestis* Mulsant) es una de las principales plagas del cultivo de frijol, las larvas y los adultos de este insecto se alimentan de las hojas durante todo el ciclo del cultivo, y las pérdidas en el rendimiento pueden ser considerables cuando la defoliación alcanza el 80% en etapa vegetativa o el 20% en etapa reproductiva y llenado de vaina (Schaafsma y Ablett, 1994; Fan *et al.* 1993). Los adultos hibernan en hojarasca o en residuos de cosecha y su emergencia coincide con las primeras lluvias en los meses desde finales de abril hasta junio. La emergencia se ve favorecida por eventos de lluvia superiores a los 15mm (Bernhardt y Shepard, 1978).

La tasa de desarrollo de los insectos es proporcional a la temperatura del ambiente (Meyer, 2016), el empleo de unidades calor o grados día de desarrollo (tiempo fisiológico) para estimar su desarrollo y el uso de herramientas analíticas permite realizar una estimación muy precisa de la dinámica poblacional, lo cual permite un mejor entendimiento de los cambios en la intensidad de la incidencia y la distribución de plagas a través de los años.

Con el objetivo de contar con una herramienta que permita estimar el comportamiento de la dinámica poblacional de *E. varivestis*, aquí se presenta un modelo de simulación que representa el desarrollo del insecto para estimar la dinámica poblacional diaria en función del tiempo fisiológico y las condiciones ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo se construyó en la plataforma VENSIM versión 5.6d. En el cuadro 1 se presentan las variables de estado que componen la estructura principal del modelo.

Cuadro 1. Variables de estado del modelo de dinámica poblacional de la conchuela del frijol.

| VARIABLE DE ESTADO (MODELO) | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| ADULTO HIB | Población de adultos hibernantes |
| HEMBRAS REPRODUCTIVAS | Población de hembras reproductivas |
| HUEVO | Población de huevos |
| LARVA 1 | Población de larvas de primer instar |
| LARVA 2 | Población de larvas de primer instar |
| LARVA 3 | Población de larvas de primer instar |
| LARVA 4 | Población de larvas de primer instar |
| PREPUPA | Población de pre-pupas |
| PUPA | Población de pupas |
| ADULTO | Población de adultos |

La fenología del insecto se calcula sumando las unidades calor diarias obtenidas mediante el método residual y se representa con números enteros consecutivos del 0 al 7, donde 0 corresponde a desarrollo nulo.

$$UC = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base}$$

Donde:

UC = las unidades calor diarias

Tmax = la temperatura máxima del día

Tmin = la temperatura mínima del día

Tbase = temperatura mínima para el desarrollo del insecto

En el cuadro 2 se presentan los requerimientos térmicos del insecto que se obtuvieron del trabajo de tesis que realizó Urbano Nava en 1986.

Cuadro 2. Requerimientos térmicos de la conchuela del frijol.

| ETAPA BIOLÓGICA | TEMPERATURA BASE (°C) | UNIDADES CALOR |
|---------------------|-----------------------|----------------|
| Huevo | 10 | 76.9 |
| Larva de 1er instar | 8.9 | 61.3 |
| Larva de 2do instar | 10.1 | 41.7 |
| Larva de 3er instar | 7.4 | 65.8 |
| Larva de 4to instar | 8.6 | 71.4 |
| Prepupa | 7.9 | 33.1 |
| Pupa | 9.5 | 87.7 |

El modelo asume una población inicial de 1000 adultos hibernantes (Biofix) y una prolificidad de 650 huevos por hembra que oviposita en un promedio de 8 días. Debido a que los eventos de lluvia mayor a 15mm son aislados, se utilizó la humedad residual del suelo para darle continuidad temporal al modelo. Puede haber reproducción y desarrollo del insecto mientras haya cultivo en desarrollo, por lo que la población de adultos que no alcance a reproducirse pasará a la población de adultos hibernantes. El cálculo de la fenología del insecto inicia cuando la humedad residual del suelo rebasa los 50mm. Los datos meteorológicos se obtuvieron de la red de estaciones automatizadas de la Fundación Guanajuato Produce.

$$Humres = Rain - eto * 0.5$$

Donde:

Humres = humedad residual del suelo

Rain = precipitación diaria

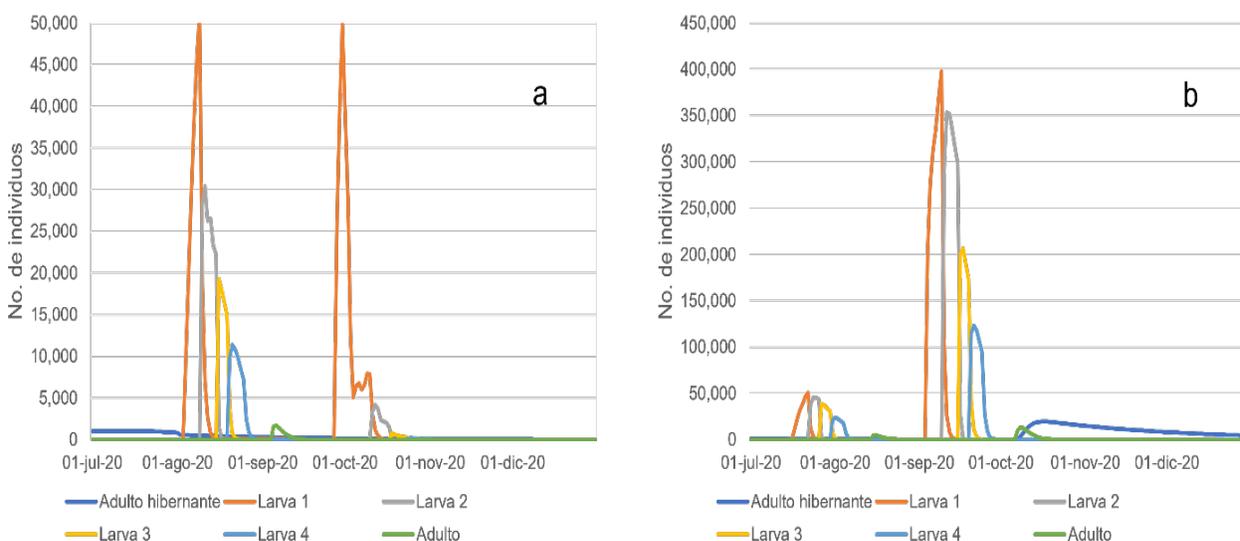
eto = evapotranspiración de referencia diaria

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se muestra la dinámica poblacional de *E. varivestis* en dos localidades del estado de Guanajuato en el ciclo primavera-verano 2020. Se observan diferencias notables tanto en el comportamiento de la dinámica como en la cantidad de individuos, lo cual se puede apreciar en las escalas de los dos gráficos. En ambas localidades se distinguen claramente dos generaciones.

En la localidad de Huatzindeo en Salvatierra localizado en la región del bajo del estado, se observa la aparición de larvas de primer instar a partir del 17 de julio para la primera generación además de que hay una población considerable de adultos hibernantes para el siguiente ciclo de cultivo.

Figura 1. Dinámica poblacional de *E. varivestis*, a) El vergel San Felipe, b) Huatzindeo Salvatierra.



Mientras que, en El vergel del municipio de San Felipe ubicado en el norte del estado y siendo el más importante en cuanto a superficie sembrada de frijol (SIAP, 2020), se observa que las larvas de primer instar aparecen a partir del 4 de agosto y no hay población significativa de adultos hibernantes al final del ciclo.

CONCLUSIONES

El modelo representa correctamente la dinámica poblacional de la conchuela, respondiendo a los cambios en las condiciones de humedad del suelo y temperatura de cada localidad. Puede ser de mucha utilidad para estimar probabilísticamente la aparición de las diferentes etapas del insecto utilizando series climáticas de al menos 10 años por estación. Para validar el modelo se requiere contar con datos de muestreo, lo cual está contemplado como siguiente paso para darle continuidad a este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernhardt JL, and Shepard M. 1978. Overwintered Mexican Bean Beetles: Emergence from Overwintering Sites, Fecundity, Fertility, and Longevity. Ann. Entomol. Soc. Am. 71: 724-72.

Fan Y, Groden E, Liebman M, Alford AR. 1993. Response of dry bean yield to injury by Mexican bean beetle (Coleoptera: Coccinellidae) in low-input and conventional cropping systems. Journal of Economic Entomology 86: 1574-1578.

Meyer JR. 2016. The Concept of Physiological Time. En línea: <https://projects.ncsu.edu/cals/course/ent425/library/tutorials/ecology/physiological.html> Fecha de consulta: julio 2021.

Schaafsma AW, Ablett GR. 1994. Yield loss response of navy bean to partial or total defoliation. *Journal of Production Agriculture* 7: 202-205.

SIAP (Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2020) Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (México). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: julio 2021.

Sección: Sanidad vegetal

ETIOLOGÍA Y EVALUACIÓN *IN VITRO* DE ACTINOBACTERIAS PARA EL CONTROL DE *Monilinia* spp. EN DURAZNO

Rosario Sandoval Gaona 1, Leticia Robles Yerena², Patricia Rivas Valencia³, Raúl Asael Rodríguez Villarreal⁴, Raúl Rodríguez Guerra⁵.

1Depto. Fitotecnia-UACH; 2CE Valle de México-CIRCE-INIFAP; 3CNRF-SENASICA; 4Fac.Ciencias Biológicas-UANL; 5CE General Terán-CIRNE-INIFAP.

rsg2908@hotmail.com

Palabras clave: Antagonismo, Control biológico, Fitopatógeno.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad fúngica más importante en el cultivo del duraznero es la “pudrición parda” o “pudrición café” que tiene como agente causal en México a *Monilinia* spp. (G. Winter) Honey, la cual afecta ramas, flores y frutos. *Monilinia* spp., provoca la pudrición que afecta a los duraznos, cerezos, ciruelos, albaricoques y almendros con casi la misma severidad causando pérdidas entre un 50 a un 70%, e incrementando el costo de producción (Agrios, 2005). Con la finalidad de dar alternativas de control biológico contra hongos fitopatológicos se ha considerado a las actinobacterias, que son microorganismos que participan activamente en la descomposición de la materia orgánica de los suelos. La importancia de estas bacterias radica en que algunas especies producen metabolitos bioactivos empleados en el tratamiento de enfermedades provocadas por microorganismos patógenos. Las actinobacterias tienen una perspectiva interesante sobre el potencial biotecnológico en el desarrollo de nuevos productos que sean empleados para el control biológico de las enfermedades que afectan a los cultivos de importancia para la alimentación (Evangelista, *et al.*, 2017). Debido a que se aplican en exceso toneladas de fungicidas en México es importante dar alternativas de control para hongos patógenos de los cultivos. Por lo anterior, se identificará al agente causal de la pudrición parda por morfología y postulados de Koch y se implementará un experimento con actinobacterias para evaluar su efecto antagónico contra *Monilinia* spp., como una estrategia de control biológico.

MATERIALES Y MÉTODOS

La fuente de inóculo se obtuvo de duraznos con manchas cafés, colectadas en el municipio de Coatepec de Harinas, Estado de México. Se cortaron fragmentos de tejido con síntomas de la enfermedad, se desinfestaron en hipoclorito de sodio al 1 %, con agua y se colocaron en cajas Petri con medio de cultivo de Papa Dextrosa Agar (PDA), las siembras fueron colocadas a 27°C durante 9 días, posteriormente se purificó mediante un cultivo monospórico. La colonia se caracterizó morfológicamente con la clave taxonómica EPPO, 2009 y se realizaron los postulados de Koch utilizando frutos desinfestados e inoculados con y sin herida, considerando su respectivo testigo y repeticiones, la prueba se mantuvo a ambiente 23 ± 2 °C hasta la aparición de los síntomas típicos de *Monilinia* spp. Por otro lado, se utilizaron 128 morfotipos de actinomicetos aislados de la rizosfera de árboles de aguacate, clasificadas en Muestra 1 Bustamante (M1B) y Muestra 2 Bustamante (M2B), colectados en el municipio Bustamante, Nuevo León.

Para determinar la actividad antagónica de las actinobacterias contra *Monilinia* spp., se utilizó un protocolo descrito por Benítez *et al.*, (2007). Se realizaron 4 ensayos *in vitro* que consistieron en una confrontación actinobacteria-hongo con incubación de 8 días a 27°C el primer ensayo y los 3 ensayos restantes con un establecimiento de 6 días a 23 ± 2°C. El primer ensayo se llevó a cabo colocando 4 actinobacterias en los cuatro puntos cardinales de la caja Petri (60x15 mm) a 2 cm de distancia del hongo en medio Agar Nutritivo (AN), colocando al centro un disco de 3.6 mm de diámetro de crecimiento del hongo fitopatógeno, se mantuvo en incubación y se evaluó al octavo día de establecido. El segundo ensayo se realizó con las actinobacterias seleccionadas en el ensayo 1 colocando 4 actinobacterias por caja Petri, con tres repeticiones cada tratamiento y el testigo. En el tercer ensayo, se utilizaron las actinobacterias seleccionadas del segundo ensayo, en confrontación dual con 3 repeticiones por tratamiento colocando el fitopatógeno y las actinobacterias al mismo tiempo. El cuarto ensayo consistió en dejar crecer 3 días el disco de actinobacterias utilizadas en el tercer ensayo y después se colocó el disco de *Monilinia* spp. con el objetivo de dar tiempo a la colonia de actinobacteria liberar sus compuestos en el medio de cultivo. Se

calculó el porcentaje de inhibición del hongo respecto al testigo con la fórmula: $\% \text{ Inhibición} = \frac{100 \times (\text{crecimiento del testigo} - \text{crecimiento del tratamiento})}{\text{crecimiento del testigo}}$. Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza y una comparación de medias de medias (Tukey, $p \leq 0.05$) con el programa SAS System.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las características morfológicas de *Monilinia* spp. 9 dds, fueron abundantes conidióforos muy ramificados con apertura de 45°, anillos concéntricos con borde de rosetas, color del micelio café oscuro, conidios de forma ovalada o globosa y medianos de 9-15 x 7-10 µm coincidiendo con *Monilinia fructicola*, según las claves de EPPO, 2009. Las pruebas de patogenicidad confirmaron los postulados de Koch, al reproducir los síntomas típicos de la pudrición café. La prueba de las actinobacterias, en el primer ensayo 41 actinobacterias reflejaron rangos de porcentaje de inhibición significativos del 80 - 91 % en MIB y de 80 - 90% en M2B. De los 41 aislados seleccionados confrontados en el segundo ensayo, 22 aislados (3, 9, 10, 11, 41, 46, 52, 53, 54, 55, 65, 67 de la M1B y 2, 27, 34, 36, 45, 59, 60, 62, 64, 74 de la M2B) presentaron rangos de porcentaje de inhibición significativos de 60-85 % contra *M. fructicola*. Del tercer ensayo en confrontación dual con tres repeticiones, solo 3 actinobacterias presentaron un porcentaje de inhibición significativo con un rango de inhibición del 54-77 %, en el Cuadro 1, se aprecia que el aislado M1B 54 presentó actividad antagónica y permanencia antibiótica a través del tiempo contra *M. fructicola*.

Cuadro 1. Resultados de prueba de comparación de medias (Tukey, $p < 0.05$) en el tercer y cuarto ensayo.

| LOC | ACTINOBACTERIA | PORCENTAJE INHIBICIÓN * | AGRUPACIÓN (Tukey, $p \leq 0.05$) |
|------|----------------|-------------------------|------------------------------------|
| ---- | TESTIGO | ----- | ----- |
| 1 | 54 | 77 | A |
| 1 | 10 | 68 | A |
| 2 | 60 | 54 | B |
| 2 | 62 | 48 | B |
| 1 | 53 | 46 | B |
| 1 | 41 | 37 | C |
| ---- | TESTIGO | ----- | ----- |
| 1 | 54 | 89 | A |
| 1 | 10 | 84 | A |
| 2 | 62 | 82 | A |
| 2 | 60 | 76 | A |

*=Porcentaje promedio obtenido con la fórmula de Badía et al., (2011). Nota: Medias con la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey, $\alpha = 0.05$.

Para el ensayo 4 aislados presentaron un porcentaje de inhibición significativo con un rango de inhibición del 76-89 %. Los aislados que finalmente presentaron mejor inhibición de crecimiento de *M. fructicola* fueron M1B 54 y 10, M2B 62 y 60 estuvieron seleccionados por ser los más contrastantes en el porcentaje de inhibición del fitopatógeno en confrontación dual (Cuadro 1).

De los 127 aislados evaluados solo 41 (32 %) inhibió el crecimiento del fitopatógeno y de ese 32 % solo 4 (3%) se seleccionaron como un aislado prometedor en investigaciones posteriores. Teniendo en cuenta a Rodríguez, et al. (2020) solo 2 (4 %) morfotipos de actinobacterias presentaron actividad antagónica, así como efecto fungistático y fungicida contra *Sclerotium rolfsii*, a partir de 20 actinobacterias aisladas de suelo cultivado y 24 de suelo no cultivado. Ratifica Dávila et al (2013) que seleccionaron sólo cuatro cepas (5%) de 70 aisladas de suelo con elevada actividad antagónica contra hongos fitopatógenos como *Alternaria* sp., *Rhizoctonia* sp., *Fusarium* sp. y *Colletotrichum* sp; mientras en otro estudio Rodríguez, et al. (2020) refiere que 7 morfotipos (3 %), a partir de 228 actinobacterias aisladas en suelos de los cultivos susceptibles de sorgo, soya, melón y chile, así como de suelos no cultivados cercanos a estos, presentaron los mayores niveles de inhibición contra *Macrophomina phaseolina*. No se encuentran estudios realizados con actinobacterias para el control de *M. fructicola*, sin embargo, Hamdali et al., 2008 y Yucel & Yamac, 2010 realizaron investigaciones que afirman que las actinobacterias controlan otro tipo de fitopatógenos como *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Colletotrichum musae*, *Cladosporium fulvum*, *Stenocarpella maydis*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* sp, *Curvularia eragrostides* entre otros, a través de la producción metabolitos secundarios y primarios como antibióticos y enzimas extracelulares. El género

Streptomyces ha sido descrito como colonizador de la rizosfera y se considera un grupo capaz de ejercer biocontrol sobre hongos fitopatógenos, producir sideróforos, sustancias promotoras del crecimiento vegetal *in vitro*, promover la nodulación y ayudar a los bacteriodes de *Rhizobium* a la asimilación del hierro en la fijación de nitrógeno en leguminosas, lo cual contribuye indirectamente a la promoción de crecimiento vegetal. El uso de estos organismos como agentes de control biológico de enfermedades radiculares es de gran interés en la actualidad (Tokala *et al.* 2002).

CONCLUSIONES

Estos resultados muestran que las actinobacterias M10, M54, M60 y M62 tienen buenas condiciones para poder ser empleadas, ya sea de manera individual o en combinación para la elaboración de una formulación o producto que ayude al control de pudrición parda que afecta al durazno, esto debido a que se encontraron altos niveles de antagonismo de las actinobacterias aisladas del suelo contra *M. fructicola*. El suelo es una fuente abundante de actinobacterias con un alto potencial para ser implementados en el control biológico de este fitopatógeno y que son factibles de aislarse e incrementarse en el medio de cultivo PDA con alto grado de eficiencia para su posterior uso en algún producto.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A la titular del Laboratorio de Sanidad Vegetal del Campo Experimental Valle de México del INIFAP por el espacio para el desarrollo de la Investigación. Los resultados son parte del proyecto de tesis de licenciatura del primer autor como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia, de la Universidad Autónoma Chapingo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agrios, G. (2005). Plant pathology fifth edition. Department of Plant Pathology (5 th ed.). Florida: Elsevier Academic Press. Pág181-182
2. Dávila, M.D.; Gallegos, M.G.; Hernández, C.D.; Ochoa, F.Y., Flores, O.A. (2013). Antagonistic actinomycetes against phytopathogenic fungi of agricultural importance. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas Vol.4 Núm.8:1187-1196.
3. Rodríguez, G.R.; Armijo, M.F.; Rodríguez, V.A.; Robledo, L.R. (2020). Diversity and antagonism to *Macrophomina phaseolina* (tassi) goid of actinobacterias isolated from soil. Revista Científica Semestral Investigación, Desarrollo e Innovación Vol. 3 Núm. 2
4. Rodríguez, G.R.; Castillo, R.F.; Ledesma, B.B.; Calderón, R.A. (2020). Soil diversity and antagonism of actinobacterias against *Sclerotium rolfsii*. Biotecnología y Sustentabilidad Vol. 5. Num. 1
5. Yucel, S., & Yamac, M. 2010. Selection of *Streptomyces* isolates from Turkish karstic caves against antibiotic resistant microorganisms. Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences. Turquía (23): 1-6

Sección: Sanidad Vegetal

EVALUACIÓN *IN VITRO* DE FUNGICIDAS PARA EL CONTROL *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*

Ernesto Fernández-Herrera^{1*}, Norma Guadalupe Tarazón-Dorame¹, Irene Iliana Ramírez-Bustos², Juan Pedro López-Córdova¹

¹ Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Carr. Bahía de Kino, Km. 21, Hermosillo, Sonora, México; ² Universidad Estatal de Sonora, Ingeniería en Horticultura. Av. Ley federal del trabajo s/n Hermosillo, Sonora, México. Apartado postal 83000.

* Autor para correspondencia: ernesto.fernandez@unison.mx

Palabras clave: Marchitez por *Fusarium*, Control químico, Fungicidas.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los 10 principales países productores de sandía en el mundo, con una producción de 1,331,508 ton y una superficie aproximada de 42,000 hectáreas (SIAP, 2018). Sin embargo, las enfermedades que afectan al cultivo de sandía constituyen una limitante para su producción en muchas partes del mundo. Entre estas enfermedades, la marchitez vascular causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* (*Fon*) es la principal enfermedad fúngica que afecta al cultivo de sandía en todo el mundo, pudiendo causar pérdidas hasta del 100% cuando no se utilizan cultivares con resistencia al hongo (Dau *et al.*, 2009).

En las últimas dos décadas ha surgido un interés creciente en la búsqueda de alternativas (químicas o ecológicas) que reduzcan las pérdidas causadas por *Fon* en el cultivo de sandía. La inducción de resistencia de la planta por medios químicos es considerada una estrategia sustentable para el manejo de las enfermedades de las plantas. En este sentido, el uso de compuestos químicos como el metil jasmonato (MeJa) que ayuda a potencializar las defensas de las plantas, representa una alternativa promisoría en el control de las enfermedades en los cultivos agrícolas. No obstante, hoy en día (a 130 años del primer reporte de *Fon* afectando cultivos de sandía) aún existe poca información sobre el uso y eficacia de fungicidas sintéticos o de la aplicación del MeJa en la incidencia y severidad de la marchitez causada por *Fon*.

Con base en lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar cuatro fungicidas sintéticos y un activador de defensa en el crecimiento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *niveum* en condiciones *in vitro*.

MATERIALES Y DISCUSIÓN

El aislado fúngico de *Fon* usado en este experimento fue aislado, identificado y proporcionado por la Dra. Irene Iliana Ramírez-Bustos (Universidad Estatal de Sonora). El aislado de *Fon* (FONRB003), conservado en papel filtro a 4 °C, se reactivó colocando una tira de papel en cajas Petri con medio PDA e incubándolas a 28 °C.

Se evaluó el efecto de cinco fungicidas: benomil 50%, tiofanato metílico 70%, fosetil-al 80%, azoxistrobin 27.7 % + metalaxil-M 10.6 % y un activador de la RSA (MeJa) a diferentes concentraciones para medir su efecto en la inhibición del crecimiento micelial de *Fon* (Cuadro 1). La inhibición de los fungicidas en el crecimiento radial de *Fon* se determinó en medio PDA que contenía las concentraciones evaluadas de cada uno de los fungicidas en cajas Petri de 9 cm de diámetro. Un disco de medio PDA (9 mm de diámetro) con

crecimiento fúngico de *Fon* de 8 días de edad, se colocó en el centro de cada caja Petri, y se incubaron a 28 °C. El diámetro del crecimiento de la colonia se determinó a las 48, 96, 144 y 192 h después de la incubación. Cada tratamiento constó de cuatro replicas. El experimento completo se realizó dos veces. El efecto de los fungicidas en la inhibición del crecimiento micelial de *Fon* se evaluó con la siguiente fórmula:

$$\text{Inhibición del crecimiento micelial del hongo (\%)} = \frac{\text{Diámetro de la colonia testigo} - \text{Diámetro de la colonia del tratamiento}}{\text{Diámetro de la colonia testigo} - 9 \text{ mm}} \times 100$$

Cuadro 1. Nombre comercial, ingrediente activo y dosis de los fungicidas evaluados en el crecimiento micelial de *F. o. f. sp. niveum* en condiciones *in vitro*.

| Nombre comercial | Ingrediente activo | Dosis evaluadas |
|------------------|-----------------------------|------------------------|
| Aliette | Fosetil-Al | 2.5 g L ⁻¹ |
| | | 3.5 g L ⁻¹ |
| Axione | Tiofanato metílico | 1 g L ⁻¹ |
| | | 2 g L ⁻¹ |
| | | 3 g L ⁻¹ |
| Bemil | Benomil | 0.5 g L ⁻¹ |
| | | 1 g L ⁻¹ |
| | | 1.5 g L ⁻¹ |
| MeJa | Metil jasmonato | 1 mM |
| Uniform | Azoxistrobin Metalaxil-M | 1 ml L ⁻¹ |
| | | 1.5 ml L ⁻¹ |
| | | 2 ml L ⁻¹ |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observó que todos los productos evaluados (fungicidas y MeJa) tienen efecto inhibitorio en el crecimiento micelial de *Fon* en condiciones *in vitro*. El porcentaje inhibitorio varió en función del fungicida y la dosis evaluada. Los fungicidas benomil y fosetil-al, en todas sus dosis, inhibieron el crecimiento micelial del hongo en 100% a las 192 h después de sembrado (HDS) en medio PDA (Figura 1), mientras que, los fungicidas tiofanato metílico y azoxistrobin + metalaxil-M redujeron el crecimiento de *Fon* en 89.6 y 72.2%, en comparación a las cajas testigo (Figura 2). El MeJa también mostró una alta inhibición del crecimiento micelial del hongo con 98.52% a las 192 HDS.

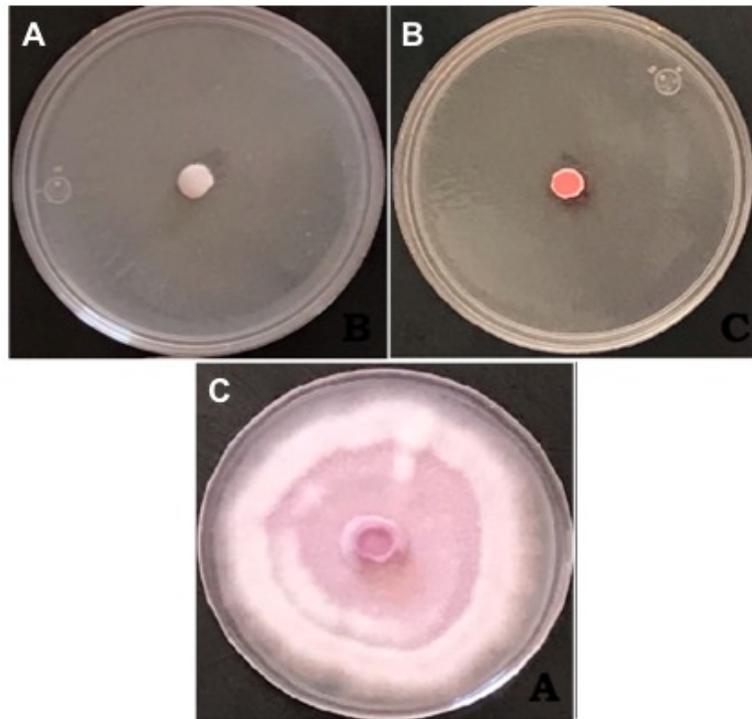


Figura 1. Efecto de fungicidas en el crecimiento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *niveum* en medio PDA. A) Tratamiento benomil a las 192 HDS, B) tratamiento fosetil-al a las 192 HDS, C) tratamiento testigo (sin fungicidas).

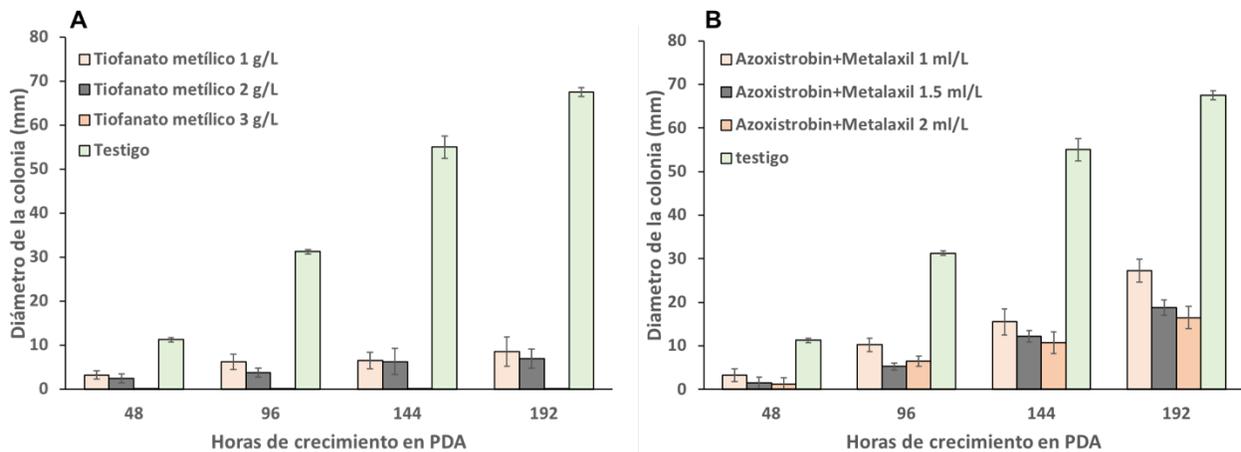


Figura 2. Efecto de concentraciones de diferentes fungicidas en el crecimiento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *niveum*. A) tiofanato metílico 70%, B) Azoxistrobin 27.7% + metalaxil-M 10.6%). La barra en cada columna representa la desviación estándar de los datos del tratamiento.

En nuestro estudio, el benomil, tiofanato metílico y fosetil-al redujeron significativamente el crecimiento micelial de *Fon* en condiciones *in vitro*, lo que sugiere que estos fungicidas podrían también ser eficaces en el control de la marchitez por *Fusarium* en condiciones de campo. Resultados similares fueron reportados por Amini y Sidovich (2010), quienes señalaron que los fungicidas benomil y carbendazim (ambos fungicidas benzimidazoles) inhibieron efectivamente el crecimiento micelial de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, no obstante fungicidas como el azoxistrobin y fludioxonil fueron menos

efectivos. Respecto al fosetil-al, contrario a nuestros resultados, se ha reportado que este fungicida tiene baja actividad contra el crecimiento micelial *in vitro*, por lo que se ha propuesto que en lugar de ejercer un efecto directo sobre el patógeno, puede actuar indirectamente al desencadenar una respuesta de defensa en el huésped (Fenn y Coffey, 1984; FRAC, 2019). No obstante, en nuestro estudio el fosetil-al mostró un efecto inhibitorio del crecimiento micelial de *Fon*.

CONCLUSIONES

Todos los fungicidas evaluados inhibieron el crecimiento micelial de *F. oxysporum* f. sp. *niveum* en condiciones *in vitro* en comparación a las cajas testigo. Entre estos fungicidas, el benomil y el fosetil-al inhibieron por completo el crecimiento de *Fon* en medio PDA. Finalmente, se puede concluir que el tiofanato metílico, benomil y azoxistrobin + metalaxil-M podrían significar una alternativa más para el manejo de la marchitez por *Fusarium* en el cultivo de la sandía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amini, J., and Sidovich, D. F. (2010). The effects of fungicides on *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* associated with Fusarium wilt of tomato. *Journal of Plant Protection Research*, 50(2): 172-178.
- Dau, V.T, Burgess, L.W., Pham, L.T., Phan, H.T., Nguyen, H.D., Le, T.V, Nguyen, D.H. (2009). First report of *Fusarium* wilt of watermelon in Vietnam. *Australasian Plant Diseases Notes*, 4(1): 1-3.
- Fenn, M. E., and Coffey, M. D. (1984). Studies on the *in vitro* and *in vivo* antifungal activity of fosetyl-al and phosphorous acid. *Phytopathology*, 74:606-611
- FRAC (Comité de Acción contra la Resistencia a Fungicidas). (2019). Clasificación de fungicidas y bactericidas según el modo de acción. Primera edición. FRAC España. 27 páginas.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2018). Recuperado de: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/AtlasAgroalimentario-2018

Sección: Sanidad Vegetal

SIMULACIÓN DE LA DINÁMICA DE POBLACIÓN DE *Plutella xilostella* UTILIZANDO MODELOS DINÁMICOS

Ricardo Yáñez-López^{1*}, Carlos Cuéllar Zambrano¹ Juan Ángel Quijano Carranza¹, Luis Patricio Guevara Acevedo², Daniel Rodríguez Mercado², Hugo Cesar Cisneros López², Jesús Narro Sánchez³.

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; ²Tecnológico Nacional de México Roque; ³Docente Universidad Tecnológica de San Miguel Allende (UTSMA), yanez.ricardo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tiempo de desarrollo, Monitoreo, modelos ecológicos.

INTRODUCCIÓN

La palomilla dorso de diamante es una plaga de importancia por los daños que puede llegar a causar en el rendimiento y la calidad del producto que invade (Odewole y Adebayo, 2014). En las últimas décadas, la incidencia de la plaga se ha incrementado en las zonas de producción de crucíferas, lo que ha llevado al uso excesivo de productos químicos, que como consecuencia podría resultar en la resistencia de la plaga a los productos utilizados en el corto tiempo. En Guanajuato, se reportan disminución en la efectividad de los productos tanto químicos como biológicos lo que ha causado que esta plaga sea difícil de manejar, incrementando los rechazos al momento de cosecha (Rodríguez, 2017).

Dorso de diamante muestra diferencias en la velocidad del desarrollo dependiendo de la época del año, lo anterior, debido a la variación en la temperatura en los diferentes meses del año. Diversos estudios se han realizado con el objeto de caracterizar el comportamiento del insecto en relación a la temperatura, como resultado se han determinado las tablas de vida, mortalidad, sobrevivencia, prolificidad y tasa de desarrollo del insecto, información que resulta útil en la construcción de modelos de simulación dinámica. Los modelos son una herramienta que se utiliza en diferentes disciplinas, las ciencias naturales no son la excepción y en las últimas décadas se han manejado con éxito en el área de agrícola. Los modelos son útiles para construir escenarios y evaluar situaciones que permitan responder hipótesis de estudio reduciendo el costo de los ensayos experimentales. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue construir un modelo dinámico del desarrollo poblacional de la palomilla dorso de diamante, con base en tablas de vida del insecto y factores de desarrollo como temperatura y unidades calor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El modelo propuesto representa el ciclo de vida y la estructura de población del insecto, el Biofix está determinado por el pico máximo de población, que son los adultos detectados, donde se asume que en ese momento las hembras se encuentran listas para ovipositar. La construcción del modelo incluye la delimitación del sistema, construcción del modelo conceptual, cálculo de tasas de desarrollo, tasa de mortalidad, estimación de unidades calor y construcción del algoritmo matemático.

Cálculo de tasas de desarrollo. El umbral de desarrollo de palomilla dorso se estimó a partir de los resultados publicados por Shu-Sheng Liu *et al* (1991), el modelo relaciona la tasa de desarrollo y temperatura para cada etapa de vida del insecto. La tasa de desarrollo, se define como la proporción del desarrollo alcanzado por día y se obtiene calculando el recíproco de la duración en días.

Cálculo de tasas de mortalidad. De acuerdo con Shu-Sheng Liu *et al*, (1991), La tasa de sobrevivencia de los inmaduros es del 60% a temperaturas de 2 a 28°C, pero decrece rápidamente por arriba y por debajo de este rango de temperatura. El cálculo de la tasa por estadio se determinó a partir de los datos de sobrevivencia reportados por Shu-Sheng Liu *et al*, (1991).

$$\text{Tasa Mortalidad} = \frac{(1 - \text{Porcentaje de días de Sobrevivencia}/100)}{\text{Días totales de desarrollo por estadio}}$$

Calculo de unidades Calor y temperatura base. Las unidades calor se calcularon por el método residual los requerimientos térmicos de la plaga. A partir de los resultados reportados por Shu-Sheng Liu *et al*, (1991), *Requerimientos termicos el insecto = (T promedio – T base) Periodo por cada etapa.*

Para calcular la temperatura base o umbral mínima, se utilizó la siguiente ecuación:

$$Y = a + bx$$

Donde: Y = Tasa de desarrollo (variable dependiente); x = Nivel de temperatura (variable independiente)
a = Ordenada del origen; b = Coeficiente de regresión (pendiente de la recta)

Logaritmo Matemático

El modelo consta de ocho variables de nivel 17 tasas y cinco auxiliares. El modelo se alimenta de variables exógenas las cuales son proporcionada por datos meteorológicos de estaciones.

Ecuaciones del modelo

*TD=IF THEN ELSE(UCA>UCD, Etapa de desarrollo*Tasa de desarrollo de la Etapa)*

UCD= Unidades calor por día

UCA= Unidades calor acumuladas

*Tasa de mortalidad: TM= (Estadio*Promedio de Tasa de Mortalidad)*

UCD=IF THEN ELSE(Time>BIOFIX,(TMax+TMin)/2-TBase,0)

Huevos Iniciales=IF THEN ELSE(Time=BIOFIX,1000,0)

Huevo=Huevos iniciales-Eclosión-TMH

Larva I=Eclosión-TD(Estadio)-TM(Estadio anterior)

Larvas II-IV, prepupa y pupa=TDL(Estadio)-TDL (Estadio próximo)-TML(Estadio)

Adulto=TDA-TMA

Preoviposición=IF THEN ELSE(UCA>UCD,Adulto)*

BIOFIX=Fecha a partir en las que se cuentan las horas calor (60,91,121)

Análisis de fechas de Trampeo

Para la evaluación de la sensibilidad del modelo se utilizaron tres fechas de la llegada de los adultos con el cual se determina el Biofix. Con la llegada de adultos se asume que las hembras están listas para ovipositar, por lo que se infiere que se tiene huevecillos colocados en la planta. A partir de esta fecha se inicia el cálculo de unidades calor. Las fechas evaluadas son 1 marzo, 1 abril y 1 mayo, con el fin de observar las variantes del tiempo en eclosión del huevo y la dinámica de larvas, prepupa, pupa y finalmente del adulto.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se evaluaron tres fechas de trampeo con datos de la estación Abasolo La Providencia. En el primer caso se consideró el trampeo el 1 de marzo, bajo esta condición la duración del ciclo fue de 51 días, los resultados indican que el adulto se presentaría a partir del 15 de abril. En el segundo caso, con trampeo del 1 abril el ciclo de la plaga se completó en 42 días, el adulto se presenta el día 10 de mayo. En el tercer caso con fecha de 1 mayo, la duración del ciclo es de 31 días, el adulto se presenta el 1 de junio.

El ciclo de la palomilla dorso de diamante se reduce con el avance en las fechas de detección y hasta el mes de junio; tuvo una duración de 36 días, 42 días y 51 días; esto nos indica que la tasa de reproducción se acelera con el avance del año, sin embargo, esta condición no se mantiene ya que con el descenso de las temperaturas nuevamente la tasa de desarrollo se reduce, incrementándose el tiempo necesario en días para completar una generación.

Tabla 1. Estimaciones con el modelo utilizando la estación Abasolo, los números indican los días julianos donde se inicia las etapas de desarrollo, para tres fechas de trampeo supuestas.

| Biofix | Huevo | Larva I | Larva II | Larva III | Larva IV | Prepupa | Pupa | Adulto |
|---------|-------|---------|----------|-----------|----------|---------|--------|--------|
| 1 marzo | 1-mar | 09-mar | 17-mar | 23-mar | 27-mar | 03-abr | 05-abr | 15-abr |
| 1 abril | 1-abr | 09-abr | 14-abr | 19-abr | 23-abr | 29-abr | 01-may | 10-may |
| 1 mayo | 1-may | 08-may | 12-may | 16-may | 19-may | 23-may | 24-may | 01-jun |

El modelo construido estima los periodos por etapas de la plaga, no toma en cuentas algunos factores de la población, como lo son efecto por los parasitoides, depredadores enfermedades y el manejo del productor. Para la construcción del modelo se utilizaron como referencia datos obtenidos por Shu-Sheng Liu los cuales fueron obtenidos en ambiente controlado. Se recomienda que en trabajos posteriores se incorporen los elementos antes mencionados.

CONCLUSIÓN

El modelo representa de manera adecuada las variaciones que tiene en su desarrollo la *Plutella xylostella*, dependiendo de las temperaturas que están registradas en la estación y que alimentan el modelo. La temperatura es determinante en el desarrollo de la plaga, en el modelo es una variable altamente sensible ya que modifica la velocidad en la tasa de desarrollo regulando la duración de las etapas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Liu S.S, Zhou F., and. Zalucki M. P. .1991. "Development and Survival of the Diamondback Moth (Lepidoptera: Plutellidae) at Constant and Alternating Temperatures: Entomological Society of America". physiological and chemical ecology, 11-4.
2. Odewole, A. F., & Adebayo, T. A. (2014). Field evaluation of plant extracts for the control of diamond moth (*Plutella xylostella* Linnaeus) infesting cabbage (*Brassica oleracea* Linn). International Letters of Natural Sciences, 11(2), 164-178.
3. Rodriguez R. J. A. (2017). Variación en la susceptibilidad a insecticidas de la palomilla dorso de diamante (*Plutella xylostella*) y su correlación con enzimas detoxificativas. Tesis de maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Subdirección De Posgrado.

Sección: Sanidad vegetal

PERFIL ENZIMÁTICO COMO INDICADOR DE POTENCIAL DE CONTROL BIOLÓGICO EN DOS CEPAS MICROBIANAS

Ismael Fernando Chávez-Díaz^{1*}, Lily X. Zelaya-Molina¹.
1 Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos, CNRG-INIFAP
*chavez.fernando@inifap.gob.mx; refzaid@hotmail.com

Palabras clave: Inocuidad, mecanismos de control biológico, evaluación *in vitro*.

INTRODUCCIÓN

La revolución verde trajo consigo el aumento en el rendimiento de los cultivos mediante la aplicación de fertilizantes sintéticos y agroquímicos biosidas. El uso desmedido de estas tecnologías ha deteriorado gradualmente la salud ambiental y humana. La búsqueda y utilización de los recursos genéticos microbianos con potencial biotecnológico para el campo ha emergido como una alternativa ecológica y costo-efectiva con resultados alentadores, que durante la última década ha recibido atención por diversos grupos de investigación. Los microorganismos asociados a las plantas han mostrado gran potencial para fungir como promotores de crecimiento, fitoestimulantes, biofertilizantes y controladores de enfermedades y plagas. Para determinar si un microorganismo tiene potencial agrobiotecnológico es necesario llevar a cabo estudios de bioefectividad a nivel invernadero y campo. No obstante, previo a estos estudios, es necesario que se determine que los microorganismos no suponen un riesgo sanitario y es deseable saber los mecanismos mediante los cuales interactúan con otros microorganismos, con el cultivo y el ambiente (Chávez-Díaz *et al.*, 2020).

Tomando en cuenta lo antes mencionado, nuestro equipo de trabajo se ha dado a la tarea de compilar diversos medios selectivos e indicadores que permiten generar perfiles enzimáticos informativos para detallar de una forma funcional y precisa si los aislamientos de nueva adquisición tienen potencial agrobiotecnológico, además de permitir conocer si es que estos poseen rasgos fenotípicos asociados a factores de virulencia. El presente estudio tiene como objetivo presentar de forma preliminar la factibilidad de un método dependiente de cultivo para la valoración del estatus de inocuidad y el potencial agrobiotecnológico de aislamientos microbianos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se eligieron medios selectivos e indicadores para evidenciar la actividad de enzimas asociadas a procesos biológicos del suelo y la producción de compuestos bioactivos, para valorar el potencial agrobiotecnológico, y la presencia de rasgos asociados a patogenicidad para humanos, animales o plantas, para valorar el estatus de inocuidad de los microorganismos. Los medios se prepararon y se colocó una alícuota de 20 µL de suspensiones de 10⁸ células/µL en el caso de bacterias y de 10⁵ conidios/µL en el caso de hongos. Se utilizaron las cepas *Pseudomonas protegens* y *Trichoderma sp.*, previamente probadas sobre tejido vegetal como promotores de crecimiento y sobre fitopatógenos como antagonistas, las cepas *Bacillus sp.*, *Metarhizium sp.* como aislamientos a prueba, y como fitopatógeno *Fusarium sp.* Se utilizaron los siguientes medios: para determinar el potencial de promoción de crecimiento vegetal (PCV): 1) Medio Winogradsky carente de fuentes de nitrógeno para fijadores de nitrógeno atmosférico, 2) Medio NBRIP para solubilizadores de fosfato, 3) Medio YDP suplementado con L-triptofano para productores de indoles. Medios para determinar el potencial antagónico (PA): 4) CAS-agar para productores de sideróforos, 5) medio Agar-Gelatina para proteolíticos, 6) medio Castañeda suplementado con quitina coloidal para degradadores de quitina, 7) medio agar-tween 20 para lipolíticos. Medios para rasgos asociados a la inocuidad (RI_n): 8) medio agar-sangre para lisis de eritrocitos, 9) medio Castañeda suplementado con almidón para detectar lisis de almidones, 10) medio Castañeda suplementado con pectina para detectar pectinolíticos, 11) medio rojo Congo con celulosa para celulolíticos, 12) medio agar-tween 80 para detectar actividad de esterases (Atlas 2010; MacFaddin 2003). Los ensayos constaron de un diseño experimental en bloques completos al azar con tres replicas biológicas por tratamiento, los experimentos se condujeron tres veces con la finalidad de observar la reproducibilidad y repetitibilidad de los resultados.

Los positivos se detectaron de la siguiente manera: 1) capacidad (+) / incapacidad (-) de formación de biomasa, para el medio de fijadores de N; en los medios 2, 4, 5, 6 y 11 los positivos se detectaron como un

halo en el cambio de coloración del medio; el medio 3 se reveló mediante coloración rosada-rojiza al añadir reactivo de Salkowski reportando la acción de la triptofanasa; los medios 7 y 12 el positivo se detectó por la aparición de un halo de cristales de calcio mostró la actividad de lipasas y estererasas; para el medio 8 se clasificó la lisis de eritrocitos como hemolisis α (alfa) para la hidrolisis total al observar un halo traslucido, hemolisis β (beta) para la hemolisis parcial al observar un halo verdoso, γ (gamma) en la ausencia de hemolisis (MacFaddin 2003); para el medio 9 se hizo un revelado con lugol para observar el positivo a lisis de almidones como un halo traslucido; el medio 10 fue revelado con CTAB para observar un halo traslucido que evidencia la presencia de pectinasas.

La valoración de los microorganismos se hizo de forma cualitativa, se considero (-) como ausencia del rasgo, (+) actividad enzimática baja, (++) media, (+++) alta. Para los ensayos de rasgos asociados a PVC se consideró favorable una actividad alta, para los ensayos de rasgos asociados al PA se consideró favorable una actividad baja a media (+ a ++), ya que la actividad alta (+++) podría estar relacionada a rasgos asociados a virulencia. Para los RIn se consideró como seguro la ausencia del rasgo (-) o una actividad baja (+), lo cual podría relacionarse con rasgos de control biológico e inducción de resistencia sistémica, la actividad media a alta de estos rasgos (++ y +++) se consideró una alerta de potencial de riesgo sanitario. En el caso de la actividad de hemolisis en el medio agar-sangre se consideró seguro la clasificación gamma, en tanto que la clasificación beta y alfa se consideraron riesgos potenciales (Atlas 2010; MacFaddin 2003). Adicionalmente se generó un cuadro en el cual con base a los hallazgos en cada cepa se valoran cualitativamente los posibles riesgos que representan cada una y su potencial para aplicaciones biotecnológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rasgos asociados a la promoción de crecimiento vegetal: Solo *Pseudomonas* fue capaz de fijar nitrógeno atmosférico, ésta, *Trichoderma* y *Bacillus* fueron capaces de solubilizar fosfatos y producir indoles, como rasgos deseables en PVC. *Metarhizium* no mostro actividad PCV, *Fusarium* produjo indoles como factor de virulencia (cuadro 1).

Rasgos asociados al antagonismo: *Pseudomonas*, *Trichoderma* y *Bacillus* mostraron rasgos con PA, *Metarhizium* produjo enzimas asociadas a rasgos de PA en entomopatógenos, mientras que *Fusarium* tuvo alta producción de sideróforos como factores rasos asociados a virulencia (cuadro 1).

Rasgos asociados a la inocuidad: *Pseudomonas* y *Trichoderma* muestran RIn aceptables, es recomendable conducir estudios que permitan corroborar la inocuidad o bien el potencial patogénico de las cepas de *Bacillus* y *Metharizium*. *Fusarium* develó tener la maquinaria enzimática apropiada para actuar como fitopatógeno (cuadro 1).

Los perfiles enzimáticos aportan información valiosa para la toma de decisiones al trabajar con aislamientos de microorganismos con potencial biotecnológico. El presente estudio demuestra que este método resulta rápido y sencillo para decidir continuar con el desarrollo de biotecnologías basadas en la utilización de microorganismos o declinar trabajos subsecuentes al trabajar con algunas cepas de agentes microbianos sobre cultivos agrícolas (cuadro 2). El hecho de que los agentes de control biológico con perfiles enzimáticos prometedores cuenten con rasgos asociados a la virulencia, no determina que estos sean patogénicos, por lo que es necesario conducir ensayos que corroboren su inocuidad o su potencial patogénico (MacFaddin 2003).

CONCLUSIONES

La batería de ensayos seleccionados permitió realizar una caracterización fenotípica y valoración cualitativa rápida del perfil enzimático de cada cepa evaluada, lo que aporta información suficiente para la toma de decisiones sobre la utilización de estos microorganismos con potencial agrobiotecnológico.

AGRADECIMIENTOS Y FINANCIAMIENTO

Los resultados de este trabajo son parte de las validaciones de metodologías desarrolladas por los investigadores del Laboratorio de Recursos Genéticos Microbianos por lo que son financiadas por los recursos autogenerados.

Cuadro 1. Perfiles enzimáticos de microorganismos asociados a cultivos agrícolas.

| Ensayos | Microorganismos | | | | |
|--------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| | <i>P. protegens</i> | <i>Trichoderma</i> sp. | <i>Bacillus</i> sp. | <i>Metarhizium</i> sp. | <i>Fusarium</i> sp. |
| Prom. Crecimiento | | | | | |
| Fijación N | (++) | (-) | (-) | (-) | (-) |
| Solubilización P | (+++) | (+) | (++) | (-) | (-) |
| Indoles | (+) | (++) | (+) | (-) | (++) |
| Antagonismo | | | | | |
| Sideróforos | (++) | (-) | (+) | (-) | (+++) |
| Proteolíticos | (+) | (+) | (++) | (+) | (-) |
| Quitinolíticos | (+) | (+) | (+) | (+) | (-) |
| Lipolíticos | (+) | (-) | (+) | (-) | (-) |
| Inocuidad | | | | | |
| Hemólisis | γ (gamma) | γ (gamma) | β (beta) | α (alfa) | γ (gamma) |
| Amilolíticos | (-) | (-) | (+) | (-) | (+++) |
| Pectinolíticos | (-) | (+) | (-) | (-) | (+++) |
| Celulolíticos | (+) | (+) | (++) | (+) | (+++) |
| Esterasas | (-) | (-) | (+) | (-) | (+++) |

Cada resultado representa el consenso de 9 replicas biológicas. α (alfa): hemolisis total de eritrocitos; β (beta): hemolisis parcial de eritrocitos; γ (gamma): ausencia de hemolisis. (-) sin actividad enzimática; (+) baja actividad enzimática; (++) actividad enzimática media; (+++) actividad enzimática alta.

Cuadro 2. Valoración del potencial agrobiotecnológico y factores de riesgo con base en perfiles enzimáticos.

| Microorganismos | Potencial Agrobiotecnológico | Posibles Factores de Riesgo |
|------------------------------|--|--|
| <i>Pseudomonas protegens</i> | Perfil enzimático favorable. | No presenta posibles riesgos. |
| <i>Trichoderma</i> sp. | Perfil enzimático favorable. | No presenta posibles riesgos. |
| <i>Bacillus</i> sp. | Perfil enzimático favorable. | Hemolisis y actividad celulolítica como rasgos asociados a virulencia. Conducir ensayos para determinar inocuidad. |
| <i>Metarhizium</i> sp. | Bajo perfil favorable como entomopatógeno. | Hemolisis como rasgo asociado a virulencia. Conducir ensayos para determinar inocuidad. |
| <i>Fusarium</i> sp. | Perfil deseable para su estudio como fitopatógeno. | Perfil enzimático y de producción de sideróforos como rasgos asociados a la virulencia. |

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Atlas R.M. 2010. Handbook of Microbiological Media. Fourth Edition. ASM Press. Washington, EUA. 2036 Pp.
2. Chávez-Díaz I.F., Zelaya-Molina L.X., Cruz-Cárdenas C.I., Rojas-Anaya E., Ruíz-Ramírez S., de los Santos-Villalobos S. 2020. Considerations on the use of biofertilizers as a sustainable agrobiotechnological alternative to food security in México. REMEXCA. 11(6):1423-1436.
3. MacFaddin J.F. 2003. Biochemical tests for identification of medical bacteria. Third Edition. Lippincott Williams & Wilkins Inc. EUA. 846 Pp.

SECCIÓN: SANIDAD VEGETAL.

IDENTIFICACIÓN MOLECULAR DE HONGOS FILAMENTOSOS CAUSANTES DEL MARCHITAMIENTO FÚNGICO (*Damping-off*) MEDIANTE LA SECUENCIACIÓN DE ITS y EF-1 α

José Miguel Juárez-Méndez¹, Silvia Salas-Muñoz², María Gabriela Ramírez-Valadez³, Luis Roberto Reveles-Torres⁴

¹Unidad Académica de Ciencias Biológicas UAZ, ²Cátedras CONOCYT-Inifap Zacatecas, ³Campo Experimental Valle de Guadiana-INIFAP, ⁴Campo Experimental Zacatecas-INIFAP*

reveles.roberto@inifap.gob.mx

Introducción

La enfermedad Damping-off acaecida en el cultivo de chile (*Capsicum annuum* L.) es conocida como “mal de almaciguera” causada por hongos patógenos del suelo que afectan una amplia gama de cultivos de interés agrícola como: cereales, leguminosas y hortalizas, así como también a plantas ornamentales. El medio de infección es a través del suelo y se presenta atacando las plántulas antes o después de la germinación. Algunos géneros de hongos que lo ocasionan son: *Fusarium*, *Phytophthora*, *Pythium* y *Rhizoctonia* (Medrano-Echalar and Ortuño, 2007). En el presente trabajo se desarrolló la identificación morfológica y molecular de seis muestras de hongos causantes del Damping-off aislados a partir de plántulas de chile del estado de Durango, con la finalidad de identificar la variabilidad del complejo de especies que desarrollan la pudrición del tallo.

Materiales y Métodos

Si utilizaron hongos y oomicetos aislados de plántulas enfermas de chile mirasol, provenientes del Campo Experimental Valle del Guadiana, Por la morfología colonial de los géneros de *Fusarium* y *Rhizoctonia* los aislamientos fueron crecidos en diferentes medios de cultivo: PDA (Potato Dextrose Agar, Difco®), agar harina de maíz (CA) (Cifuentes-Romo, 1990), SDA (Sabouraud Dextrose Agar Difco®) Agar Spezieller Nährstoffarmer (SNA), para tener material biológico para la extracción de ADN a través de la recolección de micelio en condiciones de esterilidad. Las muestras se congelaron nitrógeno (N₂) líquido y se maceraron hasta obtener un polvo fino y proceder la extracción para cada muestra de acuerdo al protocolo de Reader y Broda (1985). La integridad del ADN se midió mediante electroforesis horizontal en gel de agarosa (Sigma) al 1% utilizando regulador de corrida TAE 1X. El corrimiento electroforético se realizó a 95 volts durante 45 min. y el gel se tiñó con bromuro de etidio (10 μ g/mL) para la posterior visualización del ADN en un fotodocumentador (BIO RAD).

Para la amplificación de las regiones ITS y EF-1 α se usó como molde el ADN genómico de los géneros de hongos causantes del Damping-off. Para la amplificación de los ITS se utilizaron los oligonucleótidos directo ITS1, que

corresponde a la región final del gen 18S (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') y reverso ITS4, que corresponde al inicio del gen 28S (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') el tamaño de la amplificación de estos oligonucleótidos es entre 480-500 pares de bases (pb) (White et al., 1990). Para la amplificación del gen EF-1 α se utilizaron los oligonucleótidos EF1 (5'-ATGGGTAAGGARGACAAGAC-3') EF2 (5'-GGARGTACCAGTSATCATGTT-3') y el tamaño de la amplificación de estos oligonucleótidos es entre 500-660 pares de bases (pb) (O'Donnell et al., 1998). Los productos de PCR de los ITS y EF-1 α de cada una de las muestras de hongos, se ligaron directamente en el vector de clonación pGEM-T Easy (Promega) siguiendo las indicaciones del proveedor, para su posterior transformación por choque térmico de células en *Escherichia coli*. Después de plaquear la transformación, se seleccionaron las colonias blancas, y se realizaron preinóculos de cada una de las colonias para posteriormente realizar la extracción del ADN plasmídico de cada uno de los minipreps correspondiente a cada muestra de ITS y EF-1 α .

Las clonas positivas, obtenidas de la PCR de confirmación de cada uno de las muestras de ITS y EF-1 α se mandaron a secuenciar al Laboratorio Nacional de Biotecnología Agrícola, Médica y Ambiental (LANBAMA) en San Luís Potosí. Las secuencias obtenidas se compararon con las secuencias disponibles en el banco de genes mediante el análisis de cobertura e identidad del GenBank del National Center for Biotechnology Information (NCBI), utilizando el programa Blastn

Resultados y Discusión

En la Figura 1 se muestra la amplificación del PCR de los ITS de los 6 hongos aislados de chile mirasol en donde se observó que el tamaño de la banda de cada muestra es entre los 480-500 pb.

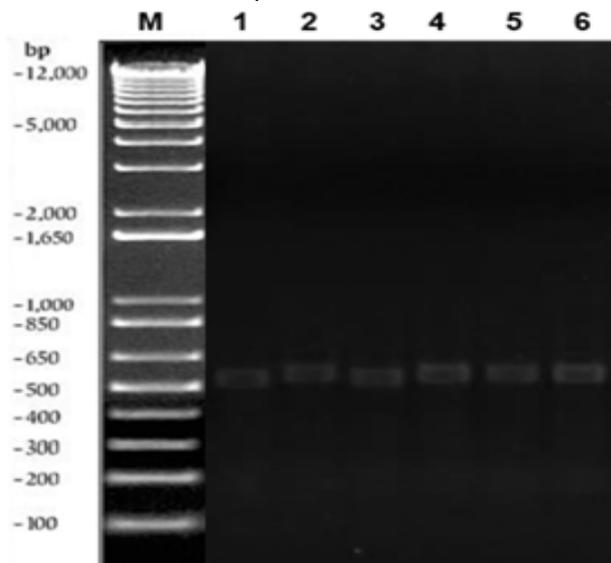


Figura 1. Producto de la amplificación de los ITS de los hongos filamentosos causantes del Damping-off. M) Marcador de peso molecular (1kb plus Invitogen). *Fusarium* spp, 1) K4Zr, 2) H1Zr(a), 3) H1Zr(b), 4) E1Vr, 5) C3WC.Y *Rhizoctonia* sp, 7) F3WC.

En la Figura 2 se muestra la amplificación del gen EF-1 α de los 6 hongos aislados del chile mirasol en donde se muestra que el tamaño de la banda de cada muestra es entre los 550-600 pb.

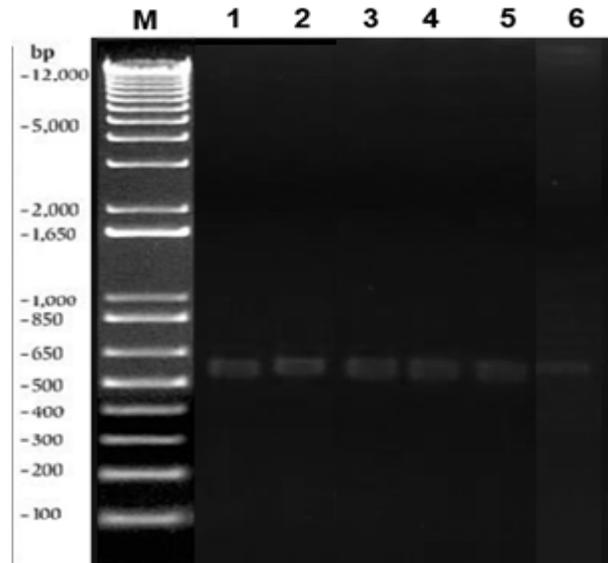


Figura 2. Producto de amplificación del gen EF-1 α de los hongos filamentosos causantes del Damping-off. M) Marcador de peso molecular (1kb plus Invitogen). *Fusarium* spp, 1) K4Zr, 2) H1Zr(a), 3) H1Zr(b), 4) E1Vr, 5) C3WC. *Rhizoctonia* sp, 6) F3WC.

Las clonas positivas se secuenciaron en sentido directo (*forward*) únicamente y esto a que el fragmento que se clonó tanto de la región ITS y el factor de elongación presentan un tamaño de 480-500 pb (ITS) y 550-600 pb (EF-1 α), respectivamente, por lo que el tamaño de todas las secuencias fue aproximadamente de 800pb. Posteriormente, para el análisis de las secuencias, se editaron identificando los oligonucleótidos correspondientes a los ITS y al gen factor de elongación 1- α . Las secuencias editadas se comprobaron con las secuencias disponibles que se encuentran disponibles en el banco de genes del *National Center for Biotechnology Information/NCBI*) usando Blastn. Los resultados de la secuenciación de las clonas se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Secuencias de las muestras de hongos obtenidas usando Blastn.

| Muestra | Oligonucleótido | Hit | Num de acceso | Porcentaje de Cobertura | Porcentaje de Identidad |
|----------|-----------------|---|---------------|-------------------------|-------------------------|
| K4Zr | EF-1 α | <i>Fusarium oxysporum</i> | MN223431.1 | 100 % | 99.44 % |
| | ITS | <i>Fusarium oxysporum</i> | MK249867.1 | 100 % | 100.00 % |
| H1Zr (a) | EF-1 α | <i>Fusarium oxysporum f. sp. cepae</i> | KP964904.1 | 100 % | 100.00 % |
| | ITS | <i>Fusarium sp.</i> | MK640560.1 | 100 % | 100,00% |
| H1Zr (b) | EF-1 α | <i>Fusarium falciforme</i> | KF020507 | 100 % | 99.45 % |
| | ITS | <i>Fusarium falciforme</i> | MT251175.1 | 100 % | 98.95% |
| E1Vr | EF-1 α | <i>Fusarium oxysporum f. sp. carthami</i> | JF957818.1 | 100 % | 99.18 % |
| | ITS | Vector clonado | AY508731.1 | 88 % | 96.81 % |
| C3WC | EF-1 α | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | ITS | <i>Fusarium sp. voucher</i> | MK540565.1 | 100 % | 99.82 % |
| F3WC | EF-1 α | ----- | ----- | ----- | ----- |
| | ITS | <i>Rhizoctonia solani</i> | LC017861.1 | 61 % | 99.18 % |

Dado que los genes 18S, 5.8S y 28S son utilizados en estudios filogenéticos entre familias, géneros y especies de hongos (Lindahl et al., 2013; Villavicencio-Vega, 2013), la utilización de las regiones ITS y el gel EF-1 α , conforman una herramienta efectiva para la identificación de hongos patógenos. El damping-off es una enfermedad causada por varios géneros de hongos siendo los más comunes *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y *Phytophthora* (Lamichhane et al., 2017), condicionados principalmente por la temperatura y la humedad; *Fusarium* y *Rhizoctonia* favorecen a temperaturas de 25°C y baja humedad, *Pythium* y *Phytophthora* necesitan condiciones de abundante humedad y clima frío (Hernández-Sarmiento y Plasencia-Maldonado, 2013). El haber identificado solo los generos de *Fusarium* y *Rizoctonia* correlaciona con las condiciones climatológicas del lugar de muestreo, aún a pesar de que los cuatro géneros sobreviven como oosporas inactivas o esclerocios, o hospedando en malezas y como saprófitos en los residuos de los cultivos (Schwartz et al., 2016).

CONCLUSIONES

La amplificación y secuenciación de los ITS se determinó que las muestras K4Zr, y H1Zr(a) pertenecen a la especie *Fusarium oxysporum*, la muestra H1Zr(b) a la especie *Fusarium falsiforme*. La muestra C3WC solo se confirmó el género *Fusarium* sp. voucher y la muestra F3WC perteneció a la especie *Rhizoctonia solani*. La muestra E1Vr, no fue identificada por esta vía.

La amplificación y secuenciación del gen EF-1 α determinó que la muestras K4Zr, H1Zr(a) y E1Vr pertenecen a la especie *Fusarium oxysporum*, al cultivo H1Zr(b) a la especie *Fusarium falsiforme*. Las muestras C3WC y F3WC no pudieron ser identificadas por EF-1 α .

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al MC. *Candelario Rodríguez Serrano* por el apoyo incondicional en el Laboratorio de diagnóstico molecular en Sanidad vegetal del Camp Experimental de Zacatecas. Los resultados son parte del proyecto fiscal del Campo Experimental Valle de Guadiana “**Selección de genotipos resistentes a la secadera del chile en Durango**” y forman parte de la tesis de licenciatura del primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hernández-Sarmiento, C.F., Plasencia-Maldonado, J.L., 2013. Biocontrol del mal del semillero, enfermedad causada por los hongos *Pythium* sp. y *Phytophthora* sp. en tomate de árbol (*Solanum betaceum*) empleando hongos antagonistas del genero *Trichoderma* sp. a nivel de semilleros, Ingeniería Ambiental. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador, p. 117
- Lamichhane, J.R., Carolyne, D., Schwanck, A.A., Robin, M.H., Sarthou, J.P., Messéan, A., Cellier, V., Aubertot, J.N., 2017. Integrated management of damping-off diseases. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 37, 1-25
- Lindahl, B.D., Nilsson, R.H., Tedersoo, L., Carlsen, T., Kjølner, R., Kõljalg, U., Pennanen, T., Rosendahl, S., Stenlid, J., Kauserud, H., Abarenkov, K., 2013. Fungal community analysis by high-throughput sequencing of amplified markers - a user's guide. *New Phytol. The New phytologist* 199, 12
- Medrano-Echalar, A.M., Ortuño, N., 2007. Control de Damping off mediante la aplicación e bioinsumos en almácigos de cebolla en el Valle Alto de Cochabamba, Bolivia. *Acta Nova* 3, 660-679
- O'Donnell, K., Kistler, H.C., Cigelnik, E., Ploetz, R.C., 1998. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 95, 2044-2049.
- Raeder, J., Broda, P., 1985. Rapid preparation of DNA from filamentous fungi. *Letters in Applied Microbiology* 1, 17 – 20
- Schwartz, H.F., Gent, D.H., Brown, W.M., 2016. Damping off, in: *BugwoodWiki* (Ed.), *High Plains Integrated Pest Management*, Georgia.

Villavicencio-Vega, S.A., 2013. Identificación molecular de aislados de hongos nematófagos asociados a *Meloidogyne hapla* Chitwood., Facultad de Ciencias Agrarias Escuela de Agronomía. Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, p. 66.

White, T.J., Bruns, T., Lee, S., Taylor, J.W., 1990. Amplification and Direct Sequencing of Fungal Ribosomal RNA Genes for Phylogenetics. *Pcr Protocols: a Guide to Methods and Applications* 31, 315-322.

EFFECTO DE TRATAMIENTOS A LA SEMILLA EN PARÁMETROS DE CALIDAD EN TRIGOS DE RIEGO

Luis Antonio Mariscal Amaro¹, Eliel Martínez Cruz², Ernesto Solís Moya³, Lourdes Ledesma Ramírez³, Juan Antonio Zavala Vega⁴.

¹Programa de Sanidad Forestal y Agrícola-INIFAP-Campo Experimental Bajío; ²Programa de Trigo y Avena-INIFAP-CEVAMEX; ³Programa de Mejoramiento de Trigos de Riego-INIFAP-Campo Experimental Bajío; ⁴Universidad de Guanajuato.

mariscal.luis@inifap.gob.mx

Palabras clave: tratamiento a la semilla, fitopatógenos, calidad del trigo.

INTRODUCCIÓN

El trigo de riego en el Bajío es uno de los principales cereales sembrados junto con el maíz, sorgo y cebada. Este cereal es atacado por diferentes hongos que causan pudriciones de raíz y tallo, uno de ellos y de los más importantes para este tipo de trigo es *Fusarium* spp., que causa la secadera en este cultivo (Mariscal, 2014). Para el manejo de esta enfermedad, una de las principales estrategias que se recomiendan en esta región productora es el tratamiento a la semilla antes de la siembra (Mariscal *et al.*, 2018). Por otro lado, la industria harinera que transforma el grano exige que este cumpla con determinados valores en ciertos parámetros de calidad por lo que se debe precisar el manejo agronómico del cultivo para que este cumpla con la calidad deseada. Poco se sabe del efecto que pueden tener los tratamientos a la semilla sobre las características de calidad de la misma, por lo que el objetivo de este estudio fue el observar el efecto de cinco tratamientos a la semilla en seis parámetros de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo Otoño-Invierno/2020 se estableció una parcela experimental en INIFAP-Campo Experimental Bajío donde se probaron los tratamientos a la semilla: 1) Testigo absoluto (TEST); 2) Dragonil 75 PH (CLOR, Clorotalonil, 300 mL en 100 kg semilla); 3) Vitavax 200 FF (VIT, Carboxin + Thiram, 200 mL en 100 kg semilla); 4) Biotrol (TRICH, *Trichoderma lignorum*, 3.0 g en 1100 g semilla); y 5) Invasore (BAC, *Bacillus* spp., 500 mL en 120 kg semilla). La variedad de trigo utilizada fue Cortázar S94. El experimento se estableció bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de dos surcos con dos hilos de 3.0 m x 1.5 m (0.75 m de separación entre surcos) con una superficie total de 4.5 m². El manejo agronómico del experimento fue el recomendado por el Programa de Mejoramiento de Trigos de Riego del INIFAP-Campo Experimental Bajío.

Al finalizar el ciclo del cultivo se cosecharon las plantas de cada unidad experimental de forma convencional y la semilla se almacenó en bolsas de papel Kraft debidamente etiquetadas. Una muestra de semilla de cada repetición de cada tratamiento se envió al Laboratorio de Farinología del INIFAP- Campo Experimental Valle de México donde se les hizo diferentes pruebas de calidad.

Las variables de estudio evaluadas en el Laboratorio de Farinología, y consideradas como las más importantes para la industria harinera fueron: 1) PHL (Peso hectolítrico); 2) DUR (dureza, índice de perlado); 3) PG (proteína de grano); 4) PH (proteína en harina refinada); 5) W (fuerza

general); y 6) T/L (índice de tenacidad:extensibilidad). Las variables de estudio se analizaron con el paquete estadístico SAS® y se hizo una prueba de medias Tukey ($p=0.5$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas entre tratamientos solo para la variable T/L. En el Cuadro 1 se muestran los resultados de la prueba de medias Tukey para las variables evaluadas.

Cuadro 2. Medias Tukey para las variables de calidad evaluadas en semilla de trigo bajo diferentes tratamientos a la semilla.

| Tratamiento | PHL | DUR | PG | PH | W | T/L |
|-------------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| TEST | 76.3 a | 60.5 a | 11.7 a | 10.8 a | 104.3 a | 0.51 b |
| CLOR | 76.0 a | 59.5 a | 11.5 a | 10.7 a | 123.8 a | 0.66 b |
| VIT | 75.5 a | 60.3 a | 11.5 a | 10.6 a | 104.5 a | 0.70 b |
| TRICH | 75.8 a | 60.5 a | 11.4 a | 10.5 a | 85.5 a | 0.94 a |
| BAC | 75.7 a | 60.3 a | 11.5 a | 10.5 a | 105.5 a | 0.71 ab |

*Valores con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey $p=0.05$).

El parámetro T/L, índice de tenacidad:extensibilidad, que es un parámetro que nos ayuda a clasificar los tipos de masa de trigo a partir de la harina del grano, fue afectado por los tratamientos a la semilla. Con el tratamiento de *T. lignorum* se obtuvo el valor más alto en esta variable y con el tratamiento testigo el más bajo. De acuerdo con el método 54-30A de la AACC (2005), aunque con el tratamiento de *T. lignorum* se obtuvo el valor más alto de T/L, todas las masas obtenidas con el grano de todos los tratamientos se clasificaron como masas extensibles.

Se ha observado que la aplicación de *Trichoderma* spp., al momento de la siembra y en aplicaciones foliares tiene un efecto sobre diferentes parámetros agronómicos y funciones fisiológicas dentro de la planta de trigo (Hajieghrari y Mohammadi, 2016), por lo que no se descarta que este microorganismo, que a diferencia de los tratamientos químicos puede permanecer activo en la rizósfera, afectara alguna ruta fisiológica de la planta de trigo que directa o indirectamente afectara el parámetro T/L en el grano. No se descarta que otras especies de este hongo u otros microorganismos utilizados como tratamientos a la semilla también tengan un efecto sobre los parámetros de calidad.

CONCLUSIONES

Los tratamientos a la semilla de trigo pueden tener un efecto sobre los parámetros de calidad de la misma. El tratamiento biológico con *Trichoderma* afecto el parámetro de calidad índice de tenacidad:extensibilidad. Es importante evaluar otros tratamientos a la semilla.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AACC (American Association of Cereal Chemists) (2005) Approved Methods of the AACC. 10th (Ed.). American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, USA.

2. Hajjehrari, B and Mohammadi, M (2016) Growth-promoting activity of indigenous *Trichoderma* isolates on wheat seed germination, seedling growth and yield. *AJCS* 10(9):1339-1347.
3. Mariscal, ALA (2014). Enfermedades. *In*: Tecnología para la producción sustentable de trigo de riego para El Bajío. Solís, M. E., y Rodríguez G. A. (Comps). Libro Técnico No. 6. INIFAP-CIRCE-CEBAJ. 266 p.
4. Mariscal, ALA, Solís, ME, Villaseñor, MHE, Ramírez, RA y Moreno, GB (2018) Manejo Integrado de la Secadera del Trigo en El Bajío. Folleto Técnico No. 11. SAGARPA-INIFAP-CIRCE-CEBAJ. 47 p.

Sección: Sanidad vegetal.

PRINCIPALES ENFERMEDADES DE FRIJOL EN YUCATÁN

Raúl Díaz Plaza*¹ y Hector Torres Pimentel¹

¹Campo Experimental Mocochoá CIRSE-INIFAP

diaz.raul@inifap.gob.mx

Palabras clave: Variedades de frijol, enfermedades, temporal

INTRODUCCIÓN

En Yucatán, el frijol es el segundo alimento en importancia en cuanto a consumo se refiere. Sin embargo, la producción estatal no cubre la demanda de consumo, por lo que es necesario importar grano de otros estados del País. El sistema de producción más importante es el intercalado a la milpa, y un porcentaje muy reducido se siembra en monocultivo de temporal, con materiales negros básicamente. El rendimiento medio de frijol en el estado de Yucatán es de un poco menos de 500 kilogramos por hectárea (Estrada, 2002), rendimiento que se ve afectado por múltiples factores, entre ellos el temporal errático, plagas y enfermedades (SAGARPA-COFUPRO-INIFAP, 2017). Estas últimas, son muy dañinas en el trópico seco y húmedo, pues estas condiciones estresan a la planta y la hacen susceptible a la incidencia de patógenos que merman sustancialmente el rendimiento. Por tanto, el estudio e identificación de los agentes causales de las enfermedades en el cultivo de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) se ha hecho indispensable, así como determinar el daño real que ocasionan a la planta durante los diferentes estadios de desarrollo. Los daños causados por las enfermedades a la planta son diferentes y dependen en gran medida al componente varietal o genético, así como a prácticas agronómicas que se aplican al cultivo, como son las fechas de siembra y uso de semilla de buena calidad. El objetivo del presente trabajo fue: evaluar la incidencia de las principales enfermedades en 12 variedades de frijol tipo negro en el sur del estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El lote experimental se estableció en El Sitio Experimental Uxmal, del Campo Experimental Mocochoá (20° 25' 36'' N, 89° 45' 20.3'' W), ubicado en el municipio de Muna, al sur de Mérida. El lote se estableció durante el ciclo agrícola O-I 2020-2021, bajo temporal en un suelo luvisol ródico ((K'ankab). La semilla y variedades utilizadas fueron obtenidas del banco de germoplasma del INIFAP, del Campo Experimental Bajío, Celaya Guanajuato. La siembra se llevó a cabo el 22 de octubre del 2020 (después del paso del huracán Cristobal) y se cosecho en la primera semana de febrero del 2021.

En el ensayo se establecieron las variedades: Negro Medellín, Negro Michigan, Negro Jamapa, Negro INIFAP, Negro Cotaxtla 91, Negro Huasteco 81, Negro 8025, Negro Comapa, Negro Tropical, Negro Veracruz y dos materiales experimentales avanzados. La siembra del frijol fue en franjas por variedad y a espeque, en cada cepa de frijol se depositaron de 4 a 5 semillas a una distancia entre cepas de 20 a 25 centímetros. La distancia entre surcos o hileras fue de 0.80 cm. La superficie por variedad fue de 80 m². La preparación del terreno consistió en eliminación de maleza mediante dos pases de rastra pesada y una ligera, y aplicación de herbicida pre-emergente; posteriormente se realizó la eliminación de maleza mediante aplicación de herbicida, mediante dos aplicaciones, una cada 30 días (fomesafen + fluazifop-p-butil). Después de la emergencia del frijol se fertilizó con fosfato diamónico aproximadamente 8 gr por cepa. Para el control de enfermedades se realizaron dos aplicaciones en todo el ciclo del cultivo (producto compuesto por sulfato de estreptomina + clorhidrato de oxitetraciclina y sulfato tribásico de cobre), con el objeto de evaluar las variedades aplicando las prácticas tradicionales para el cultivo y según las recomendaciones para la zona.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La incidencia de plagas realmente fue muy baja, presentándose principalmente chicharritas, su población no fue importante por lo cual no fue necesario realizar alguna aplicación de agroquímicos para su control.

Sin embargo, la incidencia de enfermedades fue importante, presentándose principalmente pudrición de plántula, tizón común y virus mosaico común. En el cuadro 1 se muestra la incidencia de las enfermedades en las variedades evaluadas, observándose una reacción diferencial entre dichas variedades.

En el Cuadro 1 se presentan las enfermedades que se presentaron en las diferentes variedades, así como los rendimientos obtenidos en las mismas.

Cuadro1: Incidencia y severidad de Enfermedades y rendimiento de 12 variedades de frijol evaluadas en Uxmal, Yucatán.

| Variedad | Pudrición cepas | Tizón % | Severidad Tizón | % Virus Mosaico Común | Severidad Virosis | Rendimiento (kg/ha) |
|-------------|-----------------|-----------|-----------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Medellín | 20 | 100 | 1 | | | 353 |
| Michigan | 31 | 70 | 1 | | | 319 |
| Jamapa | 10 | 50 | 1 | | | 350 |
| INIFAP | 23 | 85 | 1 | | | 337 |
| Cotaxtla 91 | 21 | 80 | 1 | 1 | 1 | 332 |
| Huasteco 81 | 18 | 80 | 1 | | | 365 |
| 8025 | 25 | 90 | 1 | | | 186 |
| Comapa | 28 | 85 | 1 | | | 266 |
| Tropical | 0 | 10 | 1 | | | 348 |
| Veracruz | 9 | 70 | 1 | 1 | 1 | 401 |
| Exp. 1 | 10 | 70 | 1 | | | 324 |
| Exp.2 | 12 | 70 | 1 | | | 265 |

El registro de la estación meteorológica del Sitio Experimental Uxmal fue de 141.6 mm en todo el ciclo. En etapa de floración y llenado de vaina en noviembre y diciembre se registraron 56.6 mm. La Sequía terminal, se presentó después de la floración.

La incidencia de pudrición de plántula (causada principalmente por especies de Fusarium y Rhizoctonia) se explica por la alta humedad en suelo que se presentó al momento de la siembra, pues se sembró con la humedad residual que nos dejó las tormentas tropicales y huracán que se presentaron en el 2020; además de que después de la siembra, el mes de octubre fue el más húmedo del ciclo del cultivo (gráfica 1). Esta enfermedad, realmente fue la que más daño ocasionó en los materiales ya que el número reportado en el Cuadro 1, representa el número de plantas muertas por variedad. De esta manera, la variedad que

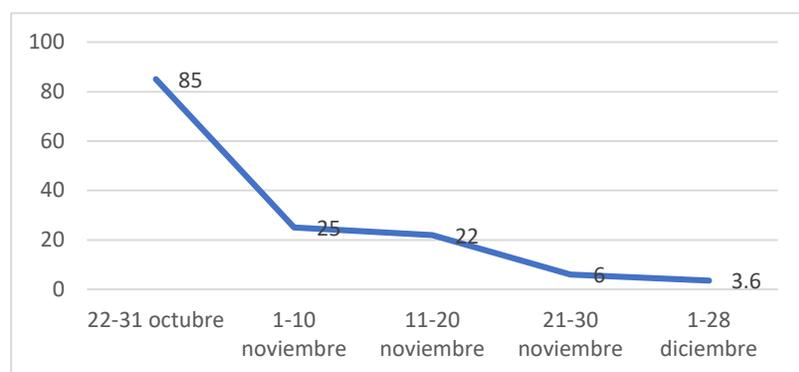
tuvo mayor número de plantas muertas fue Michigan, mientras que la de menor daño e incidencia de la pudrición fue la variedad Tropical.

En el caso de Tizón común (causado por *Xanthomonas*), aunque se presentó en un alto porcentaje, su severidad fue muy baja, presentándose principalmente en hojas viejas. Sin embargo, podemos observar un comportamiento diferencial en cuanto a incidencia (y posiblemente susceptibilidad) de las variedades, observándose una mayor incidencia en la variedad Medellín, y la menor incidencia en la variedad Tropical.

La incidencia de virosis fue realmente baja, lo cual se puede explicar a la buena calidad de la producción de la semilla por parte del INIFAP, ya que se usó semilla calidad Registrada para el ensayo, y hay que recordar que este tipo de virus se trasmite principalmente por medio de la semilla.

A pesar de que la variedad **Tropical** fue la que presentó la menor incidencia de enfermedades, no fue la de mayor producción, en este caso la mejor variedad fue la variedad **Veracruz**. Estas dos variedades pueden considerarse como las más sobresalientes del ensayo, pues superan la media regional y presentan las incidencias de enfermedades más bajas.

Grafica 1: Precipitación en el ciclo de cultivo.



Estos materiales claramente muestran que la ocurrencia de distintos mecanismos de adaptación a la sequía y enfermedades en genotipos de frijol es frecuente (Acosta et al 2004); entre los materiales que se han evaluado en este trabajo hay la posibilidad de utilizar algunos en programas de mejoramiento genético para la obtención de variedades que se adapten a las condiciones del estado

CONCLUSIONES

Las principales enfermedades del frijol en Yucatán son: Pudrición de planta y Tizón Común.

Las mejores variedades fueron: Tropical y Veracruz, las cuales superan la media de rendimiento en frijol de temporal de la región, con 320 kg/ha y 401 kg/ha, y presentan las incidencias más bajas de enfermedades.

Es importante realizar al menos dos ensayos más para establecer con claridad tanto el comportamiento de las variedades como las enfermedades y plagas que las pueden atacar.

Por el comportamiento de las variedades en las condiciones de sequía que se presentó podrían representar material interesante para estudios posteriores en líneas de investigación de mejoramiento genético en frijol para la península de Yucatán.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Refrescamiento de semilla de frijol".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta-Díaz, Efraín; Trejo-López, Carlos; Ruiz-Posadas, Lucero del Mar; Padilla-Ramírez, J. Saúl; Acosta-Gallegos, Jorge A. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. *Terra Latinoamericana*, vol. 22, núm. 1, enero-marzo, 2004, pp. 49-58 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México

Estrada Vivas E.J. 2002. Producción de frijol en suelos mecanizados de Yucatán. Fundación Produce Yucatán, A.C., Boletín técnico. Mérida, Yucatán.

SAGARPA-COFUPRO-INIFAP. 2017. Agenda Técnica Agrícola de Yucatán. Cd. México. INEGI, SIAP

Sección: Socioeconomía, Sanidad vegetal.

EFFECTO DE EXTRACTOS VEGETALES CONTRA PATÓGENOS QUE OCASIONAN LA MARCHITEZ DE CHILE (*Capsicum annuum* L.)

Diana Elva Pedraza Gervacio^{1*}, Brenda Zulema Guerrero Aguilar², Mario Martín González Chavira², José Luis Pons Hernández², Emiliano Villordo Pineda².

¹Universidad Politécnica de Guanajuato Cortazar, Guanajuato, México. ² INIFAP Campo Experimental Bajío, Celaya, Gto.

17030646@upgto.edu.mx

Palabras clave: extracto etanólico, chilcuague, Neem, Phytophthora capsici

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas fitosanitarios en el cultivo de chile (*Capsicum annuum*), es la enfermedad conocida como marchitez de chile, conformado por un complejo patogénico: *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*. Para el control de la marchitez los agricultores han utilizado un exceso de productos químicos que provocan un impacto ambiental negativo, además de que crean resistencia genética en los fitopatógenos a los ingredientes activos e incrementan los costos de producción. Debido a esto se buscan otras alternativas para controlarlos, una de ellas es la utilización de extractos vegetales como son chilcuague (*Heliopsis longipes*); es una planta endémica de la Sierra Gorda usada en medicina alternativa, las hojas son ricas en terpenos y flavonoides, y las raíces en azúcares, flavonoides, terpenos y alcaloides que muestra actividades biológicas como antimicrobianas, bacteriostáticas, fungicidas y larvicidas (Contreras *et al.* 2020), el árbol de Neem (*Azadirachta indica*); perteneciente a la familia Meliaceae que se emplea como un bioplaguicida, ofrece inmensas propiedades antialimentadoras debido a su eficacia para suprimir la sensación de alimentación en insectos, esta planta contiene la nimbina posee propiedades antiinflamatorias, antipirético, fungicida, antihistamínico y antiséptico propiedades. (Chaudary *et al.* 2017). Chicalote (*Argemone Mexicana*); pertenece a la familia *papaverace*, posee actividades analgésicas, anticancerígenas, antifúngicas, antihelmínticas, antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, antimutagénicas, ansiolíticas, citotóxicológicas, hipoglucemiantes, neurofarmacológicas y trombolíticas (Apu *et al.* 2012). Y la capsaicina que se encuentra *Fruto de chile (Capsicum chinense)*, se destaca la acción antifúngica de los fenoles, uno de los antioxidantes de mayor concentración que interfiere en el metabolismo microbiano, al inhibir su crecimiento (Bacon *et al.* 2016). Por lo consiguiente se formuló el siguiente objetivo evaluar el efecto de los extractos vegetales contra patógenos que ocasionan la marchitez de chile.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta vegetal. El material vegetal fue de hojas de chilcuague, chicalote, neem, y fruto de chile habanero. Los tejidos vegetales se secaron en una estufa a una temperatura de 65°C durante 72 horas, posteriormente se molieron utilizando un mortero.

Preparación de extractos botánicos. Se pesaron las muestras vegetales y se maceraron en frío con etanol y metanol en una relación de 1 g de tejido vegetal por 10 mL de solvente durante 48 horas, posteriormente se filtró y se guardó en frascos de vidrio, hasta su empleo.

Preparación de inóculo. Los patógenos utilizados fueron aislados de plantas de chile con sintomatología a la enfermedad de la marchitez, *Phytophthora capsici*, *Rhizoctonia solani* y *Fusarium oxysporum*, se activaron en medio de cultivo PDA y se incubaron a temperatura ambiente.

Evaluación in vitro de la actividad fúngica. Para demostrar el efecto de los diferentes extractos de *Argemone Mexicana*, *Heliopsis longipes*, *Azadirachta indica* y *Capsicum annum*, sobre el crecimiento de los hongos se utilizó la siguiente técnica:

Técnica de dilución del extracto en agar. Se preparó medio de cultivo PDA y se le adicionó en una relación de 1mL de extracto por cada 20 mL de agar, se agitó y se vaciaron en cajas Petri de 60 x 15.

Inoculación de los hongos fitopatógenos. Se inocularon los hongos fitopatógenos realizando un corte del agar PDA con un bisturí se colocó en el centro de las cajas con los diferentes extractos y se incubaron a temperatura ambiente. El efecto inhibitorio de los extractos se determinó como el porcentaje del crecimiento del micelio del hongo con respecto al testigo en PDA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1. Se muestra el crecimiento de los patógenos en los extractos vegetales metanólicos y etanólico y el % de inhibición, donde presentaron diferentes comportamientos para cada uno de ellos. El patógeno *P.capsici* el mejor fue el extracto etanólico en todos los extractos vegetales con un 100% de inhibición, mientras para *R. solani* los más efectivos fueron todos los extractos vegetal metanólicos con 100% de inhibición, en cuanto los extractos vegetales etanólico el que tuvo menor % de inhibición fue el neem con 88.8, mientras que los otros tres fue un 100% de inhibición. En cuanto *F.oxysporum* el mejor fue el extracto etanólico siendo el mejor el de chile con un 88.8%, seguido por chilcuague con un 73.8% y con un 59 fue el efecto el de chilcuague y neem, mientras que el metanólico el mejor fue el de chile y el de menor efecto fue el de chicalote.

Cuadro 1. Crecimiento de micelo y % de inhibición de los extractos vegetales contra patógenos que ocasionan para la marchitez.

| Tejido vegetal | <i>F. oxysporum</i> | | | | <i>R. solani</i> | | | | <i>P. capsici</i> | | | |
|----------------|---------------------|-------|----------|--------|------------------|--------|----------|--------|-------------------|--------|----------|--------|
| | Metanol | | Etanol | | Metanol | | Etanol | | Metanol | | Etanol | |
| | C.M (cm) | % Inh | C.M (cm) | % Inh. | C.M (cm) | % inh. | C.M (cm) | % inh. | C.M (cm) | % inh. | C.M (cm) | % inh. |
| Chilcuague | 2.66 | 40.4 | 1.83 | 59. | 0 | 100 | 0 | 100 | 0.47 | 90.6 | 0 | 100 |
| Chicalote | 3.33 | 25.5 | 1.17 | 73.8 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0.73 | 85.4 | 0 | 100 |
| Neem | 2.86 | 36.0 | 1.8 | 59.7 | 0 | 100 | 0.5 | 88.8 | 0.53 | 89.4 | 0 | 100 |
| Chile | 1.53 | 65.7 | 0.5 | 88.8 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 | 0 | 100 |
| Control (PDA) | | | 4.47 | | | | 5 | 100 | | | 5 | |

En la Figura 1 se muestra el crecimiento de los patógenos en los extractos vegetales en donde hay crecimiento en *F. oxysporum* comparadas con el control es en los extractos vegetales metanólicos, mientras que en los extractos etanólicos hay menor crecimiento de micelio en los extractos vegetales.

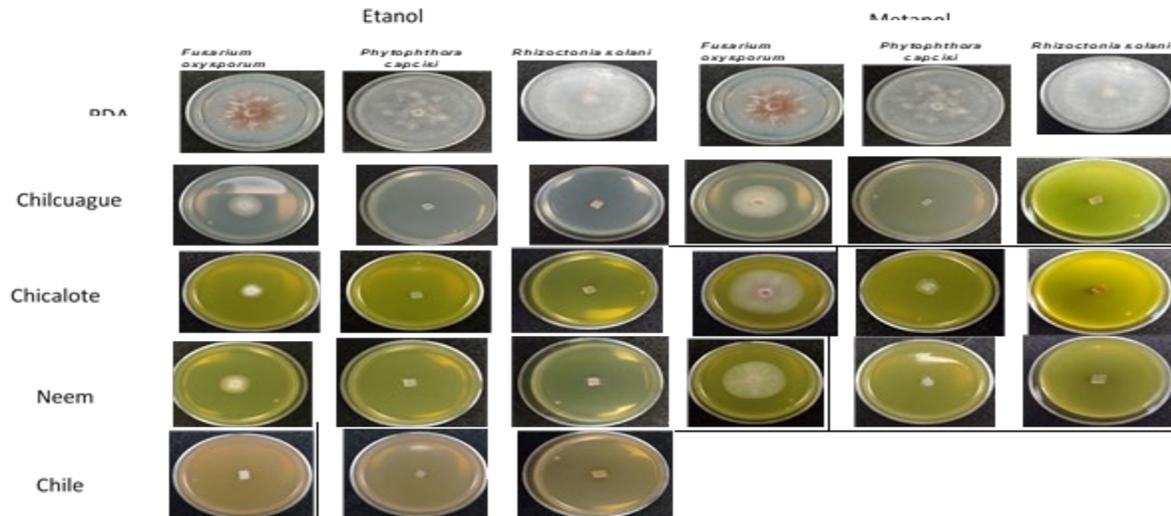


Figura 1. Crecimiento de *F.oxysporum*, *P.capsici* y *R.soalni* en medios de cultivo con extractos vegetales Chilcuague, Chicalote, Neem y Chile.

CONCLUSIONES

El que tuvo mayor efecto de los cuatro extractos vegetales fue el extracto etanólico de Chile contra los tres patógenos que causan la marchitez de Chile.

F. oxysporum fue en donde hubo menor inhibición en los cuatro extractos vegetales siendo el Chile con mayor % de inhibición con un 88.

En *R. solani* el mejor fueron los extractos vegetales metanólicos con un 100% de inhibición

En *P. capsici* todos los extractos vegetales etanólicos fueron al 100% de inhibición.

AGRADECIMIENTOS

Los resultados son parte del proyecto Fiscal: “Desarrollo y transferencia de tecnologías sustentables para la producción de Chile y jitomate en campo e invernadero” con el No. SIGI. 167834791

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Apu AS, Baizyd AHA, Ara F, Bhuyan SH, Matin M, Hossain MF (2012) Phytochemical analysis and bioactivities of *Argemone mexicana* Linn. leaves. PhOL 3:16–23.

Bacon, K., Boyer, R., Denbow, C., O’Keefe, S., Neilson, A. & Williams, R. (2016). Antibacterial activity of jalapeño pepper (*Capsicum annuum* var. *annuum*) extract fractions against select foodborne pathogens. Food Sci Nutr. 5:730-738.

Chaudhary, S., Kanwar, R. K., Sehgal, A., Cahill, D. M., Barrow, C. J., Sehgal, R., & Kanwar, J. R. (2017). Progress on *Azadirachta indica* based biopesticides in replacing synthetic toxic pesticides. *Frontiers in plant science*, 8, 610.

Parola-Contreras, Ixchel, Guevara-González, Ramón G., Feregrino-Pérez, Ana A., Reynoso-Camacho, Rosalía, Pérez-Ramírez, Iza F., Ocampo-Velázquez, Rosalía V., Rojas-Molina, Alejandra, Luna-Vazquez, Francisco, & Tovar-Pérez, Erik G. (2021). Phenolic compounds and antioxidant activity of methanolic extracts from leaves and flowers of chilcuague (*Heliopsis longipes*, Asteraceae). *Botanical Sciences*, 99(1), 149-160. Epub 23 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.17129/botsci.2671>

Sesión: Sanidad vegetal

RESPUESTA DE TOLERANCIA GENÉTICA EN HÍBRIDOS COMERCIALES DE SORGO-GRANO A PULGÓN AMARILLO DEL SORGO (*Melanaphis sacchari* Zehntner), EN MORELOS.

Alberto Trujillo Campos* y Marianguadalupe Hernández Arenas.

INIFAP - CIRPAS - Campo Experimental de Zacatepec, Mor

trujillo.alberto@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tolerancia genética, *Sorghum bicolor*, *Melanaphis sacchari*.

INTRODUCCIÓN

En el estado de Morelos, el cultivo de sorgo para grano (*Sorghum bicolor* L. Moench) ocupa la mayor superficie cultivada anual, rebasando las 30,000 ha, con rendimiento promedio de 6.05 ton/ha; esto lo coloca en el octavo lugar a nivel nacional, después de Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa, Michoacán, San Luis Potosí, Nayarit y Jalisco (SIAP, 2020).

El pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari* Zehntner, 1987) es una especie invasora de reciente introducción al país y actualmente es la plaga de mayor importancia económica para este cultivo; se encuentra ampliamente distribuido en los estados de Colima, Coahuila, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas, Veracruz y Morelos. La infestación inicia en las hojas inferiores y posteriormente se desplaza hacia las superiores y el tallo. Las ninfas y los adultos del pulgón causan daño directo en el follaje, debido a que se alimenta de la savia, provocando desórdenes fisiológicos como clorosis y marchitamiento, afectando el crecimiento y por ende la disminución en el rendimiento y la calidad de la cosecha; además ocasiona daños indirectos, los adultos excretan una sustancia pegajosa en la cual se desarrolla fumagina, afectando la capacidad fotosintética de la planta (SENASICA, 2014; Rodríguez y Terán, 2015). Se reportan como sus principales cultivos hospederos a la caña de azúcar, sorgo, maíz y avena; además de ser un potencial vector transmisor de virus. La afectación del rendimiento está en función de la densidad de población de pulgones en la planta, del estado fenológico de la planta, de la duración e intensidad del daño de la infestación; así como de las condiciones de humedad del ambiente (Maya y Rodríguez del Bosque, 2014).

En el ciclo primavera-verano de 2015, la plaga de pulgón amarillo del sorgo (*Melanaphis sacchari* Zehntner) se presentó por primera vez en Morelos, afectando severamente la producción estatal e incrementando los costos de producción, por repetidas aplicaciones de insecticidas químicos (Hernández y Trujillo, 2017); es por ello que se estableció el presente estudio en la región productora de sorgo del estado de Morelos con el objetivo de determinar la productividad de híbridos comerciales de sorgo-grano relacionada a la incidencia y densidad de población de pulgón amarillo del sorgo.

MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo primavera-verano de 2016, bajo condiciones de temporal, se estableció un lote experimental en la parcela de un productor cooperante del municipio de Jantetelco, Mor. en la región oriente-centro de Morelos, a una altitud de 1,450 m; representativa de las zonas productoras de sorgo del Estado ubicadas en la región agroecológica de Trópico seco (cálida) y de Subtrópico subhúmedo (semicálida). Esta zona se ubica en la Provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, caracterizada por: 1) Unidad de suelo: Vertisol pélico, Regosol eútrico y Feozem háplico; 2) Clima Awo: Cálido subhúmedo, temperatura media anual mayor de 22 °C; 3) altitud de 1,000 a 1,500 metros sobre el nivel del mar; 4) precipitación pluvial de 800 a 1,000 mm anuales. Textura fina a media; pH de moderadamente alcalino a moderadamente ácido y pendiente de 0 a 9 %, con pedregosidad. De acuerdo a esta información, esta zona corresponde a un mediano a alto potencial productivo para el cultivo de sorgo.

El lote experimental se estableció bajo el sistema de labranza mínima, se surcó a 75 cm de ancho y la densidad de siembra fue de 15 kg/ha; el manejo agronómico del cultivo se realizó de acuerdo a las recomendaciones técnicas generadas por el INIFAP-Campo Experimental de Zacatepec, Mor., a excepción del control de plagas.

Se evaluaron los híbridos comerciales de sorgo-grano que se muestran en el Cuadro 1, los cuales representan a las empresas semilleras que comercializan en el estado de Morelos. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue de 4 surcos de 5 m de longitud, considerando los dos surcos centrales como parcela útil, para la toma de datos de las principales variables agronómicas de planta, panícula, grano y rendimiento de grano.

Para determinar la incidencia y densidad de población de pulgones, la unidad experimental estuvo compuesta por dos plantas en cada una de las cuales se consideró la segunda hoja basal y la última hoja superior (sin contar la hoja bandera), para la determinación semanal del número de pulgones promedio por planta. Debido a que los datos no cumplían con el supuesto de normalidad, se realizó transformación de datos a raíz cuadrada y se sumó un 1 a cada dato. Los datos se procesaron y se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS® versión 9.0.

La semilla de cada híbrido fue tratada con Imidacloprid® (500 g/100kg de semilla). A los 39 días después de la siembra (dds) se observó presencia de mielecilla y fumagina en las hojas y se realizó la aplicación de 50 mL/ha de Toreto® (Sulfoxaflor), y a los 60 dds se realizó una segunda aplicación de insecticida, utilizando 200 mL/ha de Sivanto prime® (Flupyradifurone).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo el promedio semanal de pulgones por planta durante ocho semanas, a partir de los 32 hasta 81 dds, momento en que se registró una población de cero individuos por hoja en más del 50% de los híbridos. Se detectaron diferencias significativas a los 32, 46, 53, 60 y 74 dds (Cuadro 1). De manera general, la mayor incidencia de pulgón amarillo se presentó a los 53 y 60 dds. A los 32, 46 y 60 dds, SAN BERNARDO fue estadísticamente superior a todos con el mayor número de pulgones; mientras que a los 53 dds, DAS-4430 y a los 74 dds, WAC-685, fueron los que sobresalieron con alto número de pulgones. Estos híbridos fueron los que mostraron mayor preferencia para la infestación del pulgón amarillo; mientras que NIKEL y ARGOS fueron los de menor preferencia; aunque esto no indica necesariamente la resistencia o tolerancia genética de los híbridos; y esto tampoco está relacionado con la productividad.

Cuadro 1. Análisis del número de pulgones amarillos ápteros en híbridos de sorgo-grano, 2016.

| Híbrido | 32 dds | 39 dds | 46 dds | 53 dds | 60 dds | 74 dds | Rendimiento t/ha |
|---------------------|---------|---------|----------|----------|-----------|--------|------------------|
| NIKEL | 12.9 b* | 150.1 a | 57.5 ab | 12.1 b | 232.6 ab* | 0.8 b | 8.258 bc |
| ÁMBAR | 34.5 ab | 341.4 a | 27.7 b | 435.7 ab | 456.2 ab | 2.3 ab | 6.765 c |
| KS-989 | 27.3 ab | 167.4 a | 150.9 ab | 260.8 ab | 122.6 b | 0.0 b | 9.447 ab |
| ARGOS | 38.1 ab | 108.5 a | 56.0 b | 21.6 b | 93.1 b | 4.6 ab | 10.549 a |
| SAN BERNARDO | 89.9 a | 273.5 a | 311.4 a | 407.6 ab | 553.1 a | 8.5 ab | 6.970 c |
| WAC-685 | 63.2 ab | 264.8 a | 117.0 ab | 135.0 ab | 268.0 ab | 12.4 a | 10.361 ab |
| W-917 | 36.1 ab | 233.6 a | 115.6 ab | 340.6 ab | 314.1 ab | 1.5 ab | 8.916 abc |
| 85P15 | 38.1 ab | 49.9 a | 9.8 b | 145.8 ab | 143.8 b | 2.3 ab | 10.373 ab |
| DAS-4430 | 55.4 ab | 143.6 a | 291.9 ab | 521.8 a | 443.1 ab | 2.3 ab | 4.035 d |
| ACA-506 | 28.7 ab | 163.4 a | 15.4 b | 110.8 ab | 207.0 ab | 0.8 b | 10.763 a |
| M-550 | 18.5 ab | 106.3 a | 129.5 ab | 22.4 b | 221.2 ab | 0.8 b | 10.000 ab |
| DKS-48 | 35.7 ab | 76.4 a | 105.3 ab | 166.9 ab | 216.3 ab | 3.0 ab | 10.355 ab |

*Valores con la misma letra son estadísticamente iguales, de acuerdo con la prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$). dds = días después de la siembra.

Se observaron diferentes comportamientos de los híbridos a la infestación por pulgón amarillo y productividad de grano; en la Figura 1 se muestra la respuesta a). baja infestación todo el ciclo y alto rendimiento; b) baja infestación todo el ciclo y rendimiento medio; c). alta infestación todo el ciclo y rendimiento medio; y, d) alta infestación todo el ciclo y bajo rendimiento. Lo anterior nos muestra que como indicador de resistencia o tolerancia genética se da la preferencia o no preferencia del insecto por el genotipo en específico; así como la capacidad productiva del genotipo

a pesar de la alta infestación por la plaga, manifestándose esto en el potencial genético del híbrido para una alta productividad.

En la evaluación agronómica de los híbridos, los valores promedio del experimento fueron los siguientes: 70 días a floración; 1.47 m en altura de planta; 11 cm en excersión; 24 cm en longitud de panícula; 218, 244 plantas por hectárea; así como un rendimiento de 8.767 t grano por ha ajustado a un 12% de humedad. En esta variable se observa que ocho híbridos se ubicaron dentro del primer nivel de significancia estadística, siendo estos: ACA-506, ARGOS, 85P15, WAC-685, DKS-48, M-550, KS-989 y W-917.

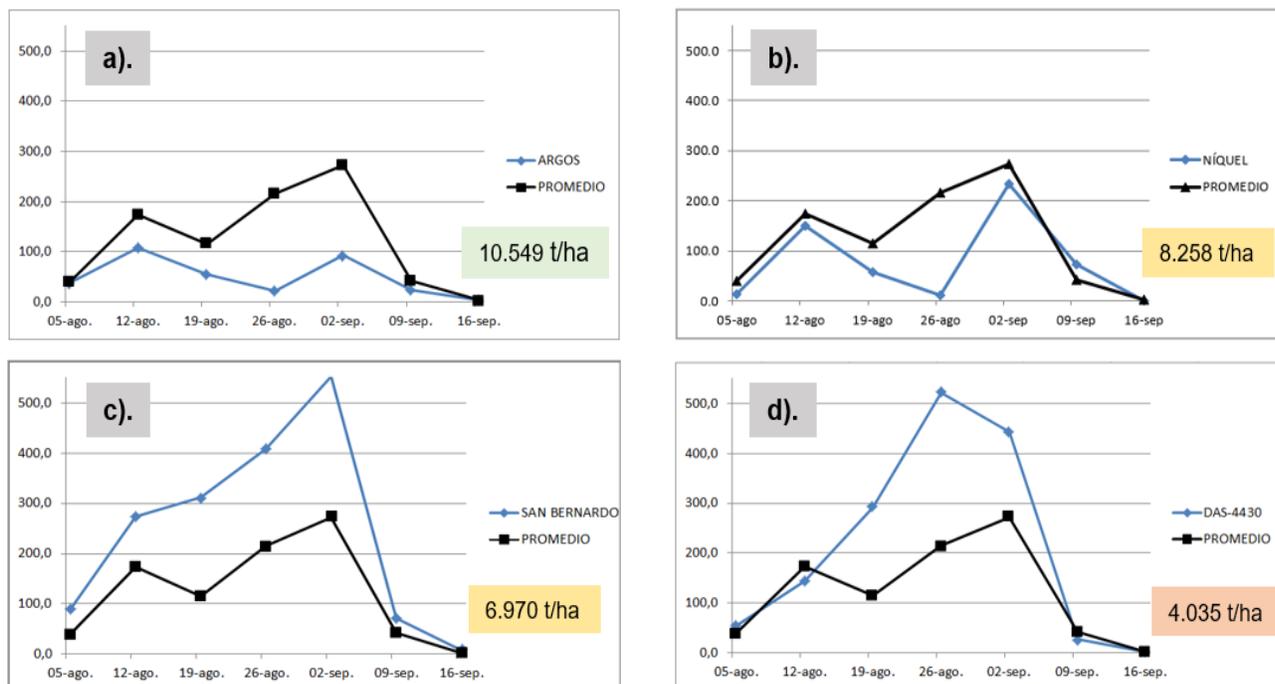


Figura 1. Respuesta en productividad de genotipos a incidencia de pulgón amarillo del sorgo.

CONCLUSIONES

En todos los híbridos se registró la presencia de pulgón amarillo, con poblaciones superiores al umbral económico recomendado de 50 insectos por hoja.

El híbrido SAN BERNARDO presentó la mayor incidencia de pulgones.

Los híbridos, ARGOS, 85P15, ACA-506, KS-989, M-550, presentaron las mejores características agronómicas, rendimiento y menor incidencia de pulgón amarillo del sorgo.

Se observa relación inversamente proporcional (negativa) entre nivel de infestación de pulgón amarillo por hoja y rendimiento de grano.

La alta producción de grano de los híbridos comerciales no está relacionada directamente con la baja incidencia de pulgón amarillo del sorgo.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del Proyecto “Generación de estrategias para el manejo integrado del pulgón amarillo del sorgo en Jantetelco, Mor.”, firmado con el H. Ayuntamiento de Jantetelco, Mor. 2016-2018.

LITERATURA CITADA

Hernández A. M. y Trujillo C. A. 2017. Tolerancia genética a pulgón amarillo en híbridos comerciales de sorgo-grano. INIFAP-CIRPAS-Campo Experimental Zacatepec. Morelos. Despegable para productores Núm. MX-0-310304-45-07-35-12-56.

Maya, H. V. y L. A. Rodríguez-del-Bosque. 2014. Pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) nueva plaga del sorgo en Tamaulipas. INIFAP. Campo Experimental Río Bravo. Río Bravo, Tamaulipas. Despegable para productores Núm. MX-0-310304-45-03-13-12-30.

Rodríguez del B., L. A., and A. P. Terán. 2015. *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae): A new sorghum insect pest in Mexico. *Southwestern Entomologist* 40: 433-434.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Acciones y programas: Producción anual agrícola. www.gob.mx/siap/.

SENASICA (Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria). 2014. Pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Zehnthner). Dirección General de Sanidad Vegetal-Programa Nacional de Vigilancia Epidemiológica Fitosanitaria. México, D.F. Ficha Técnica 43. 15 pp.

Sección: Sanidad vegetal.

CALIDAD FISIOLÓGICA Y SANITARIA DE SEMILLA DE MAÍZ (*Zea mays* L) ALMACENADA EN BOLSAS SILO CON BOLDO (*Peumus boldus* Molina).

Rosa Navarrete Maya^{1*}, Roxana Jaquelin Martínez Cerón², Martha Yolanda Quezada Viay¹, Josefina Moreno Lara¹, Gabriela Sánchez Hernández¹, María Cristina Pérez Reyes¹, María del Carmen Valderrama Bravo³, Sergio Eduardo Hernández Bautista², Sergio Jiménez Ambriz¹.

¹ Unidad de Investigación en Granos y Semillas-CAT-FESC-UNAM; ² Departamento de Ciencias Agrícolas-Campo 4-FESC-UNAM; ³ Departamento de Tecnología de Alimentos-Campo 1-FESC-UNAM

[*rosanavarretemaya@gmail.com](mailto:rosanavarretemaya@gmail.com)

Palabras clave: almacenamiento hermético, postcosecha, germinación.

INTRODUCCIÓN

Debido a la creciente demanda de alternativas naturales al uso de agroquímicos a fin de contribuir con una agricultura más sustentable, se ha propuesto la aplicación de polvos vegetales con actividad insecticida y fungicida. El uso de estos polvos para el control de plagas de semillas almacenadas ha demostrado ser efectivo, sin embargo debe conservar el poder germinativo, principal atributo para su comercialización. Bustos-Figueroa *et al.* (2009) encontraron que el polvo de boldo (*Peumus boldus* Molina) no afectó significativamente la germinación del maíz en dosis de 1 y 2%. Sin embargo, el uso de boldo como fumigante en bolsas silo herméticas no se ha reportado y su potencial efecto tóxico sobre la germinación del maíz podría incrementarse en este ambiente hermético. El objetivo fue conocer el efecto del boldo utilizado como fumigante en bolsas silo sobre la calidad fisiológica y sanitaria de la semilla de maíz almacenada herméticamente por 180 días a temperatura ambiente.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en la Unidad de Investigación en Granos y Semillas (UNIGRAS) en Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Se utilizó semilla de maíz blanco cosecha P/V 2020, proveniente de Pedro Escobedo, Qro. Se cribó para retirar impurezas y materia extraña. Se siguió un diseño experimental completamente al azar con 8 tratamientos y 4 repeticiones. Cada unidad experimental consistió de una bolsa silo GrainPro®, con 20 kg de semilla. Las hojas secas de boldo se compraron en el mercado de Jamaica de la Ciudad de México y se pulverizaron en licuadora al momento de usarlas. Para evaluar una dosis de 1% peso/peso, se repartieron 200 g de polvo vegetal en 3 sobres de tela colocados en los niveles superior, medio e inferior de las bolsas silo.

Los tratamientos consistieron en: 1) maíz sin boldo almacenado 45 días (d), 2) maíz sin boldo almacenado 90 días, 3) maíz sin boldo almacenado 135 días, 4) maíz sin boldo almacenado 180 días, 5) maíz con boldo almacenado 45 días, 6) maíz con boldo almacenado 90 días, 7) maíz con boldo almacenado 135 días y 8) maíz con boldo almacenado 180 días.

Al final de cada período de almacenamiento, antes de abrir las bolsas, se determinaron las concentraciones de O₂ y CO₂ con un analizador de gases marca Illinois. Se midió el contenido de humedad de las semillas en un analizador modelo DMC500 marca Burrows. Se tomaron muestras de 1 kg del maíz homogeneizado de cada unidad experimental y se conservaron a 6 ° C hasta su análisis al final del experimento. Se determinó la calidad fisiológica de las semillas mediante pruebas de germinación estándar (Moreno, 1996). Se calculó el índice de evaluación del desarrollo de la plántula (IEDP) (peso de la plántulas), de acuerdo a Moreno (1996). Se determinó la microbiota asociada a las semillas germinadas mediante observación de la macro- y micromorfología de las colonias.

Los datos obtenidos se sometieron a un ANOVA seguido de comparación de medias por la prueba de Tukey (p≤0.05) y se determinaron los coeficientes de correlación de Pearson para los parámetros evaluados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de humedad (CH) de las semillas se mantuvo cercano a 14 %, con diferencias entre los tratamientos. A este nivel de CH, las semillas no respiran de forma significativa, ya que su metabolismo está reducido. Los niveles de O₂ fluctuaron de 11 a 15% en el maíz sin boldo, mientras que en el maíz con boldo varió de 18 a 20%, con diferencias significativas. El consumo de oxígeno en las bolsas silo se atribuye a la respiración del mismo grano, a los insectos y a los microorganismos presentes (Abalone, 2011). Diarra y Amoah (2019) reportaron una caída de oxígeno mayor a 6% a los 90 días en maíz con 13.7% de CH en bolsa silo, lo cual es similar a lo observado en este experimento en el maíz sin boldo. También se registraron diferencias significativas en las concentraciones de dióxido de carbono (Cuadro 1).

La germinación del maíz se mantuvo entre 99 y 100%. Las plántulas anormales incluyeron coleóptilos con roturas, necrosis, enrollamientos y lesiones; además de raíces atrofiadas por infección fúngica, frágiles o ausentes, fuertemente enrolladas, etc., pero estas anomalías no se pudieron atribuir al boldo, porque se presentaron también en los tratamientos sin boldo y en el lote inicial del maíz antes de someterlo al experimento. El IEDP (peso de la plántulas) se mantuvo homogéneo y sin diferencias significativas a lo largo del experimento en todos los tratamientos. Todos estos resultados se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Parámetros evaluados en semilla de maíz almacenada por 180 días en condiciones herméticas en silo bolsa GrainPro®, a temperatura ambiente, tratadas con polvo de boldo (1%) y sin tratar.

| Almacenamiento hermético (días)/ tratamiento | Contenido de humedad (%) | Oxígeno (%) | Dióxido de carbono (%) | Semillas germinadas (%) | IEDP (mg) |
|--|--------------------------|-------------|------------------------|-------------------------|-----------|
| 45 sin boldo | 14±0.36a | 12±1.8c | 4.2±0.7b | 100±0.9ab | 330±0.01a |
| 90 sin boldo | 14±0.40ab | 11±3.6c | 5.8±2.0a | 100±0.9ab | 340±0.01a |
| 135 sin boldo | 14±0.15b | 12±1.5c | 5.7±0.8a | 100±0.9ab | 340±0.01a |
| 180 sin boldo | 14±0.23b | 15±1.7b | 3.7±0.7b | 99±1.4b | 330±0.01a |
| 45 con boldo | 14±0.27ab | 18±1.2a | 1.9±0.7c | 100±0.9ab | 330±0.01a |
| 90 con boldo | 14±0.24b | 20±0.38a | 0.55±0.5cd | 100±0.0a | 340±0.01a |
| 135 con boldo | 14±0.17b | 20±0.18a | 0.69±0.5cd | 100±0.7ab | 330±0.01a |
| 180 con boldo | 14±0.19b | 20±0.42a | 0.15±0.1d | 99±1.0ab | 340±0.01a |

*Letras distintas indican diferencias significativas entre cifras de la misma columna (Tukey, p≤0.05).

Al realizar las pruebas de germinación estándar, se observó el desarrollo de hongos asociados a las semillas muertas pero también a las germinadas, que pudieron desarrollarse debido a la alta disponibilidad de agua en los rollos de papel. Se revisaron las estructuras macro- y micromorfológicas para conocer a qué género pertenecen. Se determinó que corresponden a los géneros *Fusarium* spp. (incidencia entre 99 a 100%), *Penicillium* spp. (incidencia entre 14 y 28%) y *Rhizoctonia* spp. (incidencia entre 0.5 y 16%). El análisis de los datos y la comparación de medias nos indican que no hubo diferencias significativas en el porcentaje de incidencia de ninguno de los 3 géneros.

Fusarium spp. y *Rhizoctonia* spp. se consideran hongos de campo, mientras que *Penicillium* spp. está catalogado como hongo de almacén (Moreno, 1996), lo anterior determinado por el contenido de humedad de la semilla combinado con la humedad del ambiente, que favorece o no el desarrollo de los hongos. El contenido de humedad de la semilla se abate en poscosecha y un buen almacenamiento regula tanto el contenido de humedad como la humedad ambiental, entre otros factores, con lo que se evitará el desarrollo de los hongos de almacén. Los coeficientes de correlación de Pearson fueron positivos significativos entre *Fusarium* spp.-semillas germinadas (r= 0.7453), *Penicillium* spp.- contenido de humedad (r= 0.7391), *Penicillium* spp.-IEDP (r= 0.5431). Por el contrario fueron negativos significativos para *Rhizoctonia* spp.- contenido de humedad (r= -0.6264) y contenido de humedad –dióxido de carbono (r= -0.9798).

Se sabe que algunas especies de *Fusarium* spp. producen metabolitos que estimulan la germinación; por otro lado este hongo invade los tejidos de la semilla y de la plántula, con lo que puede provocar el ahogamiento y muerte de plántulas; además de la pudrición de plantas y mazorcas. En el caso de *Rhizoctonia* spp. puede afectar a las semillas en la germinación, inducir muerte pre y postemergente o pudrición de la raíz de plantas. *Penicillium* spp. es responsable de inducir las pudriciones de las semillas y mazorcas de maíz en condiciones de mal almacenamiento. El boldo no, presentó efecto fungicida y la atmósfera hermética no alcanzó una concentración letal de oxígeno /dióxido de carbono ya que se ha mencionado que los hongos de granos almacenados sobreviven si el nivel de O₂ es superior al 1%.

CONCLUSIONES

No se atribuyó un efecto fitotóxico al boldo porque no afectó la germinación del maíz ni el IEDP, tampoco presentó efecto fungicida ya que no afectó la viabilidad de *Fusarium* spp., *Penicillium* spp. y *Rhizoctonia* spp.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA: Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM, clave IT202119.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abalone, R, Gastón, A, Bartosik, R, Cardoso, L, Rodríguez, J. Gas concentration in the interstitial atmosphere of a wheat silo-bag. Part I: Model development and validation. J. Stored Prod. Res. 2011; 47: 268-275.
2. Bustos-Figueroa, G, Osses-Ruiz, F, Silva-Aguayo, G *et al.* Insecticidal Properties of *Peumus boldus* Molina Powder Used Alone and Mixed with Lime Against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Chil. J. Agric. Res. 2009; 69(3):350-355.
3. ISTA. International rules for seed testing. Rules. Seed Sci. Technol. 1993; 21:1-288
4. Diarra, M, Amoah, RS. Physical factors in the hermetic SuperGrainBag® and effect on the larger grain borer [*Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae)] and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* during the storage of 'Obatanpa' maize (*Zea mays* L.) variety. J. Stored Prod. Res. 2019; 83: 84-91
5. Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México.

Sección: Sanidad vegetal

INTROSPECCIÓN DEL CONTROL DE LA LANGOSTA CENTROAMERICANA EN YUCATÁN

Emiliano Loeza Kuk^{1*}, Claudia Tania Lomas Barrié¹, Mario Antonio Poot Pech², Ricardo Alfredo Munguía Rosales².

¹INIFAP, CE Mocochoá, Yucatán. ²CESVY-Mérida Yucatán. loeza.emiliano@inifap.gob.mx

Palabras clave: control químico; *Schistocerca piceifrons piceifrons*, zonas de agregación.

INTRODUCCIÓN

El ataque de la langosta a cultivos de interés antropocéntrico se ha documentado desde hace más de 100 años. En México la recurrencia y agresividad de los ataques obligaron a la conformación de las primeras campañas para su combate en 1921; desde entonces su manejo y control ha suscitado diversos eventos de encuentros y desencuentros políticos y científicos (Ortiz-Yam y Zuleta, 2020), donde lo más importante es que la especie continúa siendo un asunto de importancia regional en la actualidad, tanto por su comportamiento cíclico y al menos en el 2020 requirió de un presupuesto de \$25 millones para su control (Efeagro; ago, 2020).

La langosta centroamericana permanece en las áreas de reproducción hasta que el alimento escasea y en combinación con otros factores, forma grupos para emigrar e invadir sitios agrícolas, pastizales ganaderos, selva o centros urbanos. Dependiendo del sitio, las medidas de control pueden ser diferentes en función a la celeridad requerida para su control. Una vez que la langosta ha formado mangas, su movilidad aumenta y requiere moléculas químicas con alta efectividad para esta fase de la langosta, específicamente para el estado de Yucatán. Las moléculas alternativas deben estar aprobadas para el control de langosta, idealmente que no requiera el transporte de agua al sitio de aplicación, que tenga un efecto rápido sobre el insecto para evitar su dispersión posterior a la aplicación y con un costo accesible para la campaña. Los productos que se utilizan actualmente en Yucatán son los indicados en el Manual Operativo de la campaña contra la langosta. El paratión metílico en polvo fue uno de los insecticidas más empleados para el control de mangas de langosta, por su formulación, costo, así como facilidad en el transporte y aplicación en áreas de difícil acceso; sin embargo, éste tiene restricción de uso desde el 2005. El objetivo del presente trabajo fue reevaluar la efectividad de ingredientes activos *in situ* para el combate de la langosta centroamericana en pastizales del Estado de Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las evaluaciones se realizaron en enero y febrero del 2021 en la zona de agregación de la langosta del municipio de Buctzotz. Para ello al atardecer del día previo a la evaluación, se colectaron cerca de 200 insectos adultos con la ayuda de redes entomológicas. Para reducir el estrés de los insectos se confinaron en jaulas con malla metálica y se alimentaron con hojas de pasto y maíz. Al día siguiente, grupos de siete langostas sanas se colocaron en jaulas de malla metálica (unidad experimental). Cada jaula con un diámetro de 45 cm con base de madera y altura de 45 cm. Las jaulas con las langostas confinadas se aleatorizaron y colocaron de manera lineal entre la vegetación natural para simular el comportamiento de camuflaje. El diseño de los experimentos fue completamente al azar, con los siguientes tratamientos en la evaluación 1: paratión metílico en polvo (0.5%), cipermetrina (0.5%), tierra de diatomeas y un testigo absoluto. En el ensayo 2 los tratamientos fueron: paratión metílico en polvo (0.5%) a 5 metros de la línea de aplicación (mLDA), cipermetrina (0.5%), a 5 mLDA, cipermetrina (0.5%), a 20 mLDA y testigo absoluto. En el ensayo 3 los tratamientos fueron: paratión metílico en polvo (0.5%) a 5 mLDA, paratión metílico en polvo (0.5%) a 20 mLDA, cipermetrina (0.5%), a 5 mLDA, cipermetrina (0.5%), a 20 mLDA y testigo absoluto. La aplicación de los productos fue con mochila motorizada para polvos (Marca Sthil SR450) por el personal de la campaña a una velocidad constante y en sentido perpendicular al flujo del viento. La evaluación de los insectos muertos se realizó dos horas después de aplicación (HDA), 4 HDA y 24 HDA. Se consideró a un insecto muerto cuando perdió la verticalidad y sin movimiento en sus extremidades. Los datos de mortalidad se calcularon con la fórmula corregida de Abbott (Abbott, 1925) y se analizaron en el programa estadístico R con una significancia de 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Grupos de langostas adultas fueron sometidos al efecto de insecticidas de contacto que desde el inicio redujeran la movilidad y permitieran el control. Desde la conformación institucional en 1924 de la campaña para combatir las invasiones de las langostas se ha recurrido a diversas estrategias para reducir las poblaciones (Ortiz-Yam y Zuleta, 2020). La atención de los brotes de langosta en los últimos 37 años se ha apoyado en la aplicación de paratión metílico, de esta manera se ha recurrido a esta molécula para atender las poblaciones en fase de agregación o agregadas y en movimiento como mangas. Una de sus bondades es el efecto de derribo que induce en los insectos tratados y su baja persistencia en el suelo obtenidas de 19 muestras analizadas (Arreola Martínez *et al.*, 2013). Durante el movimiento de las mangas es común que éstas descansen en sitios de difícil acceso hacinados en grupos de miles, por lo que el control implica de preferencia un producto con presentación en polvo y con alta efectividad que en cuestión de horas provoque la muerte de los individuos, evitando su dispersión.

En este estudio se evaluó la efectividad de la cipermetrina en una formulación en polvo (0.3%) comparada al paratión metílico para controlar langostas en estado adulto. Los resultados indican que la cipermetrina provoca una mayor mortalidad a las cuatro horas después de la aplicación que el paratión metílico. Mientras que, a las 24 horas, muestra la misma efectividad para inducir mortalidad (Figura 1 a y b).

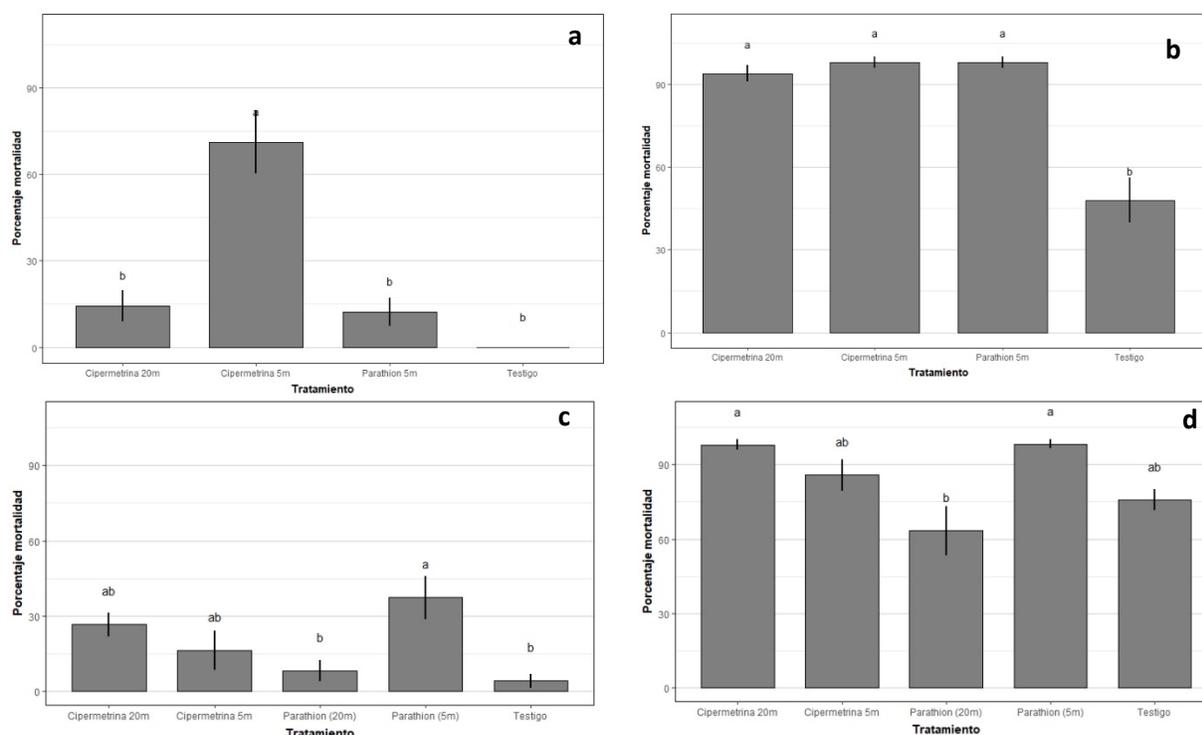


Figura 1: Mortalidad de langosta sometida a aplicación de Cipermetrina 0.3% y Paratión 3%. Mortalidad medida A) cuatro horas después de aplicación, B) 24 horas después de aplicación ensayo 2. C) A) cuatro horas después de aplicación, D) 24 horas después de aplicación ensayo. Ensayo 3.

Durante el control de las poblaciones densas de langosta es probable encontrar escenarios en donde los árboles de pernocta sean de dimensiones considerables, mientras que para el control en las áreas de agregación las aplicaciones se realizan como franjas en las que el aplicador realiza el recorrido cada 20 metros aproximadamente. Por esa metodología se planteó la evaluación de la mortalidad a 20 metros de la línea de aplicación en el ensayo 2 y 3. En el ensayo dos, se denota una ligera disminución de la mortalidad a las 24HDA, pero sin ser diferente respecto a las unidades experimentales ubicadas a cinco metros de la línea de aplicación.

La aplicación en polvo posee entre otras características una mejor penetración de las partículas dispersadas por el aparato de aplicación; sin embargo, también son más susceptibles al arrastre por vientos a una velocidad menor a 20 km/hr. Este efecto se detectó en el ensayo 3, en donde las unidades ubicadas a 20 metros de la línea de aplicación

de cipermetrina tuvieron mayor mortalidad que las ubicadas a 5 metros al haber una corriente de viento turbulenta, con dirección aleatoria durante la aplicación. Este efecto también impactó en el testigo que presentó una mayor mortalidad incluso que el tratamiento de paratión a 20 metros a las 24HDA (Figura 2). Este resultado suscita cierta preocupación en el tóxico ambiental por el riesgo de provocar mayor mortalidad en áreas no blanco, aun con aplicaciones terrestres, por lo que deberá observarse la velocidad del viento.

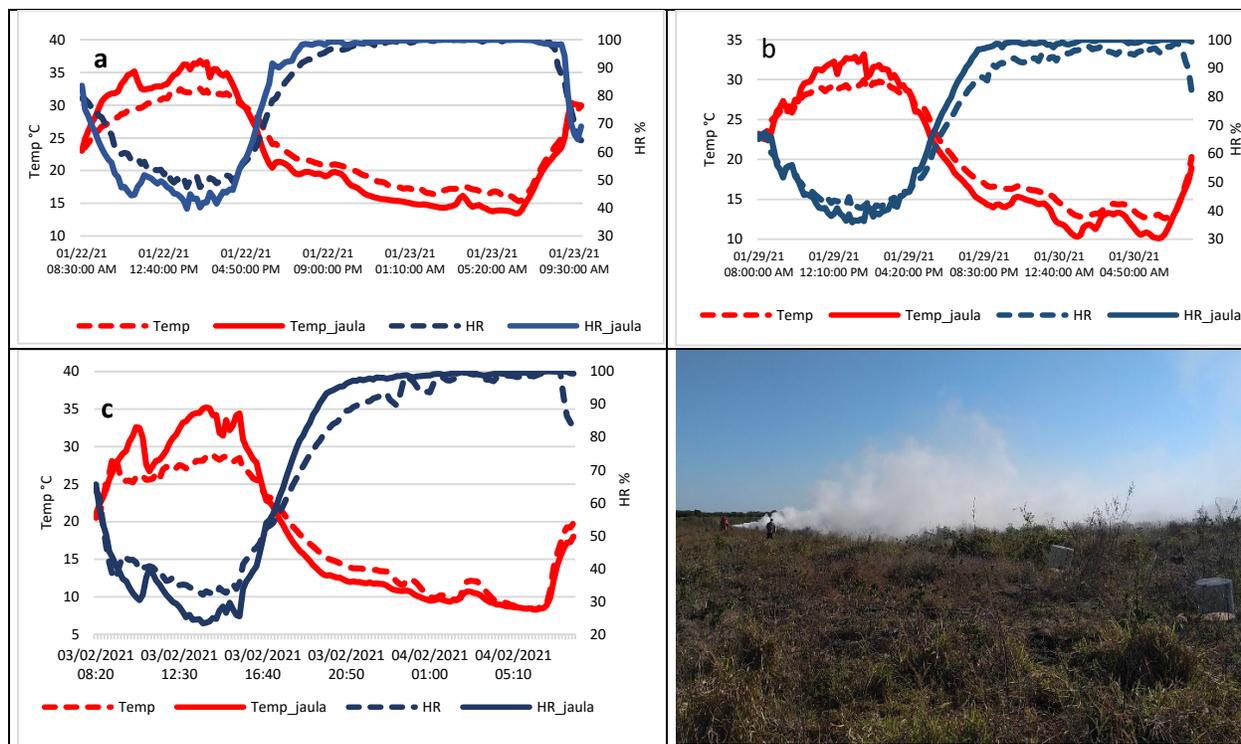


Figura 2: Condiciones microclimáticas prevalecientes al exterior e interior de las jaulas de evaluación. A) 22 a 23 de enero; b) 29 y 30 de enero; c) 3 y 4 de febrero de 2021; d) Aspecto general de las evaluaciones y aplicaciones.

Para descartar el efecto negativo de las condiciones microclimáticas durante los ensayos, se midieron con un datalogger tipo HOBO U23 (Figura 2); en los meses de enero y febrero de 2021, las temperaturas registradas fluctuaron entre 14 a 35°C en el primer ensayo, de 10 a 33°C en el segundo y de 8 a 35°C en el tercer ensayo. Del mismo modo, la humedad relativa fluctuó entre 23 a 100% en las evaluaciones con una caída más marcada en el tercer ensayo, pero sin explicar la mayor mortandad del tratamiento testigo al ser capaces de desarrollarse entre 15.3 a 38.5 °C (Garza, 2003). Es de resaltar aún con la aplicación reiterada del paratión metílico en la zona, la población de insectos evaluada mostró alta mortalidad al producto.

CONCLUSIONES

La cipermetrina aplicada como polvo es una buena alternativa para sustituir al paratión metílico para controlar los incrementos poblacionales de la langosta.

LITERATURA CITADA

1. Arreola-Martínez, B. E; Galindo-Mendoza. M.G. y Yañez-Estrada, L. G. (2013). Uso de paratión metílico en el combate a la langosta centroamericana *Schistocerca piceifrons piceifrons* (Walker) en Tizimin, Yucatán. In: La plaga de la langosta centroamericana. Una visión multidisciplinaria desde la perspectiva del desastre fitosanitario en México. P 68-55.
2. Efeagro. (2020). <https://www.efeagro.com/microsite/mexico-control-langosta-centroamericana/> rev. 6 agosto 2021.

3. Garza, U. E. (2003). Manejo del chapulin *Melanoplus sp.* y *Schistocerca piceifrons* en la planicie Huasteca. Campo Experimental Ebano. CIRNE-INIFAP-SAGARPA, km 67. Carretera Valles-Tampico, México.
4. Ortiz-Yam, I. y Zuleta, M. C. (2020). Asuntos de vecinos: Langosta, defensa agrícola y la construcción de la sanidad vegetal en México y Centroamérica, siglo XXI. *Historia Mexicana*: LXX: 313 – 373.

Sección: Sanidad Vegetal

SUSCEPTIBILIDAD DE ÁFIDOS DE IMPORTANCIA CITRÍCOLA A CONDICIONES TÉRMICAS RESTRICTIVAS

Claudia Tania Lomas Barrié*¹, Emiliano Loeza Kuk¹, Patricia Rivas Valencia² y Jesús Abraham Ake Be¹

1. INIFAP-C.E. Mocochoá, Yucatán 2. INIFAP-CEVAMEX, Estado de México.

lomas.claudia@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Aphis citricidus*, *Aphis spiraecola*, bioclimatología

INTRODUCCIÓN

El *Citrus tristeza virus* (CTV) es considerado como uno de los virus de mayor importancia económica para la citricultura. Para su transmisión local depende de los áfidos. Las poblaciones de estos vectores son sensibles a las oscilaciones térmicas (OT) extremas. Los áfidos pierden su capacidad reproductiva a los 30°C. Se ha reportado que la mayor fecundidad y tasa reproductiva neta de *Aphis citricidus*, *A. spiraecola* y *A. gossypii* a los 20°C (Komasaki, 1982). *A. citricidus* a 20 °C puede procrear 52 individuos, a 32 °C siete y la sobrevivencia cae a 29 % (Tsai & Wang 1999). De esta manera, se puede definir que la temperatura ideal para el ciclo biológico, la replicación y transmisión del virus se encuentra entre 20 y 26 °C (Yokomi & de Borde, 2005).

En Yucatán, las temperaturas favorables para el complejo epidemiológico del CTV se alcanzan parcialmente de octubre a diciembre y de enero a marzo donde se han registrado poblaciones abundantes (Patiño-Arellano *et al.* 2012). Sin embargo, dentro de este intervalo del año las OT son extremas (10 a 14 °C), o eventualmente muy extrema (Rivas-Valencia *et al.*, 2017). Esta variación está asociada a los frentes fríos (FF) característicos de esta época del año en la Península de Yucatán, el FF inicia con bajas temperaturas superficiales, acompañados de lluvias y tormentas de rayos en algunas ocasiones, que conforme pasa el FF, la temperatura del aire aumenta y termina dominando un sistema de alta presión hasta el siguiente FF, lo que generan OT extremas. Estas variaciones de OT influyen en la supervivencia de los áfidos vectores de CTV y su eventual abundancia en las zonas citrícolas. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue medir la susceptibilidad de dos especies de áfidos de importancia citrícola a dos modelos uno de FF y otro de condición de aire caliente, en condiciones controladas de temperatura, humedad relativa y luminosidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización de frentes fríos. Se usaron los datos de la estación meteorológica convencional del C.E. Mocochoá, Yucatán con más de 30 años de datos (clima Aw0), además de poseer una estación automatizada con datos pareados en los últimos años.

De los boletines meteorológicos mensuales del servicio meteorológico nacional (SMN-CONAGUA), se determinaron las fechas de inicio y fin de cada uno de los frentes fríos del 2018 y 2019, se revisaron las cartas sinópticas de superficie de la NOAA del periodo de cada frente frío (con un día previo y otro posterior del arribo del FF a la estación meteorológica). Se graficaron las condiciones térmicas y de humedad relativa para los eventos que cruzaron claramente la posición de la estación meteorológica. Se detectaron las condiciones máximas y mínimas de cada una de las variables, por hora para cada evento. Se calculó la velocidad de cambio de las variables. Con esta información se seleccionaron dos modelos, el FF número 36 (12 y 13 de febrero de 2019) y un día de alta presión posterior al FF número 28 (15 y 16 de febrero de 2018), se definieron los pisos para el modelo y se sobrepuso en la gráfica de la estación (Figura 1).

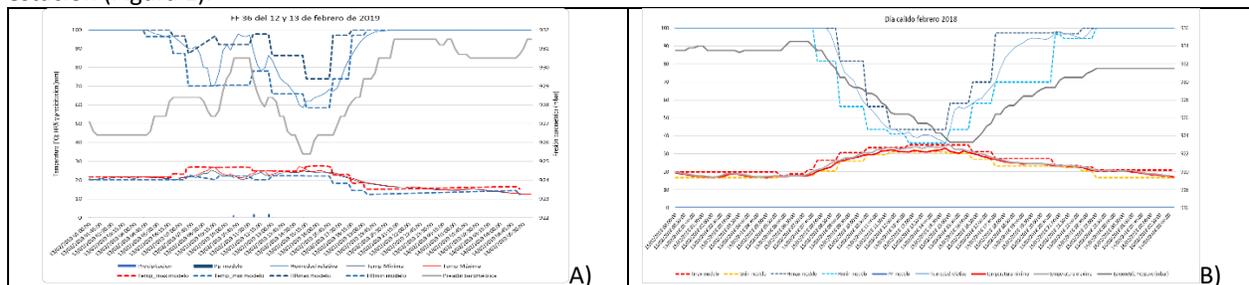


Figura 1. Condiciones de la EMA y pisos del modelo. A) Modelo de FF36 (febrero 2019). B) Modelo de día posterior a FF28 con dominio de alta presión (febrero de 2018).

Colonia de Áfidos. Se colectaron organismos de *Aphis citricidus* y *A. spiraecola* en huertas de cítricos de productores cooperantes en el estado de Yucatán y Quintana Roo en el mes de octubre del 2019. Se establecieron para cría con un programa de manejo para la generación de brotes sobre plantas de cítricos (*Citrus sinensis*, *C. reticulata* y *C. aurantium*) en un invernadero con doble jaula (una por especie de áfido) en el C.E. Mococho del INIFAP. Dentro de cada jaula se midieron las condiciones térmicas y de humedad relativa con un datalogger tipo U23 (HOBO).

Cámara bioclimática. Los áfidos fueron colectados en la mañana, se aclimataron por un par de horas a 24°C en el laboratorio. Posteriormente se transfirieron con ayuda de pinceles dos áfidos adultos o ninfas del último estadio, sobre una hoja tierna de cítrico con el peciolo dentro de espuma floral hidratada. Las hojas se confinaron dentro de jaulas individuales de policarbonato con ventilación, dentro de cada caja se colocaron dos hojas (4 áfidos). Cada ensayo se conformó de tres jaulas con *A. citricidus* y tres con *A. spiraecola*, acomodadas aleatoriamente dentro de una cámara bioclimática (Climacell marca MMM modelo 707). La cámara se programó con el perfil correspondiente a FF (figura 2) para cada segmento el tipo de pendiente, la temperatura, humedad relativa y porcentaje de iluminación inicial y final. Se realizaron 5 ensayos con el programa 1 y 8 ensayos con el programa 2, del 10 de febrero al 01 de abril de 2020. Para verificar la marcha térmica se colocaron dos un datalogger tipo watchdog (SpecWare) con mediciones cada 15 minutos. Al término del programa se contabilizó bajo un estereoscopio el número de áfidos muertos por repetición, definiéndose como muertos aquellos sin movilidad de patas o antenas aun con el estímulo del pincel. Los datos se analizaron en el programa estadístico R con una significancia de 0.05 con una comparación de medianas.

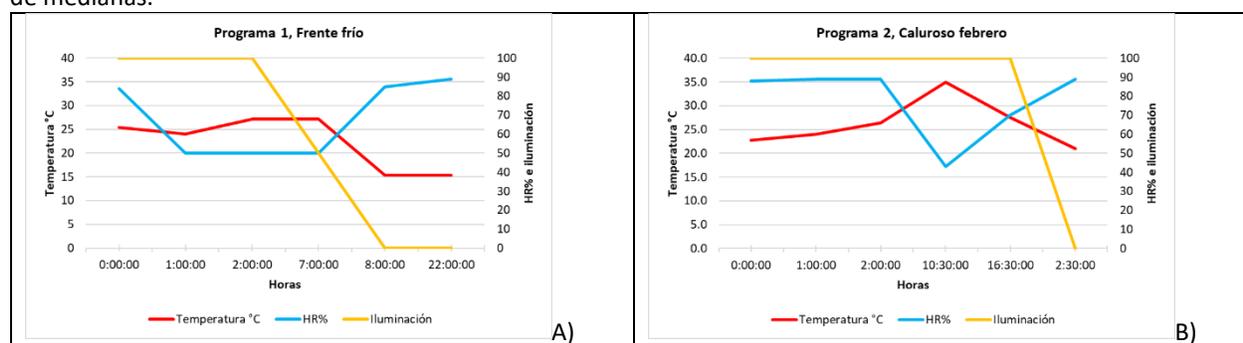


Figura 2. Programas que corresponden a los perfiles del A) FF y B) condición de día caluroso que se presenta en una alta presión posterior a un FF.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De enero del 2018 a diciembre de 2019 se registraron 115 FF que entraron al país, de los cuales 42 llegaron a la Península, pero aquellos con OT extremas se presentan en los meses de febrero, marzo y abril, que coincide con una disminución de las poblaciones de áfidos en trampas amarillas evaluadas quincenalmente durante 2018 y 2019 (datos no publicados). En el mes de febrero suelen presentarse 2 a 3 eventos de FF con condiciones frescas durante su paso y condiciones térmicas restrictivas para los áfidos, esto es temperaturas mayores a 32°C comprometiendo así la continuidad de las poblaciones.

Se midió la susceptibilidad expresada como mortalidad en dos especies de áfidos vectores del CTV al ser expuestas a dos condiciones simuladas de oscilación térmica. Los resultados indican que *Aphis spiraecola* no tuvo diferencias mortalidad entre las dos condiciones modeladas (de 30.8% en FF y 47.1% en alta presión), lo que explica x que es posible detectarlo en la Península aun en meses calurosos (Patiño-Arellano *et al.* 2012). Por otro lado, *A. citricidus* fue más susceptible a las condiciones simuladas de alta presión de 26.4 a 35°C en 8.5 horas y de 35 a 27.5°C en 6.5 horas (programa 2), con una mortalidad de 77.8% contra 29.4% de mortalidad durante el FF (Figura 3). Las implicaciones en la dispersión del virus por ambas especies podrían traducirse en que aun cuando *A. citricidus* es más eficiente en la transmisión del virus, su ventana de oportunidad es menor comparada con *A. spiraecola* que compensa su menor eficiencia en la transmisión de variantes severas con mayor tiempo fungiendo como posible vector colocándolos al mismo nivel de riesgo para la citricultura de la Península.

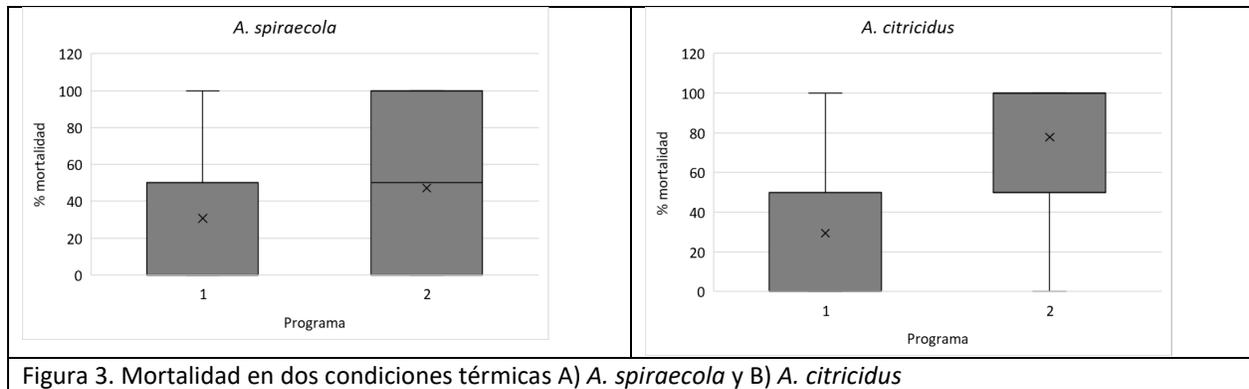


Figura 3. Mortalidad en dos condiciones térmicas A) *A. spiraecola* y B) *A. citricidus*

CONCLUSIONES

Aphis citricidus es más susceptible que *A. spiraecola* a las condiciones cálidas extremas que se presentan posterior al paso de un-FF en la Península de Yucatán.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Estudio epidemiológico de riesgo de ocurrencia de aislados severos del citrus tristeza virus (CTV) en la región Golfo-Centro y sureste”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Komasaki, S. (1982). Effects of constant temperatures on population growth of three aphid species, *Toxoptera citricidus* (Kirkaldy), *Aphis citricola* van der Goot and *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on citrus. *Applied Entomology and Zoology*, 17(1), 75-81. doi: 10.1303/aez.17.75
2. Patiño-Arellano, S. A., Rodríguez-Leyva, E., Mora-Aguilera, G., Lomelí-Flores, R., & Díaz-Gómez, O. (2012). Composición y fluctuación de áfidos vectores del virus de la tristeza de los cítricos en la Península de Yucatán, México. *Entomología Mexicana*, 11, 370-374. Retrieved from: www.entomologia.socmexent.org/revista/entomologia/2012/EC/370-374.pdf
3. Rivas-Valencia, Patricia, Loeza-Kuk, Emiliano, Domínguez-Monge, Santiago, & Lomas-Barrié, Claudia Tania. (2017). Chronic infection of the citrus tristeza virus in *Citrus sinensis* / *C. aurantium* trees in a restrictive thermal regime in Yucatán. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 23(3), 188-202. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2016.11.028>
4. Tsai, J., & Wang, H. (1999). Life table study of brown citrus aphid (Homoptera: Aphididae) at different temperatures. *Environmental Entomology*, 28(3), 412- 419. doi: 10.1093/ee/28.3.412
5. Yokomi, R. K., & de Borde, R. L. (2005). Incidence, transmissibility, and genotype analysis of Citrus tristeza virus (CTV) isolates from CTV eradicated and noneradicated districts in central California. *Plant Disease*, 89(8), 859-866. doi: 10.1094/PD-89-0859

Sección: Sanidad vegetal

TIERRA DE DIATOMEAS: UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA PROTECCIÓN DE MAÍZ ALMACENADO.

José Guadalupe Loya Ramirez^{1*}, Félix Alfredo Beltrán Morales¹, Sergio Zamora Salgado¹, Francisco Higinio Ruiz Espinoza¹, Jesús Navejas Jiménez²,

¹Universidad Autónoma de Baja California Sur, ² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias

jloya@uabcs.mx

Palabras claves: *Sitophilus zeamais*, silicio, grano sano

INTRODUCCIÓN:

La tierra de diatomeas (TD) ha sido probada con éxito para disminuir poblaciones de plagas en diferentes cultivos. La TD tiene un contenido de silicio alto que alcanza hasta un 90%. Este elemento es uno de los principales minerales que han sido aplicados en el control de plagas de almacén. La TD tiene un origen orgánico y tiene alto contenido de dióxido de silicio y restos de algas diatomeas de agua dulce y de mar. El resto del contenido de la TD está constituido por minerales como: calcio, fósforo, azufre, níquel, zinc, manganeso, aluminio, hierro, magnesio, sodio y cal (Cook y Armitage, 2000).

El uso de TD como un insecticida contra granos almacenados ha aumentado considerablemente en virtud de su toxicidad baja para mamíferos (Athanassiou *et al.*, 2005). Además, la TD tiene tres atributos destacables: no contamina el ambiente, no afecta la salud humana y retarda la resistencia de insectos plaga a insecticidas sintéticos (Ortega Cruz *et al.*, 2016). Otra ventaja sobresaliente de las TD es que se pueden combinar con otras alternativas de bajo riesgo como: altas temperaturas (Machekano *et al.*, 2020) y hongos entomopatógenos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la tierra de diatomeas (TD) en el picudo de los granos de maíz.

MATERIALES Y METODOS:

Este trabajo se llevó a cabo en el Laboratorio de Manejo Integrado de Plagas de la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En el experimento 1, los tratamientos fueron: un testigo y seis dosis de TD: 0.08, 0.16, 0.24, 0.32 y 0.40 gr/200 gr de grano. Estas dosis equivalen a 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 kg / ton de grano. Los tratamientos fueron aplicados a 20 adultos de picudos en 200 gr de maíz contenido en frascos de 0.5 l.

En el experimento 2, los tratamientos fueron: un testigo y tres dosis de TD: 0.5, 1.0 y 2.0 gr/kg de grano. Estas dosis equivalen a 0.5, 1.0 y 2.0 kg/ ton de grano. Los tratamientos fueron aplicados a 20 adultos de picudos contenidos en frascos de 2.0 L. El diseño experimental utilizado para los dos experimentos fue completamente al azar con cuatro repeticiones. Los datos del segundo experimento se sometieron a un análisis de varianza y a una prueba de separación de medias.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

La Figura 1 presenta el porcentaje acumulado de adultos de picudos muertos. El tratamiento 5 (0.40 gr.) fue el más efectivo con una mortandad de 66.3% picudos, seguido de los tratamientos 3 (.24 gr.) y 4 (.32 gr.) que causaron un 32.5 y 33.7% de mortandad de picudos, respectivamente. Los tratamientos 1 (.08 gr.) y 2 (.16 gr.) causaron un 14 y 12.5% de muertos. Cabe destacar que, el tratamiento de .40 gr. continuó causando muertes hasta los 52 días después de haber aplicado el tratamiento.

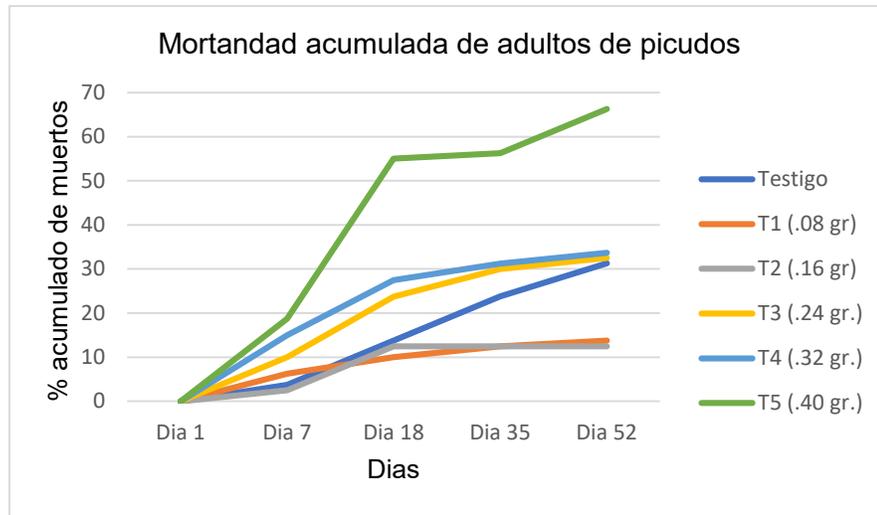


Figura 1. Mortandad acumulada de picudos en cinco dosis diferentes de TD durante 52 días.

Estos datos difieren de los reportados por Torres Bojórquez (2011) quien determinó el 100% de picudos muertos a los 30 días después de la aplicación de la TD.

La Figura 2 indica la mortandad acumulada de adultos de picudo en tres dosis diferentes de TD. El tratamiento 4 (2.0 gr) fue el más efectivo con un 100.0% de mortandad de picudos. Mientras que, el tratamiento 2 (0.5 gr) presentó una mortandad de 90.0% de picudos.

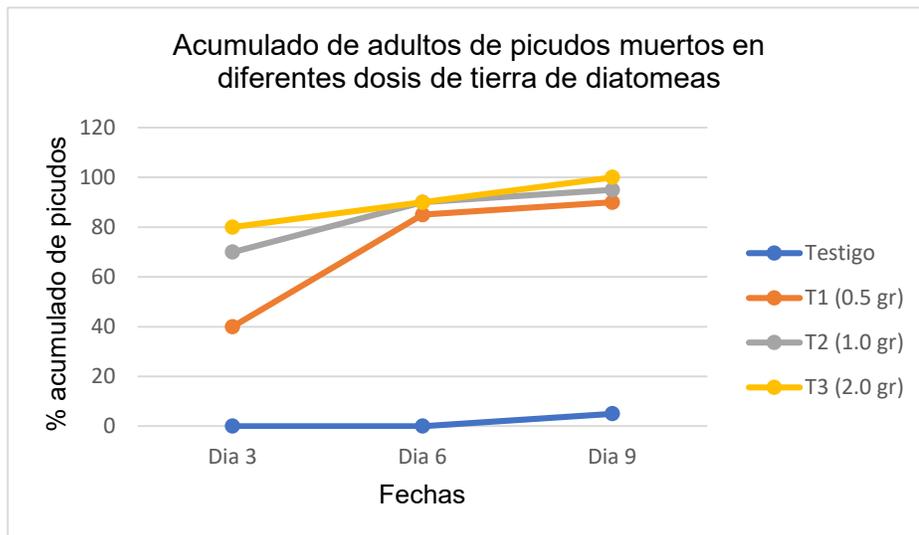


Figura 2. Mortandad acumulada de picudos en tres dosis diferentes de TD durante nueve días.

El Cuadro 1 presenta la separación de medias de picudos muertos por cada tratamiento (5%). El tratamiento 4 causó la mayor mortandad (20 picudos) de picudos, lo cual equivale al 100% de adultos muertos en este tratamiento.

Cuadro 1. Separación de medias (Duncan 5%) de picudos muertos (n=20) en los cuatro tratamientos al cabo de nueve días del tratamiento con TD.

| Tratamiento | Media | Nivel de significancia= 5% |
|---------------------|-------|----------------------------|
| 4 (2.0 gr de TD/kg) | 20 | a |
| 3 (1.0 gr de TD/kg) | 19 | ab |
| 2 (0.5 gr de TD/kg) | 18 | b |
| Testigo | 1 | c |

CONCLUSIONES:

El primer experimento, la dosis más alta de TD (0.4 gr/200gr de grano) causó el 66% de mortandad acumulada de picudo en 52 días después de la aplicación. En el segundo experimento, el tratamiento de 2.0 gr/kg de grano fue el más efectivo. Este tratamiento mató el 100% durante nueve días. En consecuencia, la aplicación de TD permite un control sustentable y económico del picudo de los granos de maíz.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA:

Al Departamento Académico de Agronomía de la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Athanassiou C.G., Vayias B.J., Dimizas C.B., Kavallieratos N.G., Papagregoriou A.S and Buchelos CTh. 2005. Insecticidal efficacy of diatomaceous earth against *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleóptera: Curculionidae) and *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleóptera: Tenebrionidae) on stored wheat: influence of dose rate, temperature and exposure interval. Journal Stored Products Resources. Vol. 41. Pp. 47-55.
2. Cook D. A. and Armitage D. M. 2000. Efficacy of a diatomaceous earth against mite and insect populations in small bins of wheat under conditions of low temperature and high humidity. Pest Management Science. Vol. 56. Pp.591-596.
3. Ortega Cruz J., Ruvalcaba L., Alcaraz T., Liera, J., Valdés, T. and Ortiz L. 2016 Effectiveness of Different Doses of Diatomaceous Earth on Mexican Bean Weevil (*Zabrotes subfasciatus* Boheman) in Culiacán, Sinaloa, México. Open Access Library Journal. Vol. 3. Pp. 1-11. doi: 10.4236/oalib.1103228.
4. Machekano, H., Mutamiswa, R., Singano, D., Joseph, V., Chidawanyika, F., Nyamukondiwa, C., 2020. Thermal resilience of *Prostephanus truncatus* (Horn): can we derive optimum temperature-time combinations for commodity treatment. Journal Stored Products Resources. Vol.86. N° 101568. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2020.101568>.
5. Torres-Bojórquez A. I. 2011. Efectividad de la tierra de diatomeas en el control de tres plagas de almacén. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agrícola. Marín, Nuevo León. Pp. 84.

Sección: Sanidad Vegetal

BIOLOGIA, ECOLOGIA Y DAÑOS DEL TEMOLILLO DE LA GUAYABA, *Cyclocephala lunulata* BURMEISTER EN ZACATECAS

Jaime Mena Covarrubias¹, Ernesto González Gaona²

1 CE Zacatecas-CIRNOC-INIFAP, 2 CE Pabellón-CIRNOC-INIFAP

mena.jaime@inifap.gob.mx

Palabras clave: actividad de los adultos, daños, reproducción

INTRODUCCIÓN

En la región del Cañón de Juchipila - Calvillo en el año 2019 se cosecharon más de 8,500 ha de guayabo, las cuales produjeron más de 108,000 ton de fruta, solo superados por Michoacán, que es el primer productor de este frutal en México. El problema de temolillo, *Cyclocephala lunulata* Burmeister en huertas de guayabo es ocasionado por los adultos que se alimentan del fruto maduro en huertas que se encuentran en programación temprana de cosecha (junio – julio), y esta reportado en 28 estados de la República Mexicana (Schoolmeesters, 2021), incluyendo los tres estados con mayor superficie y producción de guayaba en el país: Michoacán, Aguascalientes y Zacatecas.

La presencia de esta plaga en huertas de guayaba se observa al inicio de la temporada de lluvias. El productor de guayaba de esta región está plenamente consciente del potencial de pérdidas en el rendimiento debido a esta plaga, y con el fin de prevenirlas, realiza acciones de control, las cuales se apoyan fundamentalmente en la aplicación de insecticidas. La eficiencia en la estrategia para controlar al temolillo requiere de generar información que apoye la toma de decisiones del productor. Son pocos los trabajos enfocados a la biología básica de las especies, requisito fundamental para enfocar el manejo integrado de insectos, este vacío en muchos casos propicia el desconocimiento mismo sobre ciclo de vida, hábitos alimenticios e importancia agrícola (Stechauner-Rohringer y Pardo-Locarno, 2010). La carencia de información tan básica del escarabajo *C. lunulata* motivó esta investigación, cuyos objetivos fueron definir la importancia económica que tiene este insecto en el cultivo de guayaba, así como conocer aspectos clave de su biología y ecología, con el fin de disminuir las pérdidas en la producción de guayaba debidas a su ataque.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en un ambiente semitropical, a 1300 msnm, en la localidad de Apozol, Zacatecas; los huertos seleccionados fueron con programación temprana de cosecha, con una densidad de 200 a 250 árboles por hectárea, con sistema de riego por espina de pescado y poda de despunte.

El trapeo de los adultos de temolillo se hizo a través de una lámpara eléctrica de luz negra. Para determinar la fluctuación de los adultos de temolillo, la lámpara se utilizó a partir del mes de junio, se encendió al oscurecer y se apagó a la mañana siguiente. La frecuencia del muestreo fue semanal, y terminó cuando ya no se capturaron temolillos (mes de octubre a noviembre). Para determinar las horas de actividad de los adultos de temolillo, se utilizó la misma lámpara trampa, y a partir de que se encendió, cada 45 a 60 minutos se revisó el número de temolillos capturados, así como el sexo de los mismos; de las 12 de la noche al amanecer fue el último período de captura. La diferencia de machos y hembras se definió al observar que los machos presentan los protarsos engrosados y la uña interna más grande que la externa, en tanto que los tarsos de las hembras son de tamaño normal, por lo que el dimorfismo sexual se considera acentuado y fácil de identificar en campo (Morón *et al.*, 1997). En el tiempo que quedó entre muestreos se hicieron observaciones sobre otras actividades del temolillo como lo son el apareamiento,

alimentación, y otros. Durante el día, se realizaron observaciones respecto a actividades de alimentación o movimiento del temolillo al observar frutos donde estaban presentes estos insectos.

Para evaluar los daños ocasionados por temolillo durante la temporada de cosecha, se llevó un reporte de la cantidad de rejas cosechadas, así como la calidad de las mismas (extra, primera y segunda), y el número, así como la calidad de las mismas, de rejas dañadas por esta plaga. Aunado a esta información, se hicieron muestreos de frutos al azar durante la temporada para estimar el daño en un día determinado. Un dato importante a reportar fue el momento en que el productor realizó las aplicaciones de insecticidas para el control de temolillo.

RESULTADOS Y DISCUSION

El pico de captura máximo de adultos de temolillo durante 1997 ocurrió el 27 de junio cuando se atraparon 788 temolillos en el transcurso de una noche. La población bajó drásticamente (a menos de 10 adultos por noche) a partir del 18 de Julio; desde mediados de septiembre en adelante ya no se capturaron adultos o solo uno o dos en forma muy aislada. El pico de máxima captura de adultos de temolillo en lámpara trampa en Apozol, Zac. es >200% más alto que el reportado en otras partes del país, como la Sierra Norte de Hidalgo (Morón, 1994).

La actividad de los adultos de temolillo inicia después del oscurecer (probablemente entre las 8:50 y las 9:10 P.M.), tienen la mayor actividad entre 9:30 y 12:00 de la noche, para después reducirse notablemente. En cualquier momento de la actividad de los adultos, las hembras fueron más abundantes que los machos de este insecto al representar entre el 63 a 91% de la captura total de temolillo en una noche dada. Una de las primeras actividades durante la noche que llevan a cabo los adultos de este insecto es el apareamiento. Esta actividad se observó durante los últimos 10 días del mes de junio. El encuentro entre ambos sexos ocurre poco después de oscurecer (alrededor de las 8:45 P.M.); la hembra se posa en la punta de una rama de guayabo y ahí llegan varios machos (unos 8 a 10). Una vez que uno de los machos inicia la copulación, después de 1 a 3 minutos la pareja se deja caer al suelo para continuar y terminar con el apareamiento. También se observó la actividad de cópula dentro de un fruto, ya que es común observar varios temolillos dentro de un mismo fruto (desde 1 hasta 30). La mayor frecuencia de cópulas se observa durante la primera semana, en los sitios a los cuales son atraídos los adultos, la cópula dura 15-20 minutos, en algunos casos puede extenderse más (Stechauner-Rohringer y Pardo-Locarno, 2010)

El temolillo que se encuentra dentro de una guayaba tiene el comportamiento durante el día de salirse del fruto, dejarse caer y enterrarse en el suelo en un lapso no mayor de 10 segundos; el insecto permanece enterrado en el suelo hasta el anochecer cuando emerge de nuevo en busca de frutos maduros para alimentarse. De un total de 33 frutos revisados entre el 21, 23, 27 y 28 de junio de 1997, el 57.6 % tenían más de un temolillo dentro de ellos, también se encontró que el 54.6 % tenían solo hembras dentro de ellos; el 30.3% tenían más hembras que machos de; en el 12.1 % había igual número de hembras y machos; y solo en el 3.0% hubo menos hembras que machos. Conteos de frutos dañados por temolillo los días 4 y 10 de junio de 1998, indicaron que solo el 20% de los frutos donde estuvo presente el adulto (lo que hizo posible identificar el sexo del mismo) fueron machos, y el 80% hembras. Este dato si coincide ampliamente con lo encontrado en 1997, donde se indica que las hembras son las causantes principales de los daños en los frutos.

La primera de reja de guayaba (12 kg.) dañada por temolillo se tuvo en la primera semana de junio, la cantidad de pérdidas por este insecto se fue incrementando de una manera casi geométrica hasta la semana del 14 de Julio cuando hubo 108 rejas dañadas; en la semana del 27 de Julio se cosecharon las últimas rejas con daños por temolillo. Aunque en agosto y septiembre es posible encontrar frutos afectados por este insecto plaga, el daño es insignificante para el productor de guayaba. Se perdieron 311 rejas por este insecto, lo que representa el 10.2% del total de rejas cosechadas durante la época de temolillo. Destaca la correlación inversa que existe entre las tres aplicaciones de insecticidas (15 y 30 de Junio, y 13 de Julio) que hizo el productor y el incremento en la cantidad de rejas dañadas por el temolillo, lo que apoya el hecho de que el método actual de controlar con insecticidas aplicados durante el día, no tiene algún efecto sobre las poblaciones de este insecto plaga.

El trabajo sobre trampeo de temolillo utilizando 10 trampas de luz ultravioleta en una huerta nos indica que, a pesar de capturar más de 5,600 adultos en un lapso de tres semanas, los daños en fruto en la huerta continuaron de manera similar al área no protegida con las lámparas, debido posiblemente a que la población de temolillo es bastante elevada en la huerta, además de posibles influjos provenientes de huertas cercanas.

Larvas del género *Phyllophaga* son las más abundantes en el suelo de las huertas de guayabo al estar presente en 45 de las 76 muestras de suelo donde se encontraron larvas de la familia Scarabaeidae. El siguiente género más abundante fue *Anomala*, con una frecuencia de aparición en 27 de las 76 muestras tomadas. Solamente en una huerta de guayabo que tenía una cubierta vegetal constituida exclusivamente de zacate grama se encontraron larvas de *Cyclocephala* de manera consistente (28 de agosto). También se revisaron 13 muestras de suelo abajo de árboles de la región como mezquite, ozote, guamuchil, mango, tepames, carrizales y solo se encontraron larvas de *Phyllophaga*, *Anomala*, *Popillia* y *Maladera (Autoserrica)*. En 1998 se revisaron 64 sitios dentro, y a los alrededores de la zona guayabera, y de las 66 larvas colectadas dentro de las huertas de guayaba, ninguna pertenecía al género *Cyclocephala*, por lo que apoya la evidencia recogida en 1997, de que los estados inmaduros de este insecto plaga no se desarrollan dentro de la huerta de guayaba.

CONCLUSIONES

Los adultos de temolillo comienzan su actividad de vuelo al obscurecer y alcanzan su mayor movimiento entre 10 y 11 de la noche, disminuye un poco hacia la media noche, y a partir de ahí, decae drásticamente; durante el día los temolillos no tienen actividad de vuelo.

Es común es encontrar al menos dos temolillos adultos por fruto atacado, pero hubo casos donde se encontraron más de 40 insectos en un solo fruto. Puede dañar más del 10% de la cosecha en un día.

Solamente los adultos del temolillo están presentes en la huerta de guayabo (en los meses de junio y julio, principalmente), y es en este lugar donde llevan a cabo sus actividades de alimentación y apareamiento.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del Proyecto "CONTROL DEL TEMOLILLO, *Cyclocephala lunulata* EN HUERTOS DE GUAYABA EN EL CAÑÓN DE JUCHIPILA" financiado por la FUNDACION PRODUCE ZACATECAS en el período de 1997 a 1999.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Morón, M.A. 1994. La fauna Coleoptera Lamellicornia en las montañas del noreste de Hidalgo, México. *Acta Zool. Mex.* (n.s.) 63: 7-59.
2. Morón, M.A., Ratcliffe, B. C. y C. Deloya, 1997. Atlas de los escarabajos de México. Coleoptera: Lamellicornia. Familia Melolonthidae. Vol. I. Sociedad Mexicana de Entomología. Veracruz, México, 280 pp.
3. Schoolmeester, P. 2021. Scarabs: World Scarabaeidae Database (version 2021-06-01). In: Catalogue of Life, (author list in alphabetical order) (ed.) (2021). Species 2000 & IT IS Catalogue of Life, 2021-06-10. Digital resource at www.catalogueoflife.org. Species 2000: Naturalis. Leiden, the Netherlands. ISSN 2405-8858.
4. Stechauner-Rohringer, R., & Pardo-Locarno, L. C. (2010). Redescrición de inmaduros, ciclo de vida, distribución e importancia agrícola de *Cyclocephala lunulata* Burmeister (Coleóptera: Melolonthidae: Dynastinae) en Colombia. *Boletín Científico de Historia Natural Universidad de Caldas*, 14, 203-220.

Sección: Sanidad Vegetal

ESTUDIO PRELIMINAR DE LOS ELATÉRIDOS (COLEOPTERA: ELATERIDAE) ASOCIADOS AL CULTIVO DE JAMAICA (*HIBISCUS SABDARIFFA* L.) OAXACA, MÉXICO

Jesús Alberto Cruz López^{1*}, Fantino Daniel Hernández Santos², Rosa Itzel Figueroa Rodríguez², Cristian Daniel Arias Reyes³, Luis Antonio Gálvez Marroquín¹

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca; ² Instituto Tecnológico de Pinotepa, Pinotepa Nacional, Oaxaca; ³ Universidad para el Bienestar Benito Juárez, sede Tututepec, Río Grande, Villa de Tututepec, Oaxaca.

thelyphonidito@gmail.com

Palabras clave: Elateridae, entomología agrícola, diversidad.

INTRODUCCIÓN

Las larvas de los escarabajos click (Coleoptera: Elateridae), son conocidos comúnmente como gusanos de alambre, y son unas de las principales plagas a nivel mundial de una amplia gama de cultivos tales como: papa, cereales, zanahoria, caña de azúcar, maíz, entre otros. En Europa, los daños a estos son atribuidos principalmente a diferentes especies del género *Agriotes* Eschscholtz. Mientras tanto, en América, además de *Agriotes*, otros géneros de importancia agrícola en EUA y en México son: *Athous* Eschscholtz, *Conoderus* Eschscholtz, *Ctenicera* Latreille, *Hypolithus* Eschscholtz, *Limonius* Eschscholtz y *Melanotus* Eschscholtz (Barsics *et al.*, 2013).

El principal problema para el control de larvas de gusano de alambre, es que se conoce poco acerca de la biología de las diferentes especies, información clave para el desarrollo adecuado de un plan de manejo y control. Aunado a esto, la identificación morfológica de las larvas es complicada, ya que existen pocos trabajos que correlacionen a las larvas con sus correspondientes formas adultas. En ese sentido, una primera aproximación al conocimiento de estas plagas, es el estudio de la diversidad regional (Staudacher *et al.*, 2011).

La diversidad de Elateridae en México, está representada por 460 especies ubicadas en 75 géneros y nueve subfamilias, siendo de este total, un 13.2% de la riqueza nacional reportada para el estado de Oaxaca. A la fecha, se han realizado pocos estudios regionales para conocer la diversidad de zonas específicas en el país, destacando los realizados en la Reserva de la Biósfera Sierra de Huautla en Morelos y en la Estación de Biología de Chamela, Jalisco. En estos trabajos, se reportaron 46 especies por igual en ambos sitios (Zurita-García *et al.*, 2014; Martínez-Luque *et al.*, 2016).

En el presente trabajo, se reportan de manera preliminar la riqueza de escarabajos click capturados mediante trampas de luz fluorescente durante el periodo de lluvias que abarca los meses de mayo a julio del presente año. Los insectos fueron capturados en las proximidades de diversas parcelas de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.), donde de manera ocasional se han observado larvas de elatéridos causando afectaciones al sistema radical de algunas plantas. Con esto, se pretende realizar un primer acercamiento al estudio de la diversidad de estos escarabajos en la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo de campo se realizó en el Sitio Experimental Costa Oaxaqueña, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en la comunidad de Río Grande, municipio de Villa de Tututepec, en el estado de Oaxaca.

Dentro del Sitio Experimental, se instaló una trampa omnidireccional de luz fluorescente de 45 cm de largo por 30 cm de diámetro, sobre una cubeta de 20 L de capacidad, en las proximidades de una parcela experimental de cultivo de jamaica.

La trampa fue encendida durante el ocaso, entre las 19:00 y las 21:00, realizándose un muestreo sistemático cada segundo día, a partir del 18 de mayo al 28 de junio del presente año.

Los ejemplares capturados fueron procesados y separados en morfoespecies en el Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca, ubicado en la comunidad de Santo Domingo Barrio Bajo, Villa de Etila, Oaxaca.

En el cultivo de jamaica, se realizaron muestreos aleatorios en busca de larvas de elatéridos asociadas a las raíces de las plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron 11 muestreos, de los cuales, hasta el momento se han procesado un total de tres, los cuales arrojan un número de 114 ejemplares revisados al microscopio. Estos ejemplares representan un total de 13 morfoespecies distintas. El proceso en la determinación de los insectos capturados se está realizando mediante el uso de claves de identificación explícitas en diversas fuentes bibliográficas (Zurita-García *et al.*, 2014).

Con respecto a las larvas recolectadas, se observaron daños directos a las raíces de las plantas. Las larvas corresponden a una especie indeterminada del género *Agriotes*, el cual ha sido reportado como el causante de diversos daños en diferentes cultivos. Adicionalmente, las larvas corresponden al grupo *sputator*, grupo de especies donde se ubican los escarabajos que causan mayores afectaciones.

Para la correcta determinación taxonómica, el procesamiento de las estructuras genitales es vital para determinar los ejemplares a nivel de género y especie. Por el momento, la determinación específica se encuentra en proceso, esperándose en un futuro próximo, obtener la correlación de las formas larvarias vs. los adultos capturados con trampas de luz. Aún hace falta determinar si entre los adultos capturados, se encuentran ejemplares adultos del género *Agriotes*, grupo *sputator*, que pudieran ser correlacionados con las larvas capturadas en el suelo.

De acuerdo con Aragón-García *et al.* (2008), el trampeo masivo de plagas agrícolas mediante el uso de trampas de luz, es una alternativa básica necesaria para el monitoreo de la densidad poblacional de los organismos de interés.

Finalmente, Aragón-García *et al.* (2015), en un estudio de los insectos que causan daño al cultivo de jamaica, no menciona que los elatéridos en su forma larvaria (gusano de alambre), hayan sido reportados como insectos plaga del mismo. Con esto, este trabajo presenta el primer reporte de daño por estos insectos a este cultivo.

CONCLUSIONES

El muestreo realizado durante el periodo de tiempo indicado, refleja solo una parte de la diversidad aún desconocida de escarabajos elatéridos de la región. Hacen falta la determinación taxonómica, para descubrir a las especies de adultos asociadas al cultivo de jamaica, donde se han observado larvas que causan afectaciones al cultivo.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

El trampeo fue posible en parte gracias al financiamiento proporcionado por el proyecto: "Asistencia técnica a productores beneficiarios del proyecto producción para el Bienestar 2020", número en SIGI: 14311735194.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aragón-García A, Pérez-Torres BC, Aragón-Sánchez M, Cuate-Mozo VA, Juárez-Ramón D, and Hernández-Loma R. Manejo agroecológico de insectos que dañan el follaje de jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) (Malvaceae) en el sur de Puebla, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*. 1:24-28.
2. Aragón-García A, Nochebuena-Trujillo CD, Morón MA, and López-Olguín JF. Uso de trampas de luz fluorescente para el manejo de la gallina ciega (Coleoptera: Melolonthidae) en maíz (*Zea mays* L.). *Agrociencia*. 42:217-223.
3. Barsics F, Haubruge E, and Verheggen FJ. Wireworms' management: An overview of the existing methods, with particular regards to *Agriotes* spp. (Coleoptera: Elateridae). *Insects*. 2013; 4:117-152.
4. Staudacher K, Pitterl P, Furlan L, Cate PC, and Traugott M. PCR-based species identification of *Agriotes* larvae. *Bull Entomol Research*. 2011; 101:201-210.

5. Martínez-Luque EO, Zurita-García ML, and Zaldívar-Riverón A. Inventario de las especies de elatéridos (Coleoptera: Elateridae) de un bosque tropical caducifolio mexicano. *Rev Mex Biodiversidad*. 2016; 87:956-965.
6. Zurita-García ML, Johnson P, and Zaragoza-Caballero S. Biodiversidad de Elateridae (Coleoptera) en México. *Rev Mex Biodiversidad*. 2014; 85:303-311.

SECCIÓN: Sanidad Agrícola

RECUPERACIÓN RÁPIDA DE LA INVERSIÓN CON ALTAS DENSIDADES DE PLANTACIÓN Y ACOLCHADO PLÁSTICO EN LIMÓN MEXICANO BAJO UN ESCENARIO DE HUANGLONGBING

Mario Orozco-Santos¹, José Concepción García-Preciado¹, José Joaquín Velázquez-Monreal¹, Marciano Manuel Robles-González¹, Karina de la Paz García-Mariscal¹, Miguel Ángel Manzanilla-Ramírez¹, Luis Martín Hernández-Fuentes², Gilberto Manzo-Sánchez³.

1CE Tecomán-CIRPAC-INIFAP, 2CE Santiago Ixcuintla-CIRPAC-INIFAP y 3FCBA-Universidad de Colima.

orozco.mario@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Citrus aurantifolia*, HLB, Manejo agronómico

INTRODUCCIÓN

México es el primer productor de limón mexicano [*Citrus aurantifolia* (Christm) Swingle] en el mundo. Para el año 2020, se cultivaron 95,697 hectáreas con una producción de 1.222 millones de toneladas de fruta. En la región tropical seca del Pacífico-Centro, que comprende los estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca se cultiva el 96.8% de la superficie nacional (SIAP, 2021). En las últimas décadas, este cítrico ha venido enfrentando nuevos retos y amenazas de problemas fitosanitarios que han puesto en riesgo su permanencia como actividad agrícola. En abril del año 2010, se detectó por primera vez el huanglongbing (HLB) afectando plantaciones comerciales de esta especie cítrica en el estado de Colima, México. Esta enfermedad está asociada a la bacteria *Candidatus Liberibacter asiaticus* y es transmitida por el psílido asiático *Diaphorina citri* Kuwayama. En solo tres años, el HLB se dispersó a todas las áreas productoras, hasta alcanzar el 100% de incidencia. Se estima que existen 5 millones de árboles en producción afectados en mayor o menor grado por la enfermedad. La presencia del HLB ha modificado el comportamiento fisiológico, fenológico, potencial productivo y vida útil de los árboles, lo cual ha ocasionado cambios en su manejo agronómico, haciendo un uso más eficiente de los insumos y las prácticas de cultivo (Orozco-Santos *et al.*, 2014). Sin embargo, es necesario seguir investigando nuevas tecnologías de manejo que permitan reducir los impactos de esta enfermedad e incrementar la productividad del cultivo, por lo que se requieren nuevas recomendaciones de densidades de plantación en un ambiente endémico de HLB. El uso de altas densidades de plantación es una práctica común en cultivos cítricos en escenarios sin y con HLB (Wheaton *et al.*, 1990; Moreira *et al.*, 2019), así también el sistema de producción con acolchado plástico en limón mexicano se visualiza como una opción viable (Orozco-Santos *et al.*, 2019). En este trabajo se presentan resultados de la evaluación de diferentes densidades de plantación, bajo un sistema de producción de acolchado plástico con la finalidad de obtener una recuperación rápida de la inversión e incrementar la producción de fruta en limón mexicano bajo un escenario de HLB en la región del trópico seco de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los terrenos del Campo Experimental Tecomán-INIFAP (18°53'7" LN y 103°50'30" LO) en el estado de Colima, México. En este trabajo se evaluó el efecto de diferentes densidades de plantación en limón mexicano variedad 'Lise': **1)** 6 x 3 m, **2)** 6 x 4 m, **3)** 6 x 5 m, **4)** 5 x 3.5 m y **5)** 8 x 5 m. Todas ellas fueron comparadas con la densidad tradicional de limón mexicano variedad 'Colimex' (8 x 5 m). Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, tomado como unidad experimental desde 7 árboles en las densidades bajas hasta 11 árboles en las altas. El experimento se estableció en noviembre del 2018, bajo un sistema de producción de acolchado plástico de color blanco, el

cual tuvo un espesor de 150 µm y fue colocado en bordos de 1.2 m de ancho y 0.2 m de alto. Las prácticas de manejo agronómico se realizaron de acuerdo al paquete tecnológico propuesto por el INIFAP (Orozco-Santos *et al.*, 2014). Mensualmente, se determinó el volumen de copa de los árboles de cada tratamiento (6 árboles por tratamiento), basado en la fórmula propuesta por Roose *et al.* (1989): volumen de copa = $(4/6) \times \pi \times \text{altura} \times \text{radio de copa}^2$. Los valores promedio del volumen de copa por árbol en cada tratamiento fueron multiplicados por el número total de árboles de cada densidad de plantación evaluada. Asimismo, se cuantificó el rendimiento de fruta (cada 30-40 días de junio del 2020 a junio del 2021) y los costos de producción (preparación del terreno, acolchado, riego presurizado, plantas de limón, establecimiento, fertilización al suelo y foliar, control de plagas, enfermedades y maleza, poda y cosecha). Los precios de la fruta pagada al productor variaron desde \$6 hasta \$16/kg. Se utilizó la prueba de Tukey (95% de probabilidad) para la separación de medias del volumen de copa y rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta información del efecto de las densidades de plantación sobre el volumen de copa de los árboles y el rendimiento de fruta a los dos años y seis meses de establecido el estudio. El mayor volumen de copa por unidad de superficie se tuvo en los tratamientos con alta densidad de árboles de limón mexicano 'Lise' (6 x 3 m = 555 árboles/ha y 5 x 3.5 m = 571 árboles/ha), registrando 16,994 y 17,420 m³/ha, respectivamente. Las densidades de plantación intermedias (6 x 4 m = 416 árboles/ha y 6 x 5 m = 333 árboles/ha) tuvieron un volumen de copa de 14,902 y 10,247 m³/ha. Finalmente, la densidad de plantación tradicional (8 x 5 m = 250 árboles/ha) con la variedad 'Lise' fue de 7,068 m³/ha, mientras que con 'Colimex' fue de 6,837 m³/ha. A los dos años más seis meses de establecida la plantación, el rendimiento de fruta fue proporcional al volumen de copa por unidad de superficie. Los tratamientos con mayor volumen de copa registraron los rendimientos más altos. Los tratamientos con las mayores densidades (6 x 3 y 3 x 3.5 m) produjeron arriba de 15 t/ha, mientras que en las densidades intermedias (6 x 4 y 6 x 5 m) el rendimiento fue de 11.5 y 9.2 toneladas, respectivamente. Las densidades de plantación tradicional (8 x 5 m) con ambas variedades ('Lise' y 'Colimex') rindieron únicamente 6.9 y 7.9 t/ha, respectivamente.

Cuadro 1. Volumen de copa y rendimiento acumulado de limón mexicano variedad 'Lise' en diferentes densidades de plantación con acolchado plástico a los dos años y seis meses de plantado.

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Volumen de copa (m ³ /ha) | Rendimiento (t/ha) |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 6 x 3 m (555) | 16,994 a | 15.3 a |
| 6 x 4 m (416) | 14,902 b | 11.5 b |
| 6 x 5 m (333) | 10,247 b | 9.2 bc |
| 5 x 3.5 m (571) | 17,420 a | 15.8 a |
| 8 x 5 m (250) | 7,068 c | 6.9 c |
| 8 x 5 m (250) variedad 'Colimex'. | 6,837 c | 7.9 c |

Separación de medias según la prueba de Tukey al 95% de probabilidad.

Los costos de producción acumulados hasta los dos años y seis meses en las diferentes densidades de plantación en limón mexicano variaron de acuerdo al número de árboles/ha (Cuadro 2). En los tratamientos de altas densidades (555 y 571 árboles/ha) se han invertido un poco más de \$150 mil/ha, mientras que en las densidades intermedias (333 y 416 árboles/ha) la inversión fue de \$131 a \$139 mil/ha. Con la densidad tradicional, los costos de producción han sido alrededor de \$123 mil/ha. La utilidad bruta en los sistemas de altas densidades (555 y 571 árboles/ha) fue superior a los \$ 155,000/ha, producto de los rendimientos superiores a las 15 ton/ha. Los ingresos obtenidos con las altas densidades fueron dos veces mayor que los registrados en la densidad de plantación tradicional (250 árboles/ha), lo cual permitió una rápida recuperación de la inversión al hacer un mejor aprovechamiento del suelo en tiempo y espacio. La densidad intermedia (416 árboles) registró una utilidad bruta de \$116,825/ha, lo cual representa un 66% más que la densidad tradicional. Hasta el momento, únicamente en los tratamientos con altas densidades (555 y 571 árboles/ha) se ha logrado recuperar la inversión, obteniendo una utilidad neta marginal de \$2,237 y \$5,914/ha, respectivamente. Por el contrario, en las densidades intermedias (333 y 416 árboles/ha) y la densidad tradicional (250 árboles/ha), se tiene una utilidad negativa, siendo de -\$22,360 a -\$37,761/ha en las primeras y de -\$53,162 a -\$54,363/ha en la segunda. En el sistema de plantación tradicional (250 árboles/ha) con las dos variedades ('Lise' y 'Colimex'), también se ha obtenido una utilidad negativa de -\$53,162 y -\$54,363/ha, respectivamente. Con base en los resultados, en el sistema con altas densidades de plantación (555 y 571 árboles/ha), se requiere un manejo intensivo, principalmente en las labores de poda, riego y fertilización.

Cuadro 2. Costos de producción acumulados a los 2.5 años y recuperación de la inversión con diferentes densidades de plantación de limón mexicano variedad 'Lise'.

| Densidad de plantación (árboles/ha) | Inversión a los 2.5 años (\$/ha) | Utilidad bruta (\$/ha) | Utilidad neta (\$/ha) |
|-------------------------------------|----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| 6 x 3 m (555) | 153,624 | 155,861 | 2,237 |
| 6 x 4 m (416) | 139,185 | 116,825 | - 22,360 |
| 6 x 5 m (333) | 131,277 | 93,516 | - 37,761 |
| 5 x 3.5 m (571) | 154,440 | 160,354 | 5,914 |
| 8 x 5 m (250) | 123,369 | 70,207 | - 53,162 |
| 8 x 5 m (250) variedad 'Colimex'. | 123,369 | 69,006 | - 54,363 |

CONCLUSIONES

El sistema de producción de limón mexicano variedad 'Lise' con altas densidades de plantación (6 x 3 m = 555 árboles/ha y 5 x 3.5 m = 571 árboles/ha) mostraron los mayores beneficios en comparación al sistema tradicional (8 x 5 m = 250 árboles/ha). Los más importantes fueron: mayor volumen de copa y rendimiento de fruta por unidad de superficie, recuperación rápida de la inversión y mayor rentabilidad del cultivo, lo cual reduce los impactos negativos del HLB en limón mexicano.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Estos resultados son parte del proyecto "GENERACIÓN DE UN PAQUETE TECNOLÓGICO DE LIMÓN MEXICANO VARIEDAD LISE BAJO UN ESCENARIO DE HUANGLONGBING", financiado por el INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Moreira AS, Stuchi ES, Silva PRB, Bassanezi RB, Girardi EA, and Laranjeira FF. Could tree density play a role in managing Citrus Huanglongbing epidemics? *Trop. Plant Pathol.* 2019; 44:268-274.
2. Orozco-Santos M, Robles-González MM *et al.* 2014. El limón mexicano (*Citrus aurantifolia*). Libro Técnico Núm. 1. SAGARPA, INIFAP, CIRPAC, Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 475 p.
3. Orozco-Santos M., García-Preciado JC *et al.* 2019. Uso de acolchados plásticos para reducir el impacto del huanglongbing y promover precocidad de la producción en limón mexicano. Folleto Técnico No. 21. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Tecomán. Tecomán, Colima, México. 29 p.
4. SIAP 2021. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Consulta el 15 de mayo del 2021.
5. Roose ML, Cole PA, Atkin D, and Kupper RS. Yield and tree size of four citrus cultivars on 21 rootstocks in California. *J. Am. Soc Hortic. Sci.* 1989; 114:678-684.
6. Wheaton TA, Castle WS, Whitney JD, Tucker DPH, and Muraro RP. A high density citrus planting. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 1990; 103:55-59.

Sección: Sanidad vegetal

IDENTIFICACIÓN DE UNA NUEVA ESPECIE PUTATIVA DE ALFAENDORNAVIRUS EN *Phaseolus rotundatus*

Elizabeth Chiquito Almanza¹, Jorge A. Acosta Gallegos², Luis A. Mariscal Amaro³, José Luis Anaya López^{1*}

¹ Programa de Biotecnología, INIFAP-CEBAJ; ²Programa de frijol y garbanzo, INIFAP-CEBAJ; ³Laboratorio de fitopatología, INIFAP-CEBAJ.

anaya.jose@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Phaseolus rotundatus*, alfaendornavirus, nueva especie.

INTRODUCCIÓN

En la mayoría de los casos, los virus de plantas tienen una relación parasitaria con el huésped, afectando negativamente la morfología y fisiología del hospedero, lo que causa enfermedad. Sin embargo, algunos virus de plantas, llamados “virus persistentes”, no causan síntomas aparentes. Este es el caso de algunos miembros de la familia *Endornaviridae*, que incluye virus con genomas lineales de ARN de cadena sencilla de sentido positivo [ARNcs (+)] de entre 9.7 y 17.6 kb de longitud. Esta familia está constituida por dos géneros, los *Alfaendornavirus*, que incluye 24 especies e infectan plantas, hongos y oomicetos, y los *Betaendornavirus* que incluye a 7 especies e infectan hongos ascomicetos. La secuencia terminal del extremo 3' de la mayoría de los endornavirus consta de un segmento corto de residuos de citosina repetidos [poli (C)]; su genoma tiene un solo marco de lectura abierto (ORF) que codifica una poliproteína de ~3,200 a 5,800 aminoácidos (aa). Una característica común a todos los endornavirus, es la presencia de un dominio conservado de ARN polimerasa dependiente de ARN (RdRp) localizado en la región carboxilo-terminal (C-terminal) de la poliproteína. Los *Alfaendornavirus* tienen un genoma >11.9 kb, la mayoría contienen un dominio glucosiltransferasa, y una ruptura específica de sitio en la cadena codificante de la forma replicativa de ARN de cadena doble (ARNcd), localizada entre los 0.8 a 1.2 kb del extremo terminal 5' conocida como “nick” (Valverde *et al.*, 2019). El Comité internacional en Taxonomía de Virus (ICTV) establece que los criterios para la demarcación de los dos géneros de Endornavirus son: una longitud del genoma >11.9 kb para los *Alfaendornavirus* y <10.7 para los *Betaendornavirus*, la agrupación filogenética separada de las secuencias de la RdRp de los virus en cada género, y la presencia o ausencia del nick cerca del extremo 5' de la cadena codificante. En frijol (*Phaseolus vulgaris* L) se han descrito tres *Alfaendornavirus*: *Phaseolus vulgaris endornavirus* 1 (PvEV-1), *Phaseolus vulgaris endornavirus* 2 (PvEV-2) y *Phaseolus vulgaris endornavirus* 3 (PvEV-3), y aunque las líneas de frijol infectadas con PvEV-1 y PvEV-2 no muestran signos de enfermedad, tuvieron una germinación más rápida, radículas más largas, mayor contenido de caroteno, vainas más largas y mayor peso de semilla en comparación con las líneas no infectadas (Khankhum y Valverde 2018).

En un escrutinio para identificar virus en frijol silvestre y cultivado mediante secuenciación y ensamble de ARNs pequeños (sRSA), se identificó una muestra de *Phaseolus rotundatus* L. colectada en el estado de Nayarit en el año 2015, a partir de la cual se ensamblaron numerosas secuencias contiguas (contigs) con identidad de aa a diversas especies del género *Endornaviridae*; la amplificación y secuenciación de un fragmento de 2,878 nt mostró 65 y 46% de identidad de aa deducidos con la región carboxilo terminal de PvEV-3 y *Geranium carolinianum endornavirus* (GcEV), respectivamente, por lo que de acuerdo a los criterios de demarcación de especie establecidos por el ICTV el virus identificado podría pertenecer a una nueva especie putativa de *Alfaendornavirus* a la que se nombró provisionalmente *Phaseolus rotundatus endornavirus* (PrEV). Con el objetivo de confirmar estos resultados y obtener la secuencia genómica completa necesaria para la identificación de esta nueva especie putativa, se diseñaron iniciadores específicos, se amplificaron por RT-PCR fragmentos del virus y se secuenciaron por el método de dideoxi-terminal. En este trabajo se presentan los avances en la obtención de la secuencia completa del genoma de PluEV.

MATERIALES Y MÉTODOS

La muestra de *P. rotundatus* se etiquetó con la calve SN35, y corresponde a una planta silvestre colectada en Nayarit en la que no se identificaron síntomas de enfermedad. Las coordenadas de la colecta y otros datos fenológicos están disponibles en el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) con el número BioProject PRJNA362733. La extracción del ARN total y la síntesis del ADN complementario (cDNA) se realizaron de acuerdo a las instrucciones del fabricante (Invitrogen™) con los reactivos TRIzol y SuperScript III Reverse Transcriptase, respectivamente. Para la retrotranscripción se usaron ~10 ng de ARN total y cebadores hexámeros aleatorios. Los iniciadores específicos se diseñaron con el programa Primer-BLAST (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/tools/primer-blast/>) usando como molde la secuencia de los contigs ensamblados y una temperatura de alineamiento óptima de 60 °C. El contenido de GC, formación de estructuras secundarias y dímeros se verificó *in silico* con el programa OligoAnalyzer (<https://www.idtdna.com/calc/analyzer>). Los iniciadores se diseñaron de manera que se amplificaran cinco segmentos traslapantes que abarcaran todo el genoma (~13 kb). Las amplificaciones de PCR se realizaron con la enzima Phusion Hot Start II High-Fidelity PCR Master Mix (Thermo Scientific™) de acuerdo a las indicaciones del fabricante en un volumen final de 50 µL, usando 1 µL del cDNA como molde. Los programas de PCR incluyeron un ciclo a 94 °C por 3 min, seguido de 35 ciclos a 94 °C por 45 s, 59 °C durante 2 a 4 min, en función al tamaño del amplicón esperado, y 72 °C por 2 min, y una extensión a 72 °C por 7 min. Los fragmentos amplificados se verificaron por electroforesis en geles de agarosa 1%, y se secuenciaron directamente con el método por terminadores dideoxi en el Laboratorio Nacional de Genómica para la Biodiversidad, Cinvestav, Irapuato. La calidad de los electroferogramas, alineamiento de secuencias, anotación, y reconstrucción del genoma se realizó con el programa SnapGene V4.1.9. (GSL Biotech LLC). El dominios conservados de PluEV se predijeron con el programa NCBI Conserved Domain-Search tool (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Structure/cdd/wrpsb.cgi>). El dominio RdRp se usó para establecer las relaciones filogenéticas con otros *Alfa-* y *Betaendornavirus* disponibles en la base de datos del NCBI. Para alinear las secuencias de aa, seleccionar el mejor modelo de sustitución y construir el árbol filogenético se usó el programa MEGA X (Kumar *et al.*, 2018). Las secuencias se alinearon con el algoritmo ClustalW. Los árboles filogenéticos se construyeron con el método de máxima verosimilitud usando el modelo LG+G+I con un bootstrap de 1000 repeticiones. El *Virus asociado al enrollamiento de la hoja de la uva 1* (GLRaV-1; familia *Closteroviridae*) se incluyó como grupo externo. Los nodos con valores de bootstrap menores a 70% se colapsaron con el programa TreeGraph v2.14.0 (Stöver y Müller, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Hasta ahora se han secuenciado 14,656 nt del genoma de PluEV; esta secuencia incluye un ORF predicho de 14,616 nt que codifica un fragmento de 4,871 aa correspondiente a la poliproteína típica de los endornavirus. El fragmento de aa deducido de PluEV tiene una cobertura de 100 y 93% con la poliproteína completa de PvEV-3 (número GenBank YP_009551959) y de GcEV (número GenBank QBB21108) con los que comparte 59.8 y 42.9% de identidad de aa, respectivamente, e incluye un dominio de helicasa de ARN viral en la posición 1341-1600, un dominio glucosiltransferasa de tipo GTB común a los alfaendornavirus en la posición 3218-3595, y un dominio RdRp común a todos los endornavirus en la posición 4535-4681. El análisis filogenético del dominio RdRP muestra que PluEV se agrupa junto con PvEV-3 y GcEV dentro del grupo correspondiente al género *Alfaendornavirus* (Figura 1).

Los endornavirus PvEV-3 y GcEV1, con los que se agrupó PluEV, fueron identificados en *P. vulgaris* y *Geranium carolinianum*, respectivamente, por lo que PluEV y PvEV-3 infectan a una familia de plantas taxonómicamente distinta a GcEV1. Los endornavirus se transmiten verticalmente y desarrollan una relación simbiótica con el hospedero. Por ejemplo, PvEV-1 y PvEV-2 se transmiten a la progenie de *P. vulgaris* con tasas cercanas a 100%, ambos se han detectado en muchos genotipos de origen Mesoamericano, pero raramente en los de acervo Andino, sugiriendo que estos endornavirus provienen probablemente de especies silvestres infectadas que fueron seleccionadas durante la domesticación del frijol e introducidas en los cultivos durante el proceso de mejoramiento, por lo que el origen de los endornavirus en los cultivos se ha asociado con la domesticación de especies silvestres afines. Se han detectado infecciones por endornavirus en plantas no cultivadas de *P. vulgaris* y *Oryza rufipogon*, los ancestros silvestres del frijol y el arroz cultivado, en los que el análisis de las secuencias de aa y nucleótidos indican que los endornavirus de esos dos antepasados silvestres están cercanamente relacionados a los endornavirus de sus respectivos cultivos domesticados (Herschlag *et al.*, 2020).

La muestra SN35 en la que se identificó a PluEV era asintomática, y como otros endornavirus que se han reportado, su efecto en el hospedero aún no ha sido totalmente determinado, la posible interacción

de esta nueva especie putativa con otros virus y patógenos requiere ser evaluada. La secuenciación del extremo 5' necesaria para obtener el genoma completo de PluEV está en proceso, una vez que se obtenga se depositará en la base de datos del NCBI.

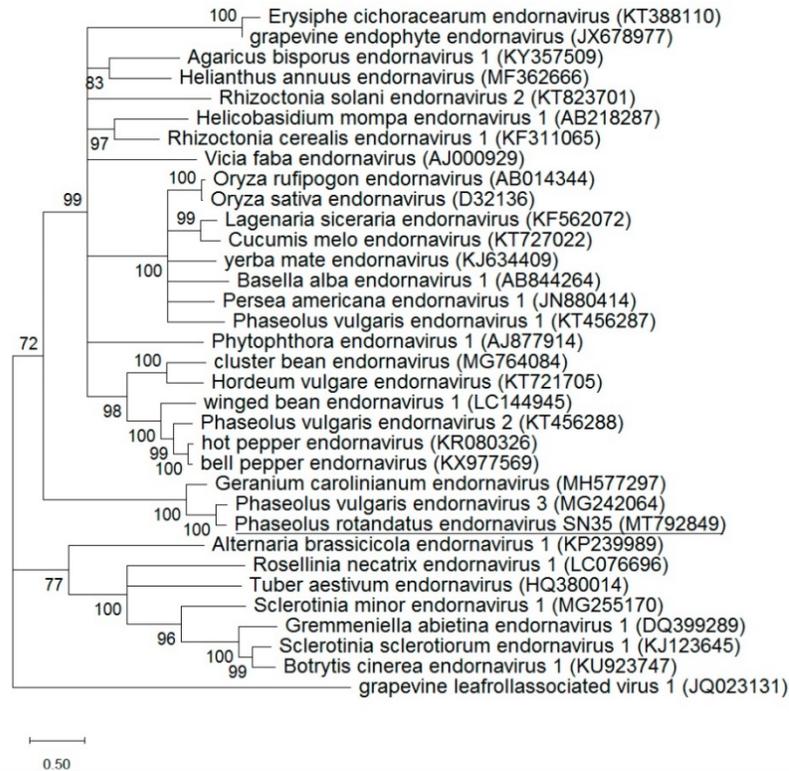


Figura 1. Relaciones filogenéticas del *Phaseolus rotundatus* endornavirus (PrEV) con otros endornavirus. A. Clado de los *Alfaendornavirus*. B. Clado de los *Betaendornavirus*. El árbol filogenético se construyó usando las secuencias de aa de los dominios RdRp con el método de máxima verosimilitud con el modelo LG+G+I con un bootstrap de 1000 repeticiones. El GLRaV-1 se incluyó como grupo externo. Los nodos con valores de bootstrap menores a 70% fueron colapsados. PluEV se muestra subrayado.

CONCLUSIONES

La identificación de regiones conservadas comunes a los endornavirus y en particular a los *Alfaendornavirus* en la secuencia deducida de aa, en conjunto con el análisis filogenético usando el dominio RdRp sugiere que PluEV es un nuevo miembro de la familia *Endornaviridae*. Para confirmar su clasificación se requiere completar la secuencia de su genoma y la identificación del nick, cuya obtención está en proceso.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece al INIFAP por el financiamiento al proyecto “Variedades resistentes a virus para la producción sustentable de frijol negro en el Centro Occidente de México” con No. SIGI 1551434856”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Valverde, R.A., Khalifa, M.E., Okada, R., Fukuhara, T., Sabanadzovic, S. 2019. ICTV virus taxonomy profile: Endornaviridae. *J Gen Virol.* 100(8):1204-1205.
2. Khankhum, S., Valverde, R.A. 2018. Physiological traits of endornavirus-infected and endornavirus-free common bean (*Phaseolus vulgaris*) cv Black Turtle Soup. *Arch Virol.* 163(4):1051-1056.
3. Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K. 2018. MEGA X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across computing platforms. *Mol. Biol. Evol.* 35:1547–1549.
4. Stöver, B.C., Müller, K.F. 2010. TreeGraph 2: combining and visualizing evidence from different phylogenetic analyses. *BMC bioinformatics.* 11(1):1-9.
5. Herschlag, R., Okada, R., Alcala-Briseno, R.I., de Souto, E.R., Valverde, R.A. 2020. Identification of a novel endornavirus in *Geranium carolinianum* and occurrence within three agroecosystems. *Virus Res.* 288, 198116.

Sección: Sanidad vegetal

EFICIENCIA DE FUNGICIDAS EN EL CONTROL DE *Phakopsora pachyrhizi* (UREDINALES: PHAKOPSORACEAE) EN SOYA

Moisés Felipe-Victoriano*, Nicolás Maldonado-Moreno, Juan Samuel Guadalupe Jesús Alcalá-Rico.
CE Las Huastecas CIRNE-INIFAP.

felipe.moises@inifap.gob.mx

Palabras clave: Roya asiática, *Glycine max*, Control químico.

INTRODUCCION

La roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow & Sydow), es una enfermedad que puede causar pérdidas en los rendimientos entre 10 y 90 % en el cultivo de soya. Esta enfermedad se reportó por primera vez en México en 2005, actualmente se encuentra distribuida en los estados de Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Nayarit, Sinaloa, Veracruz y Yucatán (Hernández *et al.*, 2014).

La soya es susceptible a la roya asiática en todas sus etapas fenológicas, los síntomas y signos de la enfermedad (clorosis, pústulas pequeñas marrón amarillento a marrón rojizo) inician en la parte inferior de la planta de donde se distribuye hacia el tercio medio y tercio superior. Su control se basa en el manejo químico mediante fungicidas pertenecientes a las familias de los triazoles y estrobirulinas (Ivancovich, 2005). Se ha documentado que, si no se realiza un manejo eficiente, la roya asiática puede provocar una defoliación prematura en un periodo muy corto de tiempo lo que afecta los rendimientos hasta en un 100 %. Por lo anterior el objetivo de este trabajo fue evaluar la eficiencia de fungicidas y ocurrencia de *Phakopsora pachyrhizi* en la variedad Huasteca 700 de soya.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo de diciembre de 2020 a mayo de 2021, en el Sitio Experimental Ébano ubicado en el municipio de Ébano, San Luis Potosí, perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. En el experimento se evaluaron cuatro tratamientos, con seis repeticiones cada uno, en un cultivo de soya variedad Huasteca 700, con fecha de siembra del 30 de diciembre de 2020. Los fungicidas evaluados fueron Merivon® (fluxapyroxad 21.2 % + piraclostrobina 21.2 % a una dosis de 350 mL/ha), PrioriXtra® (ciproconazol 7.27 % + azoxistrobin 18.20 % a una dosis de 300 mL/ha), Consist max® (tebuconazole 22.63 % + trifloxystrobin 22.63 % a una dosis de 250 mL/ha) y un control con surfactante (Agrega®), a una dosis de 1 mL/L de agua (al 0.1%). La primera aplicación de los tratamientos se realizó el 4 de marzo de 2021, cuando se observaron las primeras hojas con roya asiática y se repitió 12 días después, las aplicaciones fueron realizadas en las etapas R2 y R4 respectivamente con una mochila aspersora de motor con boquillas de cono hueco con ángulo de 80°, ajustando un gasto de 190 L/ha.

Los muestreos de ocurrencia de roya asiática se realizaron a los 7, 15, 21, 27, 35 y 43 días después de la aplicación (DDA); el porcentaje de ocurrencia se obtuvo a partir de la revisión de 10 plantas por repetición, donde se observaron plantas sanas y plantas enfermas por roya asiática. La eficiencia de los fungicidas se estimó de acuerdo con Abbott (1925). Cada repetición consistió de diez surcos a un distanciamiento de 0.76 m de ancho por 13 m de largo, equivalente a 98.9 m² por repetición. Durante el ciclo de cultivo se aplicó un riego de pre-siembra el día nueve de diciembre y dos riegos de auxilio el ocho de marzo en etapa R2 y cinco de abril en R6. El experimento se planteó en un diseño de bloques al azar con 6 repeticiones por tratamiento. Los datos obtenidos de ocurrencia y efectividad de los fungicidas se procesaron mediante un análisis de varianza seguida de una prueba de medias de Tukey ($\alpha=0.05$) en el software estadístico de SAS 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La ocurrencia de roya asiática en el cultivo de soya mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos a los 15 (Pr > F <.0001), 21 (Pr > F 0.0004), 27 (Pr > F 0.0003), 35 (Pr > F 0.0003) y 43 (Pr > F 0.0039) DDA (Cuadro 1.). La mayor ocurrencia de roya asiática se observó en el tratamiento control, donde a partir de los 15 DDA fue de 65 %, incrementándose a 95 % después de los 27 DDA (Cuadro 1). Los fungicidas Consist max® y PrioriXtra® mantuvieron un control moderado de la roya asiática por debajo de 45 % de ocurrencia hasta antes de los 35 DDA, cabe destacar que el PrioriXtra® fue el tratamiento que presentó el menor porcentaje de ocurrencia (Cuadro 1). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Aguayo *et al.* (2013) quienes mencionan que el menor índice de ocurrencia y severidad de la roya asiática se ve reflejada cuando se aplican fungicidas químicos a base de los ingredientes activos azoxistrobin y ciproconazol.

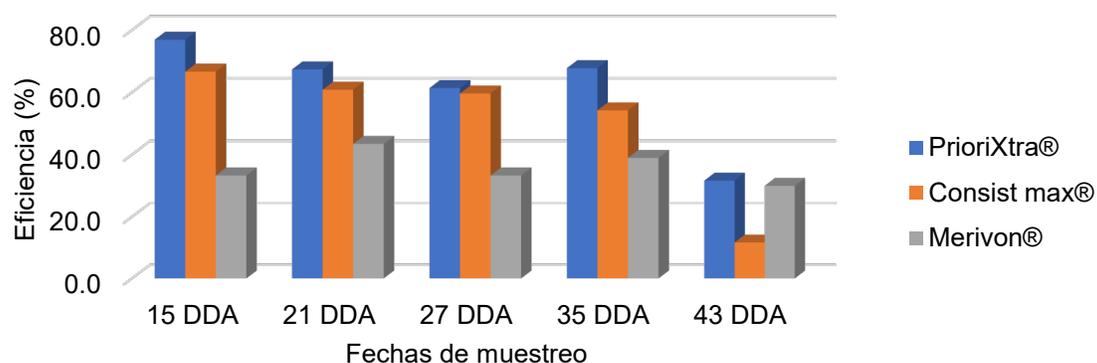
Cuadro 1. Porcentaje de ocurrencia de roya asiática en soya variedad Huasteca 700 en el ciclo otoño-invierno 2020-2021.

| Fungicidas | Fechas de muestreo (% ocurrencia) | | | | | |
|------------|------------------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | 7 DDA | 15 DDA | 21 DDA | 27 DDA | 35 DDA | 43 DDA |
| Control | 36.6 | 65.0 a* | 76.6 a | 95.0 a | 98.3 a | 100 a |
| Priorixtra | 35.0 | 15.0 c | 25.0 b | 36.6 b | 31.6 b | 68.3 b |
| Consistmax | 31.6 | 21.6 bc | 30.0 b | 38.3 b | 45.0 b | 88.3 ab |
| Merivon | 30.0 | 43.3 ab | 43.3 b | 63.3 ab | 60.0 b | 70.0 b |
| Pr > F | 0.9134 | <0.0001 | 0.0004 | 0.0003 | 0.0003 | 0.0039 |

*Diferentes letras indican diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tukey; $\alpha=0.05$).

Con dos aplicaciones de fungicidas para manejo de roya asiática en soya, posterior a la detección de las primeras plantas (0.82 % de ocurrencia, n=240 plantas) con síntomas de la enfermedad en el cultivo, se pudo observar que proporciona un periodo de protección de 35 días en el ciclo otoño- invierno.

Figura 1. Eficiencia (%) de tres fungicidas evaluados para control de roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) en ciclo otoño-invierno 2020-2021 en Ébano, San Luis Potosí.



En la Figura 1 se puede observar que durante las fechas de muestreo el fungicida PrioriXtra® (31.7-76.0 %) presentó una mayor eficiencia en el control de roya asiática comparado con Consist max® (11.7-66.7 %) y Merivon® (30-43.5 %). Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Ploper *et al.* (2011), quienes mencionan que ingredientes activos con los cuales están formulados los fungicidas Consist max®, Merivon® y PrioriXtra® presentan una mayor eficiencia contra roya asiática, presentando menores niveles de la enfermedad en las plantas tratadas.

CONCLUSIONES

Las formulaciones de los fungicidas Consist max® y PrioriXtra® redujeron significativamente la ocurrencia de roya asiática respecto a Merivon® en el ciclo otoño-invierno 2020-2021. Con las dos aplicaciones de fungicidas para manejo de roya asiática en soja, se proporciona un periodo de protección de 35 días en el ciclo otoño- invierno.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados obtenidos son parte del proyecto fiscal (Autogenerados): Validación de la tecnología para la prevención y control de la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi*) en soja en el ciclo otoño-invierno en la región de La Huasteca.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abbot WS. A method of computing effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology. 1925; 18:256-267.
2. Aguayo TS, Orrego FAL y Rodríguez EHN. Incidencia, severidad y control químico de la roya asiática (*Phakopsora pachyrhizi* Sydow) en cultivares convencionales de soja. Investigación Agraria. 2013; 2:11-16.
3. Hernández HMR, Cárcamo RA y Luna ME. Primer reporte de la fase sexual de la roya asiática de la soja (*Phakopsora pachyrhizi*) en México. Revista Mexicana de Fitopatología. 2014; 32:58.
4. Ivancovich A. Soybean rust in Argentina. Plant Disease-St Paul. 2005; 89(6):667-668.
5. Ploper LD, González V, Hecker L, Reznikov S y Devani MR. Evaluación de la eficiencia de fungicidas para el control de las enfermedades de fin de ciclo y la roya asiática de la soja en Tucumán, Argentina. Revista Industrial y Agrícola de Tucumán. 2011; 92:1-15.

Sección: Sanidad vegetal

ANTAGONISMO DE ACTINOBACTERIAS CONTRA *Fusarium* spp. DE MELÓN

Luis Fernando Armijo-Martínez¹, Raúl Rodríguez-Guerra², J. Isabel López-Arroyo², Isidro Humberto Almeyda-León², Francisco Castillo-Reyes³, Ángel Ismael Narváez-Rodríguez

¹Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. ²Campo Experimental General Terán, INIFAP. ³Campo Experimental Saltillo, INIFAP.

rodriguez.raul@inifap.gob.mx

Palabras clave: Pudrición de raíz, confrontación dual, porcentaje de inhibición.

INTRODUCCIÓN

Numerosas especies de hongos han sido reportadas causando pudrición de raíz en amplias zonas de producción de melón alrededor del mundo, ya sea de forma protegida o a cielo abierto. En México, al menos tres especies de *Fusarium* se han reportado asociadas o como causantes de la pudrición de raíz de este cultivo, entre las que se encuentran *F. solani*, *F. oxysporum* y *F. roseum* (De Cara *et al.*, 2004; Espinoza-Ahumada *et al.*, 2019), además de *Monosporascus cannonballus* (Chew-Madinaveitia *et al.*, 2019). Entre las diversas estrategias para el control de estos patógenos, el uso de productos químicos sintéticos es la más utilizada. Castillo-Reyes *et al.* (2017), al evaluar el efecto de cuatro cepas de actinobacterias sobre la incidencia y severidad de la marchitez en el cultivo de melón, encontraron que en la aplicación en campo dos cepas sobresalieron al reducir el daño de plantas. Lo anterior muestra la capacidad que tienen las actinobacterias en el control biológico de patógenos de raíz en melón, lo que sugiere que en este grupo de microorganismos es posible identificar nuevas cepas con potencial para el control de fitopatógenos de la raíz. Previamente se ha reportado que cepas de actinobacterias aisladas de Chile mostraron importante actividad contra *Macrophomina phaseolina*, otro patógeno de raíz de melón (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2020). En esta investigación se evaluó la capacidad antagonista *in vitro* de cinco morfotipos de actinobacterias con fuerte antagonismo contra *M. phaseolina*, en contra de los hongos *F. oxysporum* y *F. solani*, aislados de raíz de melón del municipio de Paila, Coahuila. Lo que puede permitir contar con actinobacterias con actividad biológica contra diversos fitopatógenos que atacan la raíz de melón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cepas de *F. oxysporum* y *F. solani* se aislaron de raíz de melón durante el 2019. Las cinco cepas de actinobacterias utilizadas corresponden a morfotipos aislados de suelo de Chile y un suelo cercano no cultivado (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2020), tres de las cuales fueron sobresalientes (M-33, M37, M-65) por su antagonismo contra *M. phaseolina*.

Los morfotipos de actinobacterias se confrontaron en un ensayo de escrutinio sin repeticiones contra las especies de *Fusarium* en una caja de Petri con medio agar nutritivo (AN). Se inoculó las actinobacterias en un extremo de la caja Petri y se dejó incubando durante siete días a una temperatura de 28°C. En seguida se inoculó un fragmento de colonia de ambas especies de *Fusarium* a una distancia de 1.5 cm del borde de la colonia de las actinobacterias, y se incubaron nuevamente a 28°C. Se incluyó un testigo, el cual sólo consistió en la inoculación de ambas especies de *Fusarium* en una caja de Petri con medio AN sin la presencia de actinobacteria. Al cuarto día se registró el crecimiento del micelio de las especies de *Fusarium* en dirección a las actinobacterias y se obtuvo el porcentaje de inhibición de cada especie respecto a su testigo. Este ensayo se realizó con el propósito de seleccionar las cepas con mayor potencial de inhibición del crecimiento de las especies de *Fusarium*.

Dos morfotipos (M37, M65) con los mayores porcentajes de inhibición en el escrutinio fueron seleccionadas para realizar bajo un experimento con repeticiones la confrontación dual contra cada especie de *Fusarium*, de manera individual. La confrontación se realizó inoculando las actinobacterias como en el escrutinio, a los siete días los fitopatógenos se colocaron en el centro de las cajas Petri. Testigos para cada especie de *Fusarium* fueron establecidos. El experimento se realizó con cinco repeticiones, y al cuarto día se registró el crecimiento del micelio de las especies de *Fusarium* en dirección a las actinobacterias. Los datos para cada especie fueron sometidos a un análisis de varianza completamente al azar con dos factores (hongo fitopatógeno, actinobacteria). Además, se obtuvo el porcentaje de inhibición respecto a cada testigo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De las cinco cepas de actinobacterias evaluadas en el escrutinio, los morfotipos M37 y M65 fueron sobresalientes con porcentajes de inhibición de 60.8 y 79.7 contra *F. oxysporum*, y de 90.7 y 73.3 contra *F. solani* (Figura 1). Estas actinobacterias fueron seleccionadas para llevar a cabo confrontaciones duales con las especies de *Fusarium*.



Figura 1. Prueba de escrutinio de cinco morfotipos de actinobacterias aisladas de suelo de Chile cultivado y no cultivado, contra *F. oxysporum* (izquierda en cajas Petri) y *F. solani* (derecha en cajas Petri) respecto al testigo.

De las cinco cepas de actinobacterias evaluadas durante el escrutinio, las cepas M22, M33 Y M48 fueron excluidas de la confrontación dual por causar bajos porcentajes de inhibición del crecimiento micelial de las especies de *Fusarium*. En las confrontaciones duales (Figura 2) el análisis de varianza mostró diferencias ($p < 0.01$) para cada factor y la interacción de éstos (Cuadro 1). El coeficiente de variación fue de 9.1 para el experimento.

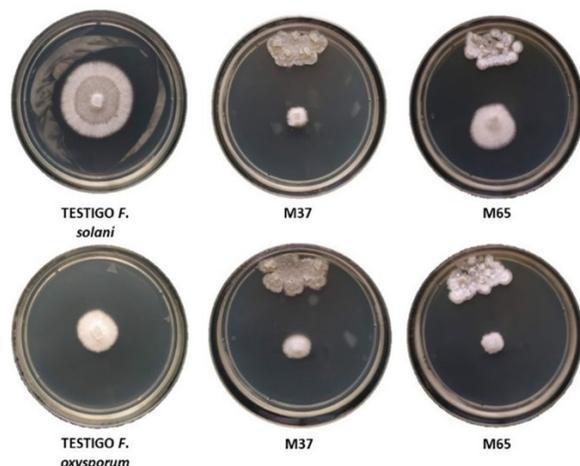


Figura 2. Imágenes representativas de las confrontaciones duales de los morfotipos M37 y M65 contra *Fusarium solani* y *F. oxysporum*, y los testigos.

Cuadro 1. Promedio del crecimiento radial (cm) de especies de *Fusarium* con actinobacterias y en los testigos, y la interacción entre ambos.

| | | Actinobacteria | | |
|---------------------|---------|----------------|--------|----------|
| Hongo | Testigo | M37 | M65 | Promedio |
| <i>F. oxysporum</i> | 1.02 b | 0.42 d | 0.40 d | 0.61 a |
| <i>F. solani</i> | 1.50 a | 0.32 d | 0.82 c | 0.88 b |
| Promedio | 1.26 a | 0.37 b | 0.61 c | |

*Promedios de hongos (DMS; $p < 0.05$), de actinobacterias (Tukey; $p < 0.05$) y de la interacción (Tukey; $p < 0.05$) seguidos con la misma letra, no difieren estadísticamente.

Los porcentajes de inhibición del morfotipo M37 contra *F. oxysporum* y *F. solani* fue de 58.8% y 78.7% respectivamente, mientras que para M65 fue del 60.8% y 45.3% respectivamente. La reducción de los porcentajes de inhibición en la confrontación dual respecto al ensayo de escrutinio, posiblemente se debe a la distancia de inoculación de los fitopatógenos, que fue mayor en la confrontación dual. Lo anterior quizá puede explicarse por la escasa difusión en el medio de cultivo de factores que causan la reducción del crecimiento de los fitopatógenos en dirección a las actinobacterias. Sin embargo, la inhibición decrecimiento causada por M37 y M65 contra *F. solani* y *F. oxysporum* en la confrontación dual, se consideran elevada. Estos resultados abren la posibilidad de evaluar el impacto de las actinobacterias sobresalientes en la reducción de la marchitez del melón causada por *F. oxysporum* y *F. solani*, causantes de pudrición de raíz, después de evaluar el impacto de las actinobacterias sobre la germinación y el crecimiento de *Fusarium* spp. en ensayos de coinoculación.

CONCLUSIONES

Como conclusión se establece que las actinobacterias M37 y M65 reducen el crecimiento de *F. oxysporum* y *F. solani* de manera significativa y que por su elevado efecto antagónico contra *M. phaseolina*, pueden considerarse con amplio espectro de acción contra fitopatógenos que atacan el sistema radical del melón.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó como parte del Proyecto 13403834745 “Aprovechamiento de la biodiversidad microbiana contra problemas fitosanitarios de cultivos del área de influencia del CIR-Noreste”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castillo-Reyes, F, Rodríguez-Guerra, R, Castillo-Quiroz, D, Martínez-Silvestre, R, y Santizo, ACI (2017). Efecto antagonístico de cepas del género *Streptomyces* en la incidencia y severidad del colapso del melón. Revista Mitigación del Daño Ambiental Agroalimentario y Forestal de México, 3: 50-60.
2. Chew-Madinaveitia, YI, Gaytán-Mascorro, A, and Herrera-Pérez, T (2012). First report of *Monosporascus cannonballus* on melon in Mexico. Plant Disease, 96: 1068-1068.
3. De Cara, M, Diáñez, F, Estrada, FJ, Montoya, S, Fernández, EJ, Santos, M, Tello, J (2004). Presence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* race 1 in soils cultivated with melon in the State of Colima (Mexico). Boletín Sanidad Vegetal. Plagas, 30: 713-720.
4. Espinoza-Ahumada, CA, Gallegos-Morales, G, Hernández-Castillo, FD, Ochoa-Fuentes, YM, Cepeda-Siller, M, y Castillo-Reyes, F (2019). Antagonistas microbianos a *Fusarium* spp., como agente causal de pudrición de raíces y tallo en melón. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 6: 45-55.
5. Rodríguez-Guerra, R, Armijo-Martínez, LF, Rodríguez-Villarreal, RA y Robledo-Leal, ER (2020). Diversidad y antagonismo a *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid de actinobacterias aisladas de suelo. Ciencia e Innovación 3: 719-729.

Sección: Sanidad Vegetal

LA ESTERILIZACIÓN POR CALOR DE CULTIVOS DE ACTINOBACTERIAS MANTIENE ACTIVIDAD ANTAGÓNICA CONTRA *Sclerotium rolfsii*

Ángel Ismael Narváez-Rodríguez¹, Raúl Rodríguez-Guerra², J. Isabel López-Arroyo², Isidro Humberto Almeyda-León², Kenzy Ivveth Peña-Carrillo², Luis Fernando Armijo-Martínez¹

¹Facultad de Ciencias Biológicas, UANL. ²Campo Experimental General Terán, INIFAP.

rodriguez.raul@inifap.gob.mx

Palabras clave: Pudrición de raíz, porcentaje de inhibición, termoestabilidad.

INTRODUCCIÓN

Sclerotium rolfsii Sacc. es un hongo habitante del suelo que causa diversas enfermedades (Billah *et al.*, 2017) a más de 500 plantas hospederas pertenecientes a más de 250 géneros en Estados Unidos (Farr *et al.*, 1989; Kator *et al.*, 2015). Este fitopatógeno es de gran importancia por las pérdidas que causa, pero su control es limitado debido al amplio número de plantas hospederas que tiene, a su crecimiento rápido, producción de esclerocios y por el largo periodo de sobrevivencia de éstos en suelo (Kator *et al.*, 2015; Billah *et al.*, 2017). La búsqueda de agentes microbianos antagonicos ha permitido la identificación de especies como *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp. contra *S. rolfsii*. Sin embargo, en el grupo de actinobacterias se han identificado cepas con importante actividad antagonica contra este patógeno relacionada a compuestos quitinolíticos, compuestos antagonicos presentes en extractos con diversos solventes y metabolitos extracelulares liberados al medio de cultivo. Estos estudios deben apoyar la disminución de riesgos por el uso de plaguicidas utilizados para el control del fitopatógeno. Recientemente se han identificado dos cepas (M-14 y M-18) de actinobacterias con elevada actividad antagonica contra *S. rolfsii*, causando hasta el 100 % de inhibición del crecimiento de fragmentos de colonias y esclerocios durante confrontaciones duales, y se demostró que tiempos prolongados de exposición del fitopatógeno a ambas actinobacterias, causan un efecto fungicida (Rodríguez-Guerra *et al.*, 2020). En esta investigación se evaluaron diversas concentraciones de colonias de ambas actinobacterias esterilizadas por calor para determinar su actividad antagonica y capacidad fungicida contra esclerocios de *S. rolfsii*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las cepas de actinobacterias utilizadas fueron la M-14 y M18, y la cepa de *S. rolfsii* fue aislada de frijol, todas utilizadas previamente por Rodríguez-Guerra *et al.* (2020). Las actinobacterias se inocularon por dispersión en cajas Petri con medio de cultivo agar nutritivo. A los diez días se retiró el medio de las cajas y se fundió en un microondas hasta que quedo líquido. Con éste se elaboraron 100 mL de las concentraciones de 100, 75, 50 y 25 %; a cada concentración se agregó 1.5 gr de agar nutritivo y cero, 25, 50 y 75 mL de agua respectivamente. Las concentraciones se esterilizaron en autoclave y se vaciaron a cajas Petri; en seguida se inocularon con cuatro esclerocios del fitopatógeno. A las 48 h se determinó la actividad antagonica al registrar el porcentaje de esclerocios germinados que desarrollaron colonia. Porcentajes menores a 25, de 26 a 50 y mayores de 51 de esclerocios germinados, se consideró que las concentraciones tienen una actividad antagonica alta, una actividad antagonica moderada y una actividad antagonica baja contra *S. rolfsii* respectivamente, mientras están en contacto con los cultivos esterilizado por calor. El experimento se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar de dos factores (cepas y concentraciones) con cuatro repeticiones (caja Petri con cuatro esclerocios) más un tratamiento extra que consistió en el testigo en agar nutritivo inoculado con esclerocios.

Una vez registrado el porcentaje de inhibición de esclerocios, y para determinar el efecto fungicida/fungistático de su exposición por 48 h a los cultivos con actinobacterias esterilizados por calor, los esclerocios presentes en las cuatro concentraciones fueron removidos y se subcultivaron en nuevas cajas Petri conteniendo sólo medio de cultivo. A las 72 h se determinó el porcentaje de esclerocios germinados. Porcentajes menores a 25, de 26 a 50, de 51 a 75 y mayores de 75, se consideró que la exposición por 48 h de los esclerocios a los medios de cultivo con actinobacterias esterilizados, tienen un fuerte efecto fungicida, una actividad fungicida moderada, una actividad fungistática moderada y una fuerte actividad fungistática contra *S. rolf sii*, respectivamente. Los datos se sometieron a un análisis de varianza completamente al azar con dos factores (cepa y concentraciones).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los esclerocios mantenidos a las concentraciones de 100, 75, 50 y 25 % de los cultivos con actinobacterias esterilizados por calor, ninguno fue capaz de germinar y desarrollar colonia (Figura 1), por lo que el porcentaje de germinación fue de cero en todas las concentraciones. Sin embargo, el porcentaje de germinación en el testigo fue del 100 %. Estos resultados mostraron una alta actividad antagónica contra los esclerocios de *S. rolf sii*. Considerando estos resultados, se omitió algún análisis estadístico.

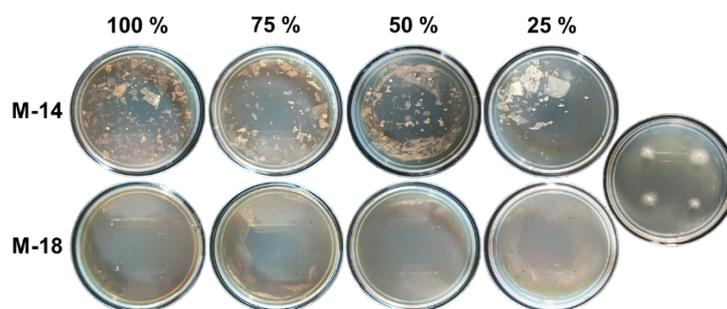


Figura 1. Respuesta de esclerocios de *Sclerotium rolf sii* a las 48 h de exposición a cuatro concentraciones del cultivo de dos actinobacterias esterilizados por calor. La caja Petri en el extremo derecho representa al testigo con germinación de esclerocios inoculados en medio de cultivo.

El análisis de varianza sólo mostró diferencias ($p < 0.05$) en el porcentaje de esclerocios germinados entre concentraciones a las 72 h de aquellos expuestos por 48 h a los cultivos esterilizados por calor, con un 68.75 % de germinación a la concentración de 25 %, y 0.0 % en las concentraciones de 50 % a 100 %. Aunque no se encontró diferencias en la interacción de factores y entre cepas, ocurrió un 81.25 % y 56.25 % de germinación de los esclerocios expuestos a los cultivos esterilizados por calor a la concentración de 25 % de las cepas M-14 y M-18, respectivamente (Figura 2). Estos resultados demostraron que las concentraciones de 50 %, 75 % y 100 % de ambas bacterias tienen una elevada actividad fungicida aun después de ser esterilizadas por calor; mientras que la concentración de 25 % de la cepa M-14 tiene una fuerte actividad fungistática y la de M-18 una actividad fungicida moderada.

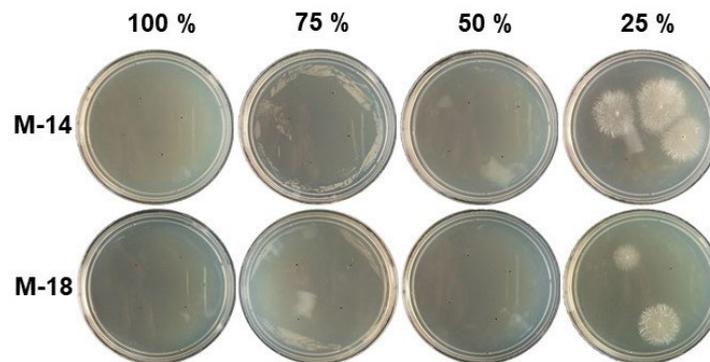


Figura 2. Respuesta a las 72 h de esclerocios de *Sclerotium rolfsii* subcultivados en medio de cultivo después de su exposición por 48 h en cuatro concentraciones del cultivo de dos actinobacterias esterilizados por calor.

Aunque estos resultados son alentadores por su actividad contra esclerocios de *S. rolfsii*, es importante determinar cuál es el tiempo mínimo de exposición de los esclerocios en las diversas concentraciones evaluadas para tener un efecto fungicida contra esos. Respecto a los porcentajes de germinación de esclerocios (81.25 % y 56.25 % de las cepas M-14 y M-18) a la concentración de 25 % y exposición por 48 h, es necesario incrementar el tiempo de exposición para determinar si es posible lograr un efecto fungicida del 100 % contra el fitopatógeno. La identidad de ambas actinobacterias será determinada posteriormente mediante el análisis de gen 16S.

Los resultados obtenidos por Rodríguez-Guerra *et al.* (2019) mostraron que las cepas de actinobacterias M-14 y M-18 inhibieron totalmente el crecimiento de fragmentos de colonias (con crecimiento micelial) y la germinación de esclerocios de *S. rolfsii* mientras éste se mantenía en confrontación dual. Las actinobacterias son capaces de producir diversos compuestos a los que se ha asociado actividad antagónica contra hongos fitopatógenos, como son sideróforos, quitinasas y proteasas. Gao *et al.* (2019), reportó que el filtrado sin esterilizar de un cultivo de la cepa OsiLf-2 de *Streptomyces albidoflavus* inhibe el crecimiento micelial de *S. rolfsii* (30.37 %). También se ha reportado que los filtrados de medio de cultivo libres de células crecidos con las especies *S. hygroscopicus* y *S. flavotricine* inhiben el crecimiento micelial y germinación de esclerocios de *S. rolfsii*, respectivamente. Sin embargo, ningún reporte ha registrado elevada capacidad fungicida contra este fitopatógeno como la que causan las cepas de actinobacterias M-14 y M-18. La búsqueda de actividad antagónica termoestable en actinobacterias puede apoyar fuertemente las alternativas de biocontrol de *S. rolfsii*. Estos resultados abren la posibilidad de determinar la actividad de las actinobacterias, o el sustrato donde crecen, sobre esclerocios que ocurren en suelo infestado y el biocontrol de la enfermedad en plantas susceptibles al fitopatógeno.

Como conclusión, en esta investigación se demostró que colonias de las actinobacterias M-14 y M-18 mantienen la capacidad de inhibir la germinación de esclerocios de *S. rolfsii* mientras están en contacto con colonias esterilizadas por calor, y además que exposiciones por 48 h a concentraciones mayores al 25 % cuentan con actividad fungicida contra el fitopatógeno. Lo anterior demuestra que la actividad antagónica y capacidad fungicida/fungistática de los compuestos producidos por el crecimiento de las actinobacterias es termostable.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se realizó como parte del Proyecto 13403834745 “Aprovechamiento de la biodiversidad microbiana contra problemas fitosanitarios de cultivos del área de influencia del CIR-Noreste”, así como a Yesenia Yazmín Salazar Mata por su apoyo técnico.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Billah, KMM, Hossain, MdB, Prince, MH, and Sumon, MdMP (2017). Pathogenicity of *Sclerotium rolfsii* on different host, and its over wintering survival; A mini review. International Journal of Advances in Agriculture Sciences 2: 1-6.
2. Farr, DF, Bills, GF, Chamuris, GP, and Rossman, AY (1989). Fungi on Plants and Plant Products in the United States. American Phytopathological Society, St Paul, MN, pp. 1252.
3. Gao, Y, Zeng, XD, Ren, B, Zeng, JR, Xu, T, Yang, YZ, Hu, XC, Zhu, ZY, Shi, LM, Zhou, GY, Zhou, Q, Liu, XM and Zhu, YH (2020). Antagonistic activity against rice blast disease and elicitation of host-defence response capability of an endophytic *Streptomyces albidoflavus* Osilf-2. Plant Pathology, 69(2), 259-271.
4. Kator, L, Hosea, ZY, and Oche, OD (2015). *Sclerotium rolfsii*: causative organism of southern blight, stem rot, white mold and sclerotia rot disease. Annals Biol. Res. 6(11): 78-89.
5. Rodríguez-Guerra, R, Castillo-Reyes, F, Ledesma-Bravo, B, Calderón-Ruiz, A, Armijo-Martínez, L F y Ruiz-Amaro, CJ (2020). Diversidad en suelo y antagonismo de actinobacterias contra *Sclerotium rolfsii*. Biotecnología y Sustentabilidad 5: 19-36.

Sección: Sanidad Vegetal

RAZAS DE ROYA LINEAL AMARILLA (*P. striiformis* f. sp. *tritici*) EN GENOTIPOS DE TRIGO EN SINALOA

Elizabeth García León¹, María Florencia Rodríguez García², Genny Llaven Valencia¹, Luis Alberto Calderón García³ y Julio Huerta Espino²

¹Campo Experimental Valle del Fuerte-INIFAP, Juan José Ríos, Guasave, Sinaloa. ²Campo Experimental Valle de México-INIFAP, Texcoco, Edo. de México. ³Maestría en Fitopatología y Medio ambiente. Universidad Autónoma de Occidente Unidad Los Mochis, Ahome, Sinaloa.

garcia.elizabeth@inifap.gob.mx

Palabras clave: Severidad, roya amarilla, resistencia

INTRODUCCIÓN

En México la principal zona productora de trigo (*Triticum* spp.) bajo condiciones de riego es el Noroeste, el cual incluye a los estados de Sonora, Sinaloa y Baja California. En dichas zonas se presentan diversas condiciones de humedad, temperatura y precipitación, lo que propicia la presencia de enfermedades, además del constante monocultivo de ésta especie (Marasas *et al.*, 2004). Las enfermedades fungosas como las royas demeritan la calidad física e industrial del grano de (Huerta-Espino *et al.*, 2011).

La roya lineal es en la actualidad la enfermedad más importante en el cultivo del trigo y puede llegar a ser tan destructiva como la roya del tallo (Milus *et al.*, 2009; Huerta-Espino *et al.*, 2013). En la zona triguera del Norte de Sinaloa, no se consideraba una enfermedad importante, sin embargo en ciclos recientes han surgido nuevas razas de roya con un periodo de latencia más corto, además de su incidencia cada vez más frecuente en etapas tempranas del ciclo del cultivo (CESAVESIN, 2020).

Los signos de la roya lineal amarilla en campo se observan como pústulas de color amarillo dispuestas sobre la lámina foliar casi asemejando estrías a lo largo de las nervaduras (Roelfs *et al.*, 1992). Se han reportado más de 39 razas fisiológicas de roya amarilla en México (Rodríguez-García *et al.*, 2010), y durante el ciclo PV-2014, 10 razas nuevas fueron identificadas que vencieron la resistencia de variedades importantes en la meseta central de México (García-León *et al.*, 2015). Durante los ciclos O-I/2018-19 y O-I/2019-2020 en el Valle del Carrizo y Valle del Fuerte se identificaron focos de infección de roya lineal en algunos lotes establecidos en fechas de siembra de octubre-noviembre, y se incrementó su incidencia en fechas tardías de diciembre-enero. El uso de variedades resistentes fue clave en el manejo de la enfermedad, sin embargo algunas lotes donde se sembraron variedades con moderada y baja resistencia se requirió de la aplicación de fungicidas para minimizar las pérdidas, lo cual elevó los costos de producción en un 20%.

El uso de la resistencia genética es una de las alternativas de manejo sustentable mas adecuada y viable para el control de las royas en Mexico, por ello la importancia del monitoreo. Por ello es vital establecer evaluaciones constantes del catalogo varietal y las fuentes de resistencia de trigo disponible para el programa de mejoramiento genético de trigo nacional. Por lo anterior el objetivo de la presente investigación fue identificar las razas de roya lineal amarilla que inciden en variedades de trigo sembradas en el Norte de Sinaloa.

MATERIALES Y METODOS

Durante los meses de febrero a julio del año 2020, se procesaron las 75 muestras de roya lineal amarilla, provenientes de localidades de los municipios de El fuerte, Ahome y Guasave, Sinaloa, dichas, muestras se preservaron a temperatura de 4°C para conservar su viabilidad. Posteriormente con la técnica de monopostulares con base en la metodología propuesta por Huerta-Espino *et al.* (2021), se procedió a incrementar de inóculo, para después realizar la identificación de razas. Para el obtener los aislamientos puros e incrementar el inóculo se utilizó el genotipo *Morocco + Lr19* para tener esporas suficientes para inocular las líneas diferenciales. Se utilizó un conjunto de 51 líneas diferenciales de razas de roya lineal amarilla.

La reacción de infección en estado de plántula se tomó de los 15 a 18 días ddi; con el uso de la escala propuesta por McNeal *et al.* (1971) modificada por Huerta-Espino *et al.* (2014). Para la designación de razas fisiológicas de roya amarilla se empleó la nomenclatura propuesta por Huerta-Espino *et al.* (2020b)

RESULTADOS Y DISCUSION

De las 75 muestras procesadas de roya lineal amarilla, se obtuvieron 20 aislados los cuales fueron registrados en el cuadro 1. Los resultados de la identificación de razas fisiológicas de *P. striiformis* f. sp. *tritici* indicaron que en 30 de las 51 diferenciales se puede observar que la mayoría de los aislados comparten cierta similitud con las razas CMEX14.25 y CMEX14.191, reportadas en estudios previos por Huerta-Espino *et al.* (2015).

Cuadro 1. Aislamientos de roya lineal amarilla ciclo O-I/19-20 identificados en el Norte de Sinaloa.

| No. Dif. | 6 | 7 | 9 | 14 | 16 | 20 | 23 | 24 | 25 | 90 | 92 | 94 | 103 | 105 | 106 | 108 | 110 | 111 | 112 | 113 |
|----------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| 2 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| 3 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 8 | 9 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |
| 6 | 7 | 9 | 7 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 | 5 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 |
| 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 |
| 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 |
| 10 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 4 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 |
| 11 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 7 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 |
| 12 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 | 8 | 8 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|---|----|----|---|---|---|
| 15 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 16 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 17 | 3 | 2 | 2 | 3 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 |
| 18 | 8 | 8 | 7 | 9 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 | 4 | 9 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 |
| 19 | 9 | 8 | 7 | 9 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 | 4 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 7 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| 20 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 7- | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 0 | 8 | 8 | 2 | 7 | 7 | 2 | 7- | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 |
| 22 | 6 | 5 | 6+ | 4 | 5 | 8 | 4 | 6 | 8 | 5 | 7 | 6 | 6+ | 6 | 7 | 7- | 7- | 7 | 7 | 9 |
| 23 | 7 | 8 | 7 | 8 | 7 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 | 7 | 7 | 9 |
| 24 | 8 | 8 | 8 | 9 | 7 | 9 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 |
| 25 | 7 | 6+ | 8 | 9 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 5 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 7 | 8 | 9 |
| 26 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 9 | 9 | 7 | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 8 | 9 | 8 | 7 |
| 27 | 8 | 7 | 7 | 8 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 | 7 | 8 | 7 | 7 | 8 | 7 | 8 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| 28 | 8 | 7 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 6 | 8 | 8 | 7 | 8 | 7 | 9 | 9 | 9 | 9 | 8 |
| 29 | 8 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 8 | 6 | 8 | 8 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 7 | 8 | 8 |
| 30 | 2 | 2 | 3 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 2 |

Con el presente estudio se comprobó que ningún aislamiento tiene virulencia para los genes *Yr1*, *Yr5*, *Yr10*, *Yr15*, *Yr24*, *Yr26* y *YrSp*, por lo que puede ser de utilidad utilizarlos en los programas de mejoramiento y promover el uso de las variedades que posean estos genes en las zonas trigueras del estado de Sinaloa. Con estudios como el presente donde se consideran los factores bióticos como las enfermedades para poder recomendar una variedad apta para las regiones productoras, variedades de reciente liberación como Borlaug 100 F2014 y Noreste F2016 basan su resistencia en genes de resistencia durable, que porporcionan proteccion a un amplio numero de aislamientos de royas (Singh *et al.*, 2001), además de que el continuo monitoreo nos brinda conocimiento sobre este patosistema en la región.

CONCLUSIONES

Es el primer reporte de razas fisiológicas de roya amarilla identificadas en genotipos sembrados en la región Norte de Sinaloa.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Monitoreo de razas fisiológicas de royas en el cultivo de trigo en el norte de Sinaloa".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

García-Leon, E., Huerta, E.J., Villaseñor, M. H. E., Rodríguez, G. M. F. y Bárcenas, S. D. 2015. Nuevas razas de roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) en variedades comerciales

de trigo harinero en los Valles Altos de México. In: Memoria de resúmenes del XVII Congreso Internacional y XLII Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología. Del 19 al 23 de julio 2015. Ciudad de México. 172 p

Huerta-Espino, J., R.P. Singh, S. German, B.D. McCallum, R.F. Park, W.Q. Chen, S.C. Bhardwaj, and H. Goyeau, 2011. Global status of wheat leaf rust caused by *Puccinia triticina*. *Euphytica* 179:143-160

Sección: Sanidad vegetal

SOCIOECONOMÍA, VALIDACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

CARACTERIZACIÓN DE LOS PEQUEÑOS PRODUCTORES DE PALMA DE ACEITE DE CAMPECHE

Ricardo Isaac Márquez^{1*}, María Esther Ayala Arcipreste¹, Ileana Mercedes Canepa Pérez¹, Angélica Patricia Isaac Márquez²

¹Centro de Estudios de Desarrollo Sustentable y Aprovechamiento de la Vida Silvestre, Universidad Autónoma de Campeche; ²Centro de Investigaciones Biomédicas, Universidad Autónoma de Campeche

ricisaac@uacam.mx

Palabras clave: palma de aceite, campesinos, desarrollo rural

INTRODUCCIÓN

La palma de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) es el cultivo de plantación con mayor valor económico del trópico (Henderson y Osborne, 2000). El aceite que se extrae de sus frutos es la fuente de aceite vegetal más importante del mundo en cuanto a producción, consumo y comercio (Meijaard et al. 2018). La palma de aceite es un cultivo agroindustrial dirigido a mercados de consumo masivo y tiene un alto potencial para obtener de ellos un importante valor agregado, tanto en la industria alimentaria como en la producción de oleoquímicos, combustibles y energía (SAGARPA, 2017). El cultivo de la palma de aceite es de largo plazo y exigente en términos de inversión, planeación, organización y competencias de trabajo (Palmelit, 2019).

Durante los últimos años, la superficie sembrada de palma de aceite se ha incrementado en el país a una tasa de entre 5 y 7% anual, que equivale a cerca de cinco mil hectáreas por año (SIAP, 2020). En 2018 la superficie sembrada de palma de aceite fue de 101 753 ha, de las cuales 72 841 se encuentran en producción, con una productividad promedio de 13.5 ton de racimos de fruto fresco (RFF) por hectárea (SIAP, 2020). El estado de Chiapas es el principal productor del cultivo con 45% de la superficie sembrada y 56% de la producción total nacional. El segundo estado productor es Campeche, con una participación de 28% de la superficie sembrada y 16% de la producción nacional, seguido de Tabasco (21%) y Veracruz (7%) (SIAP, 2020). El país produce 61% del aceite de palma de su demanda interna, y el resto se satisface con importaciones provenientes de Guatemala (40%), Costa Rica (24%) y Colombia (13%) (SAGARPA, 2017).

El gobierno del estado de Campeche ha considerado que la palma de aceite es un cultivo estratégico para el desarrollo rural por su capacidad para crear empleos bien remunerados y mejorar las condiciones de vida de los pobladores de las comunidades rurales. Este cultivo ha crecido en Campeche en los últimos años con un enfoque social bajo un modelo de plantaciones campesinas a pequeña escala, con el cual se pretende convertir la entidad en el principal productor de aceite de palma de México. Sin embargo, no hay información sobre la manera como se ha desarrollado la palmicultura en Campeche. Por lo anterior, el objetivo del trabajo es describir las características socioeconómicas de los pequeños productores de palma de aceite de Campeche, así como sus prácticas productivas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó una encuesta productiva a entrevistó a los productores socios de la Unión de Palmicultores del Milenio (UPM), que es la principal organización de cultivadores de palma de aceite en la entidad. A partir de un listado que proporcionó la organización campesina, y tomando como unidad de muestreo las Sociedades de Producción Rural (SPR) que integran la UPM, se calculó una muestra representativa de 30 SPR, las cuales fueron seleccionadas al azar, y se entrevistó a todos los productores miembros de cada una de ellas. Se encuestaron a 137 palmicultores, de 11 comunidades ejidales, durante el periodo comprendido entre febrero y mayo de 2018.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad promedio de los productores de palma de aceite es de 56.7 años. Para 43%, la palmicultura es su principal actividad productiva en función del tiempo dedicado, y para cerca de la tercera parte (31%) representa su actividad secundaria. Sólo 5% se dedica de forma exclusiva a la palmicultura. Del total de productores cuya actividad principal es la palmicultura, 41% se dedica como actividad secundaria a los cultivos anuales y 36% a la ganadería.

Los palmicultores tienen en promedio una superficie de 10.7 hectáreas de plantaciones (mediana de 9 ha, y moda de 4 ha). La edad promedio de las plantaciones es de 11 años (mediana de 8 años y moda de 18 años). La mayoría de la superficie plantada (90%) se encuentra en producción. Las plantaciones tienen un arreglo en tresbolillo con 143 plantas por hectárea con espaciamiento de 9 × 9 m. La mayor parte de la superficie de las plantaciones (52%) se sembró en áreas de pastos dedicadas con anterioridad a la ganadería extensiva. Le siguen en importancia las áreas de cultivos anuales (20%), entre las cuales 8% corresponde a tierras mecanizadas. Una proporción menor se estableció en áreas de vegetación secundaria (16%) y remanentes selváticos (12%). La reconversión productiva al cultivo de palma de aceite se ha realizado sin contar con respaldo técnico formal. Cerca de la mitad (48%) de los productores resuelve los problemas técnicos del cultivo de acuerdo con la experiencia adquirida en el manejo empírico de las plantaciones. Un pequeño porcentaje (5%) solicita ayuda de otros palmicultores. El resto de los productores acuden a la UPM en caso de requerir asesoría.

Los palmicultores realizan un manejo de baja intensidad en sus plantaciones. El principal insumo utilizado es el fertilizante, que poco menos de la mitad (43%) de los palmicultores aplicó el año previo a sus plantaciones. La cantidad aplicada de fertilizantes está muy por debajo de la recomendación que promueve la UPM, que es de seis a ocho kilogramos por planta. Poco más de la mitad (62%) realiza el control de las malezas (chapeo) de sus plantaciones y una cuarta parte (25%) lleva a cabo las podas de las palmas. Una quinta parte (20%) no realiza la cosecha de los frutos en el año previo. La infraestructura y el equipo que tienen los palmicultores son también limitados. Cerca de la mitad (44%) no tiene caminos para sacar cosechas, y la mayor parte de los caminos existentes no tienen condiciones adecuadas para trasladar la cosecha en época de lluvias, cuando se alcanzan los picos de producción de las plantaciones.

Dado el bajo uso de insumos, el principal rubro de inversión lo constituye la limpieza de las plantaciones, que equivale a 35% de los costos. Le siguen en importancia la cosecha de frutos y su traslado (22 y 20%, respectivamente). Se estima que el año previo los productores invirtieron en el manejo de las plantaciones

en promedio el equivalente a 36.05 jornales por hectárea (5 407.5 pesos). La mano de obra constituye 76% del total de inversión realizada por los palmicultores para el mantenimiento y manejo de las plantaciones (27.4 jornales/ha). El tipo de mano de obra utilizada en las plantaciones fue mayormente de la propia unidad familiar (60%), y el resto (40%) fue mano de obra contratada (jornales). De tal forma, que la mano de obra familiar representa 45.6% de la inversión total por hectárea realizada por palmicultores.

La productividad promedio, considerando aquellos palmicultores que tuvieron cosecha en 2017, es de siete toneladas de RFF por hectárea, con una moda de seis toneladas por hectárea, muy por debajo de la media nacional (13.5 ton/ha). Con una cosecha de seis toneladas por hectárea, la venta de RFF deja un ingreso bruto de 9 000 pesos por hectárea. Esto representa un retorno económico diario por hectárea al año de 36 pesos, considerando 250 días laborables (día/ha/año), cantidad inferior a un salario mínimo diario en México (123.20 pesos), sin descontar la inversión realizada. Si se considera el costo de manejo promedio (5 407.50 pesos/ha), resulta en una ganancia neta promedio de 3 592.50 pesos por hectárea al año (14.40 pesos día/ha/año). Este ingreso es 70% mayor a lo obtenido en la ganadería extensiva y más del doble de lo generado por los cultivos básicos, de acuerdo con las estimaciones de los productores.

CONCLUSIONES

Los pequeños productores han integrado el cultivo de la palma de aceite a su estrategia productiva como una actividad complementaria generadora de ingresos. Las plantaciones campesinas tienen una baja intensidad de manejo en mano de obra y uso de insumos, y se caracterizan por su escasa tecnificación y reducida productividad. Los pequeños productores han carecido de asesoría y capacitación para el manejo adecuado de las plantaciones, así como de infraestructura productiva. A pesar de sus limitaciones, los ingresos económicos generados por las plantaciones resultan significativos en el contexto socioeconómico de las comunidades palmeras.

Los resultados del estudio de caso indican que hay ventanas de oportunidad importantes en materia de organización, crédito, capacitación y asesoría técnica para hacer más productivas las plantaciones campesinas y propiciar la consolidación del cultivo de palma de aceite como factor de desarrollo económico y social en las comunidades rurales

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte de la investigación financiada por el CONACYT Clave: PDCPN_2015_324.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Henderson, J., y Osborne, D. (2000). The oil palm in all our lives: how this came about. *Endeavour* (24), 63-68. doi: [https://doi.org/10.1016/S0160-9327\(00\)01293-X](https://doi.org/10.1016/S0160-9327(00)01293-X)
2. Meijaard, E., Garcia-Ulloa, J., Sheil, D., Wich, S.A., Carlson, K.M., Juffe-Bignoli, D., y Brooks, T. M. (eds.). (2018). *Oil Palm and Biodiversity. A Situation Analysis by the IUCN Oil Palm Task Force.* Gland, Switzerland: IUCN.
3. Palmelit. (2019). *Manual del palmicultor.* Francia: PalmElit.

4. SAGARPA. (2017). Palma de aceite mexicana. Planeación agrícola nacional 2017-2030. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación.
5. SIAP. (10 de enero de 2020). Cierre de la producción agrícola por estado. Recuperado de <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

GANANCIAS ECONÓMICAS INDUCIDAS CON LA VARIEDAD DE TRIGO CORTAZAR EN EL BAJÍO

1Adrián González Estrada, 2Ernesto Solís Moya, 3Nelda Guadalupe Uzcanga Pérez y
1Eduardo Villaseñor Mir

1CE Valle de México, CIRCE-INIFAP; 2CE Bajío, CIRCE-INIFAP, 3CE Mocochoá.

gonzalez.adrian@inifap.gob.mx

Palabras clave: Adopción estocástica, Impactos económicos, Rentabilidad de la investigación.

INTRODUCCIÓN

La escasez notoria de recursos públicos asignados a la investigación agropecuaria y forestal de México contrasta, de manera preocupante, con las demandas que le plantean los innumerables problemas económicos, sociales, ambientales y de agotamiento o deterioro de los recursos naturales. De acuerdo con Alston *et al* (1995), en condiciones restrictivas, resulta obvia la necesidad no sólo de asignar racional y eficientemente los escasos apoyos financieros a las distintas actividades de investigación sino, además, de ejercerlos con eficiencia y honradez. Estas son exigencias a las que todas las instituciones públicas o privadas que reciben dineros públicos deberían responder.

En su calidad de Centro Público de Investigación, el INIFAP tiene el compromiso institucional de llevar a cabo un proceso permanente de seguimiento y evaluación de la adopción e impacto de sus tecnologías y productos.

El objetivo principal de la investigación que fundamenta este resumen fue evaluar los impactos económicos de la variedad de trigo *Cortazar*, generada por el INIFAP en colaboración con CIMMYT, en la región de El Bajío, entre los años 1994 y 2020.

De acuerdo con Solís *et al.* (1996), la variedad Cortazar S94 de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) fue generada por el Programa de mejoramiento genético del trigo del Campo Experimental Bajío (CEBAJ), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), a partir de materiales de INIFAP y del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). Cortazar S94 se obtuvo por hibridación y selección genética siguiendo el método genealógico. En el progenitor femenino de Cortazar S94 intervinieron 15 genotipos recombinados en seis cruzamientos, en tanto que en el progenitor masculino fueron recombinados cinco genotipos en dos cruzamientos. Posteriormente, se llevó a cabo un cruzamiento más, entre ambos progenitores. La genealogía de la variedad Cortazar S94 según Solís *et al.* (1996) es la siguiente:

INIA“S”/20350/4/MNG/8156//JAR/3/ON/20350/5/TOB/CNO//SYG/SX/3/C
NO/INIA/6/SLM/7/BEZ/NAD//KZM/8/CNO79/9/SON64/KLRE//BB“S”/3/B
B“S”/IN#2//20350/4/2F2/TR810352-4R-1R-1R-0R

A partir de 1987 se inició la etapa de evaluación en ensayos de rendimiento también en el CEBAJ del INIFAP. En los ciclos 1991-1992 y 1992-1993 los ensayos de rendimiento se llevaron a cabo tanto en el CEBAJ como en otras localidades de El Bajío.

La hipótesis central de esta investigación es que la inversión pública que se hizo en la generación de esa variedad fue altamente redituable, tanto desde el punto de vista financiero como del económico.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método usado para la cuantificación de los impactos económicos de la variedad de trigo *Cortazar* se describe *in extenso* en González-Estrada y Wood (2006), y sus etapas fundamentales son: a) la caracterización de la innovación tecnológica; b) la cuantificación en el tiempo de los costos y de los beneficios atribuibles a la incorporación de ese logro tecnológico en el proceso productivo; c) la cuantificación del efecto precio de esa innovación y de su efecto económico agregado; d) la estimación de la serie dinámica de adopción de la variedad Cortazar en condiciones de incertidumbre y riesgo se obtuvo mediante ecuaciones diferenciales, mínimos cuadrados y métodos numéricos, haciendo uso de toda la información técnica y experimental disponible (Solís *et al.*, 1996), así como de las series temporales de la superficie sembrada con trigo en Guanajuato, Michoacán, Jalisco y Querétaro en el ciclo OI y durante el período 1994-2020; e) el procesamiento computacional de la información y cálculo de los indicadores económicos, mediante la metodología desarrollada por González-Estrada y Wood (2006).

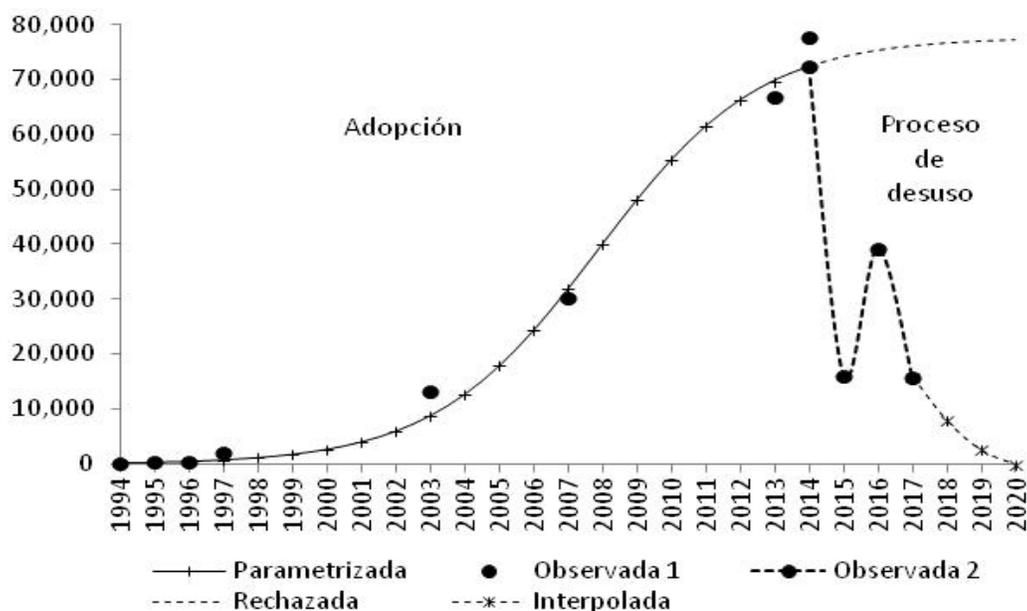
Con el fin de estimar adecuadamente las ganancias económicas que la variedad aquí evaluada induce en la economía regional, se asumió, de acuerdo con Jovanovic y Lach (1997) y González-Estrada y Stanley Wood (2006), que el proceso de adopción es estocástico y que tiene forma funcional sigmoidea. Los impactos económicos de la variedad de trigo *Cortazar* generada por el INIFAP fueron cuantificados mediante los indicadores evaluativos: el valor actual neto, la relación beneficio–costo y tasa interna de rentabilidad.

Para cada uno de estos indicadores evaluativos se realizaron el análisis de sensibilidad y las correspondientes simulaciones estocásticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La estimación de la serie dinámico-estocástica de la adopción de la variedad Cortazar durante el período 1994-2019 es la siguiente:

Gráfica 1. Comportamiento de la superficie de adopción de la variedad de trigo Cortazar en El Bajío (ha).



La variedad Cortazar S94 durante el período 1994-2019, en que estuvo vigente, se sembró en una superficie acumulada de 609,110 ha e hizo aumentar la producción de trigo de El Bajío en 389,725 toneladas. La suma de los impactos brutos —ingresos menos los costos de producción expresada en valores actualizados del año 2020, de todos los agricultores adoptantes de la variedad Cortazar en El Bajío y durante todo el período de uso de la variedad— suman la cantidad de \$5,565 millones de pesos. El costo total a precios actualizados a 2020 de generación de la variedad aquí evaluada fue de 61.2 millones de pesos, y el costo de divulgación y difusión fue de 15.9 millones de pesos.

De acuerdo con los resultados anteriores, el valor actualizado a 2020 del flujo anual de ganancias económicas inducidas por la variedad de trigo Cortazar fue de 5,488 millones de pesos. Estas ganancias económicas netas inducidas por la variedad Cortazar representan aproximadamente el 4.0 veces el presupuesto fiscal anual del INIFAP en el año 2020.

De acuerdo con lo anterior, por cada peso invertido en la investigación que generó Cortazar se produjeron 72.14 pesos de ganancia para los agricultores adoptantes en El Bajío.

La tasa interna de rentabilidad estimada fue 47.9%, superior a la tasa media real de rendimiento libre de impuestos que recibe el capital privado y a la tasa media de rentabilidad del capital físico libre de riesgo en México.

No obstante que el comportamiento del proceso de desuso acelerado de la variedad bajo evaluación es caótico, es notable el comportamiento casi-sigmoideo de la adopción y, consecuentemente, de los impactos. Sin duda, la dinámica de la adopción se impuso casi completamente.

CONCLUSIONES

Se corroboró la hipótesis de que la inversión pública para la generación de la variedad de trigo Cortazar fue altamente redituable, tanto desde el punto de vista financiero como del económico.

También se concluyó que Invertir tan poco en una investigación tan redituable como la del INIFAP (González-Estrada, 2020) es un desperdicio de posibilidades de crecimiento, de desarrollo económico y de posibilidades de bienestar para los mexicanos, como lo muestran González-Estrada (2020) y González-Estrada y Wood (2006).

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados anteriores son parte de los obtenidos en el Proyecto de investigación: "Impactos económicos y sociales de la variedad de trigo Cortazar", financiado con recursos fiscales del INIFAP.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alston, J.M., G.W. Norton, and P.G. Pardey (1995). *Science under Scarcity*. Cornell University Press. Ithaca, New York.
2. Solís Moya, E., A. Salazar Zazueta y J. Narro Sánchez (1996). Cortazar S94: Nueva variedad de trigo harinero para El Bajío. Folleto Técnico Núm. 2. Campo Experimental Bajío, INIFAP. Celaya, Guanajuato. México.
3. González-Estrada, A. Aportaciones Económicas, Sociales y Ambientales del INIFAP. En: Cruz, E. y L. Reyes (comp.). (2020). *Aportaciones del INIFAP al Campo Mexicano en 35 años*. Oficinas Centrales, Libro Técnico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Ciudad de México.
4. González-Estrada, A. y S. Wood (2006). *Impactos Económicos de Tecnologías para el Campo Mexicano*. Libro Científico, Núm. 1. INIFAP. México, D.F.

5. Jovanovic, B., and S. Lach (1997). Product innovation and business cycle. *International Economic Review* 1991, vol. 38, February: 3-22.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

ESTRATEGIA REGIONAL PARA APOYAR EL DESARROLLO RURAL EN GUANAJUATO

José Alfonso Aguirre Gómez*¹ Juan Ángel Quijano Carranza¹

¹Investigadores del Campo Experimental Bajío INIFAP

j.alfonsoaguirreg@gmail.com; aguirre.alfonso@inifap.gob.mx

Palabras clave: Desarrollo rural regional, vinculación institucional, participación campesina

INTRODUCCIÓN

En el estado de Guanajuato la producción de pequeños y medianos agricultores ha sido enfocada hacia el incremento del rendimiento en los cultivos de mayor importancia económica (maíz, frijol, trigo, sorgo Etc.). Esta forma de producción ha generado desequilibrio en el manejo de los recursos naturales y contaminación en el ambiente, que aunado a los altos costos de insumos y bajo precio de sus cosechas, ocasiona que las actividades agrícolas dejan de ser una alternativa viable para estos productores. Un efecto negativo de tal problemática es el incremento en la tasa de migrantes de nuestras regiones hacia ciudades cercanas, EUA y Canadá. La actividad agropecuaria deja de ser su actividad principal, dejando predios sin sembrar y perdiendo semillas nativas de importancia para la diversidad regional. Este trabajo fue desarrollado de 2007 – 2010 y muestra una estrategia estatal de vinculación institucional para apoyar el desarrollo tecnológico y administrativo de unidades de producción de subsistencia, ubicadas en los municipios que conforman la región Sureste del estado de Guanajuato.

MATERIALES Y METODOS

Nuestro trabajo de investigación ha sido enfocado hacia pequeños productores cuya complejidad obliga a realizar el análisis de su problemática mediante la conjunción de los diversos componentes de la unidad de producción y su contexto en general. Desde este punto de vista, no solo es importante el componente “tecnología”, sino también el efecto ambiental, físico, económico, social y humano para el logro de la productividad y bienestar social de las familias campesinas que se ubican en ambientes restrictivos y difíciles para la producción. A diferencia de lo que se maneja en los programas de desarrollo rural, nuestra estrategia busca tener la participación de los pequeños agricultores, para que ellos sean los encargados de su propio desarrollo y bienestar comunitario, Lo anterior ofrece la oportunidad para que a través del enfoque participativo se promueva y desarrolle el capital humano requerido para lograr la reconversión tecnológica y productiva necesaria para el campo mexicano. La estrategia con enfoque participativo requirió nuestra participación de dos maneras. a) Intervenir en las decisiones de los Consejos de Desarrollo Rural Sustentable y a la vez proporcionar a estos un sistema de información que les facilite el establecimiento de criterios agroecológicos y socioeconómicos para la toma de decisiones relacionada con la asignación de los recursos para el desarrollo rural. b) Participar directamente con asesores técnicos y productores para que a través de capacitación se apoye a grupos de productores de los municipios interesados en la identificación, formulación y operación de proyectos productivos y de desarrollo. Durante el proceso, también se apoyo la solicitud de vinculación con un grupo de productores pertenecientes a una Sociedad de

Producción Rural (SPR) que presentaban problemas en sus procesos de producción. En este caso la relación se estableció directamente con la organización de productores, sin considerar a las autoridades municipales

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación con Presidencias Municipales: De los siete municipios contemplados en la región Sureste para desarrollar la estrategia con enfoque participativo, solo en tres de ellas se logro establecer relación y concretar algunas actividades con productores interesados en realizar cambios de su proceso productivo. Nuestra relación con las presidencias fue a través de los directores de desarrollo rural y los consejos municipales para el desarrollo rural sustentable. En los tres casos solicitaron y consideraron nuestra participación para mejorar la calidad de las propuestas. Sin embargo, al momento de repartir el monto considerado del municipio para apoyo de proyectos, se utilizaban criterios totalmente diferentes y que no coincidían con lo previamente establecido dentro de los consejos municipales de desarrollo. Algunas causas que motivaron tales desviaciones son: 1) Cumplir con compromisos políticos 2) Apoyar proyectos que no cumplieran con criterios establecidos 3) Repartición equitativa de dinero por polo de desarrollo o comunidad, aunque no existiesen proyectos que justificaran el gasto o inversión.

Relación con asesores técnicos y pequeños productores: Nuestra relación con asesores técnicos, se limitó únicamente con los empleados de las presidencias que apoyan a la dirección de desarrollo rural. No obstante, la mayor parte de su tiempo se dedica a otras actividades. Para desarrollar nuestra estrategia con enfoque participativo en las tres presidencias municipales interesadas, se realizó con apoyo de asesores técnicos pagados por proyectos de investigación del Campo Experimental del INIFAP. El 50 % de su tiempo se empleaba en coordinar grupos de agricultores y el tiempo restante a proyectos de investigación de dicha institución.

Relación con organización de productores: En 2009 se presentaron en nuestra institución un grupo de productores representantes de la SPR Ojo Zarco, del municipio de Apaseo el Grande. Su visita fue para solicitar ayuda, debido a que su producción de maíz y frijol es baja (500 – 600 kg/ha maíz y 300 kg/ha en frijol) y continuamente pierden sus cosechas a causa de factores ambientales. Esta organización se constituye de 8 comunidades y 178 productores que se ubican en la micro región de Ixtla, al norte del municipio de Apaseo el Grande. Después de visitar a esta organización de productores, nuestras actividades se centraron con ellos, por el deseo y necesidad que tenían de mejorar su actividad productiva. La relación con productores de la SPR Ojo Zarco fue exitosa por actitud mostrada en mayoría de las actividades. Se realizaron 7 talleres de capacitación, se adiestraron en la experimentación campesina, y continuamos el seguimiento con el entendimiento y aplicación de los componentes tecnológicos labranza de conservación, nutrición orgánica de suelo, selección de semillas nativas, manejo ecológico de plagas y almacenamiento efectivo para la conservación de grano y semillas. Después del tercer año de relación se mejoró la producción de maíz – frijol. En 2012 la producción en algunas de las parcelas se incrementó a 4 ton/ha en maíz y 2.5 – 3 ton/ha en frijol. La transferencia de los componentes tecnológicos promovidos al resto de productores fue por imitación, ya que observaban los cambios realizados por estos productores y aplicaban estos cambios pero sin entender los procesos.

CONCLUSIONES

Los directivos de las presidencias municipales no conocen y no les interesa aplicar fundamentos de la ley de desarrollo rural sustentable.

La función de directivos a nivel de presidencias municipales es solo bajar recursos de la federación, para cubrir compromisos políticos y estar bien con la sociedad otorgando recursos, insumos y productos.

La experiencia obtenida en tres años de trabajo con pequeños productores del Sureste de Guanajuato, ayudará a mejorar y modificar esta metodología de investigación participativa. Con este tipo de productores se puede incidir en hacer eficiente su producción a través del mejoramiento de aspectos técnicos. Sin embargo, si el objetivo es lograr el desarrollo rural, es necesario también incidir en el mejoramiento de aspectos económicos, social y humano de las comunidades.

Es necesario entender que las demandas tecnológicas de los pequeños productores se enfocan más hacia el manejo eficiente de sus recursos (suelo, semillas criollas, rastrojos, ganado), y por lo tanto los programas de desarrollo tecnológico dirigidos hacia ellos deben considerar que se apropie de métodos y procedimientos que ayuden a elevar la eficiencia de sus procesos. Esto se traduce en desarrollar programas educativos.

Actividades que promuevan el desarrollo rural regional, no requiere de recursos económicos, es más importante el deseo y necesidad de la población para mejorar sus condiciones de producción y bienestar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Aguilar G. R., M. De L García L., O. Aguilar H., R. Paredes., J. A. Quijano C., J. A. Aguirre G., F Díaz E. y A. Arévalo V. 2005. Efecto de prácticas conservacionistas sobre la humedad disponible en el suelo y producción de maíz de temporal en Guanajuato. P. 245-270 *In* Sánchez-Brito, C. *et al.* (ed.) Avances de investigación en agricultura sostenible III: Bases técnicas para la construcción de indicadores biofísicos de sostenibilidad. INIFAP-CENAPROS, Morelia, Michoacán México.

Consejo Nacional de Población (CONAPO), 2002. La situación demográfica de México. Proyecciones de la población de México 2000 – 2030. CONAPO, México.

Diario Oficial de la Federación el 7 de Diciembre de 2001. Ley de Desarrollo Rural Sustentable, 2001. 56 PP.

SAGAR, 1999. Diagnóstico Socioeconómico Productivo y de Análisis Económico – Financiero de Proyectos Tipo. Región Sureste del estado de Guanajuato.

SAGARPA, 2002. Programa Especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable 2002 – 2006.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA PANDEMIA POR COVID-19 SOBRE OCHO COMUNIDADES AGRÍCOLAS DE YUCATÁN

Daniela Huda Tarhuni Navarro¹, Fernando Arellano Martín^{*2}, Rubén Darío Góngora Pérez², José Daniel Jiménez López³, José Malaquías May Balam⁴

¹Departamento de Extensión Académica, Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México; ²Campo Experimental Chetumal, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; ³Área de Vinculación Comunitaria y Licencia Social, Proyecto del Tren Maya, Fondo Nacional de Fomento al Turismo; ⁴Pronatura Península de Yucatán, A.C.

arellano.fernando@inifap.gob.mx

Palabras clave: Comunidades mayas, encuestas, economía familiar.

INTRODUCCIÓN

Se sabe muy poco sobre los impactos socioeconómicos de la pandemia por COVID-19 sobre comunidades rurales cuya economía se basa principalmente en actividades agropecuarias. Ello se debe a que el confinamiento impuesto por la pandemia obliga a que la evaluación de esos impactos se realice mediante encuestas aplicadas por teléfono o internet (Economic Commission for Latin America and the Caribbean, 2020). Estos servicios tienen un alcance limitado entre las comunidades rurales mexicanas, especialmente las más marginadas. El municipio de Tizimín, en Yucatán, está catalogado como una zona de marginación alta, en donde la economía depende principalmente de las actividades agropecuarias, por lo que es un sitio idóneo para evaluar cómo la pandemia ha afectado esas actividades en comunidades rurales.

OBJETIVO

Evaluar los impactos que la pandemia por COVID-19 ha tenido sobre las actividades productivas, la economía y el trabajo en ocho localidades rurales con una marginación media a muy alta en Tizimín, Yucatán.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en los ejidos Colonia Yucatán, Samaria, Cenote Azul, Benito Juárez, Francisco Villa, Manuel Cepeda Peraza, Tesoco Nuevo y El Limonar, en Tizimín, Yucatán. Todas esas localidades se componen principalmente de población indígena maya, basan su economía en las labores agropecuarias de subsistencia (milpa de roza-tumba-quema) y, generalmente, cultivan jardines domésticos (solares). Para conocer la percepción de los habitantes de las comunidades rurales en cuanto a la forma en que la pandemia ha afectado su economía por la reducción de ingresos, la pérdida del empleo, el incremento de precios, la escasez de insumos, la necesidad de posponer labores productivas, de recurrir a préstamos y trabajos adicionales, y la participación en programas sociales durante la contingencia sanitaria; se diseñó una encuesta integrada por 25 preguntas. La encuesta se aplicó mediante interacción directa, respetando las medidas de prevención ante la pandemia, a mayores de edad y siguiendo un muestreo por cuotas con base en el nivel educativo: para cada sexo debían aplicarse por lo menos 34 encuestas a personas sin estudios, de las cuales 10 hablasen exclusivamente maya; 110 encuestas se aplicarían a personas cuyo máximo grado de estudios fuera primaria, parcial o completa; 66 personas que hubieran estudiado hasta la secundaria también serían encuestadas; por último, 40 personas con estudios de bachillerato o superiores participarían en el proyecto. La distribución de esas cuotas se realizó en proporción con el tamaño poblacional en cada localidad. Conforme con ese esquema, la encuesta fue respondida por 266 mujeres y 258 hombres para un total de 524 encuestas que constituyen alrededor de 20 % de la población mayor de edad estimada en las localidades (2,400).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 88 % de los encuestados se identifica a sí mismo como total (77 %) o parcialmente (11 %) maya. Las principales ocupaciones de los encuestados fueron las labores del hogar (43 %), agricultura y/o ganadería (35 %) y empleado general (11 %). El 87 % de los entrevistados reportó una reducción en sus ingresos o los de alguno de los habitantes de su casa durante la pandemia, mientras que un 95 % de ellos refirió un incremento en el costo de los productos de la canasta básica. La proporción de los encuestados que reporta una reducción en sus ingresos es superior a la reportada en otro estudio que evaluó el impacto socioeconómico de la pandemia sobre comunidades rurales en Pakistán, donde el 60 % de los entrevistados mencionó tal reducción (Ali et al., 2020). Además, en un estudio realizado con mexicanos de clase media y media alta (Shamah Levy et al., 2020) se encontró que una menor proporción de los encuestados (60 %) reportó una reducción en sus ingresos en comparación con la proporción de los entrevistados en este estudio que sufrió el mismo fenómeno (87 %).

Un tercio (34 %) de los encuestados afirmó haber perdido su empleo, la mitad de ellos (54 %) dijo que un familiar con contribuciones a la economía del hogar perdió su trabajo y sólo el 35 % de ellos aseguró haber recibido su sueldo completo. La proporción de encuestados que menciona la pérdida de empleo de un contribuyente a la economía familiar (54 %) duplica la proporción de mexicanos de clase media y media alta que reportaron lo mismo (27 %; Shamah Levy et al., 2020). Por otra parte, la mitad de los participantes sostuvo que sus familias tuvieron que posponer sus ventas (51 %) o sus labores de producción agrícola o ganadera (56 %). Además, seis de cada 10 encuestados mencionaron escasez y aumento de precio en los insumos necesarios para la realización de sus labores. En consecuencia, el 43 % de los entrevistados reportó una disminución en sus ventas, la mitad (52 %) sostuvo que le fue necesario recurrir a préstamos, el 59 % comentó que ellos o alguien de su hogar tuvieron que realizar trabajos adicionales y cerca de ocho por cada diez (78 %) tuvo que usar más productos de su jardín doméstico para complementar los alimentos en su casa. El cultivo de jardines domésticos —llamados comúnmente «solares»— en los traspatios es una práctica cultural común entre los mayas de la península de Yucatán (Montagnini, 2006) y durante estos tiempos de pandemia pueden ser un sistema que propicie la seguridad alimentaria a la vez que brinde beneficios económicos, ambientales, recreativos y sobre la salud (Sofo & Sofo, 2020).

Únicamente cuatro de cada 10 encuestados mencionó que algún miembro de su hogar es beneficiado con algún programa social del Gobierno Federal. Las becas Benito Juárez y el Programa Sembrando Vida fueron los programas sociales con mayor número de beneficiarios en estas localidades: entre los que reciben programas sociales, el 29 % afirmó que algún miembro de su familia cuenta con beca, mientras que el 37 % comentó que alguien de su familia recibe Sembrando Vida.

CONCLUSIONES

El impacto socioeconómico de la pandemia es severo en las ocho localidades estudiadas y supera los impactos reportados para la clase media y media alta a nivel nacional. Se recomienda analizar la forma en que el cultivo de jardines domésticos contribuye a amortiguar los impactos de la pandemia sobre la economía, la seguridad alimentaria y el bienestar (salud mental) de los encuestados. Dado que los programas sociales implican aportes de efectivo, debe explorarse si los impactos económicos de la pandemia fueron más severos para aquellos que no participan en tales programas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los autores agradecen a las autoridades municipales y ejidales de Colonia Yucatán, Samaria, Cenote Azul, Benito Juárez (Rancho Grande), Francisco Villa, Manuel Cepeda Peraza, Tesoco Nuevo y El Limonar por permitir la realización de este estudio en sus localidades. Asimismo, los autores agradecen a las 524 personas que amablemente accedieron a responder la encuesta. La aplicación de las encuestas se realizó por Alejandro Adrian Balam May, Didier Gerardo May Balam y José Eduardo Estrella Canul, con participación de Haddla Marinneth Zapata Jiménez y Rosa Nely Mendoza López. Los encuestadores fueron coordinados por Emiliano Gaytan Martens. Finalmente, esta investigación fue realizada gracias a un financiamiento provisto por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología al proyecto no. 314496, titulado «Red horizontal del conocimiento para la recuperación económica ante el COVID-19 basada en la

producción agrícola sustentable en localidades mayas de Tizimín, Yucatán», dentro de la Convocatoria Redes Horizontales del Conocimiento 2020.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, A., Ahmed, M., & Hassan, N. (2020). Socioeconomic impact of COVID-19 pandemic: evidence from rural mountain community in Pakistan. *Journal of Public Affairs*, e2355.
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean. (2020). *Continuity of household surveys after the coronavirus disease (COVID-19) pandemic*.
- Montagnini, F. (2006). Homegardens of mesoamerica: biodiversity, food security, and nutrient management. In B. M. Kumar & P. K. R. Nair (Eds.), *Tropical Homegardens: a time-tested example of sustainable agroforestry* (pp. 61–84). Springer.
- Shamah Levy, T., Gómez Acosta, L. M., Mundo Rosas, V., Cuevas Nasu, L., Gaona Pineda, B., Ávila Rcos, M. A., Méndez Gómez Humarán, I., & Rivera Dommarco, J. A. (2020). *ENSARS-COV-2 Resultados de la evaluación basal de la encuesta nacional de las características de la población durante la pandemia de COVID-19*.
- Sofo, A., & Sofo, A. (2020). Converting home spaces into food gardens at the time of COVID-19 quarantine: all the benefits of plants in this difficult and unprecedented period. *Human Ecology*, 48, 131–139.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

VALIDACION DE LA VARIEDAD DE CEBADA *ESTELAR OH* EN EL ESTADO DE TLAXCALA

Israel Rojas Martínez^{1*}, Rogelio Fernández Sosa¹. Mauro Refugio Zamora Díaz² y Ramón Huerta Zurita³

¹SE Tlaxcala, ²CE Valle de México, ³CE Bajío CIRCE-INIFAP

rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Ambientes, comportamiento, rendimiento, calidad grano

INTRODUCCIÓN

La cebada es el cuarto cereal más cultivado a nivel mundial, después del maíz, trigo y arroz (FAO, 2018), En México los estados productores de cebada son Guanajuato, Hidalgo y Tlaxcala, con aportación en la producción de 40, 26 y 19%, respectivamente (SIAP, 2020). Los antecedentes en la tendencia de la producción del último medio siglo ha sido significativa y constante, no así los precios de compra/venta que siempre han sido rebatidos por el sector, basados en un escenario de precios internacionales superiores tanto de grano y malta importada en comparación a los costos de producción nacional (SIAVI, 2018). Anualmente se importa más de medio millón de toneladas de malta con un precio de venta según el país de procedencia que afecta la competitividad de los productores mexicanos de cebada por lo que estos buscan mejores opciones para diversificar sus fuentes de ingreso para una mejor estabilidad económica. (CCEDR, 2014), Por otro lado, existen nichos de mercado aún no explotados en México con productos de alto valor agregado para la inclusión de la cebada como materia prima para forraje y bebidas destiladas de whisky a nivel artesanal, estos productos son más competitivos en el proceso de compra-venta; lo cual deja un área de oportunidad, donde los cebaderos mexicanos podrían incursionar con la disponibilidad de variedades adecuadas de cebada para estos productos y con adaptabilidad en los ambientes con potencial de producción del cultivo. El presente trabajo tiene como objetivo validar el comportamiento agronómico de la variedad Estelar OH en dos ambientes de producción del estado de Tlaxcala.

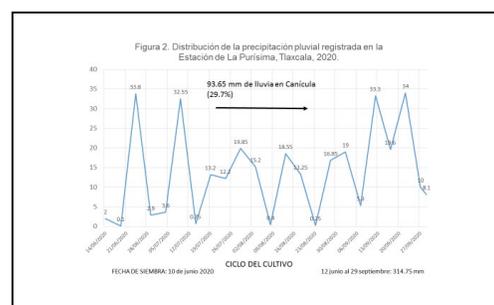
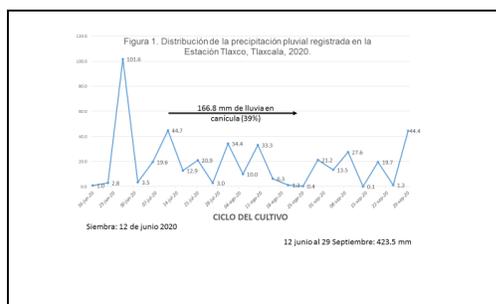
MATERIALES Y MÉTODOS

En el ciclo PV 2020 se establecieron dos parcelas en las localidades de La Magdalena Soltepec municipio de Tlaxco y La Colonia Agrícola San Luís municipio de Atlangatepec para la validación de la variedad Estelar OH y como testigos las variedades Maravilla y Esmeralda. La siembra se hizo con sembradoras de cereales de grano pequeño distribuyendo en franjas las variedades. Las fechas de siembra fueron el 10 y 12 de junio, respectivamente en una superficie por variedad de 0.3 hectáreas. El manejo agronómico fue el recomendado por el INIFAP según la región de producción. Las variables registradas se tomaron por variedad en cinco sitios de muestreo de 1.5 m² donde se midieron las siguientes características agronómicas Altura de planta en cm (AP), Longitud de espiga en cm (LE), Granos por espiga (GE), Espigas por metro cuadrado (EMC), Rendimiento de grano en kg ha⁻¹(REND), Peso de 100 semillas en g (PCS), Peso volumétrico en g/L (PV) y la reacción a enfermedades foliares.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones de lluvia durante el ciclo del cultivo en dos localidades de validación.

En la Figura 1 se indica el total de la precipitación que fue de 423.5 mm, de los cuales en el periodo de canícula se presentaron 166.8 mm que representan el 39% del total registrado de la siembra a madurez fisiológica de la cebada (12 de junio a 29 de septiembre). Se hace notar el descenso de la lluvia por tres semanas iniciando el 12 de agosto al 1° de septiembre que coincidió en etapas de espigamiento y llenado de grano. Se presentó la incidencia de la primera helada el día 6 de octubre con un registro de temperatura de 3°C bajo cero, sin tener daños por encontrarse en madurez fisiológica. En la Figura 2 se ilustra la distribución de la lluvia con un total de 314.75 mm, de los cuales en el periodo de canícula se presentaron 93.65 mm que representan el 29.7% del total registrado de la siembra a madurez fisiológica de la cebada (10 de junio a 29 de septiembre). Se tuvo un descenso de la lluvia durante el periodo de canícula del 14 de julio hasta la primera semana de septiembre que coincidió en etapas de amacolle, espigamiento y llenado de grano, afectando principalmente el potencial de amacolle. Se presentó la incidencia de la primera helada el día 6 de octubre con un registro de temperatura de 2°C bajo cero, sin tener daños en el cultivo por su nivel avanzado en madurez fisiológica. En la localidad de la Col. Agrícola Sanluis se tuvo mayor precipitación con 108.75 mm más que la presentada en la localidad de La M. Soltepec, donde en esta última localidad la canícula fue con menor incidencia de lluvia con 93.65 mm, lo cual se refleja en los rendimientos reportados.



En el Cuadro 1 se presentan las características agronómicas registradas de las variedades establecidas en la Colonia Agrícola Sanluis donde el mayor rendimiento se obtuvo con la variedad Esmeralda superando a las variedades Estelar OH y Maravilla con 378 y 616 kg/ha que equivalen a 8.3 y 14.3%, respectivamente. Con respecto al PV fue mayor en la variedad Estelar OH con 595.2 g/L el cual está correlacionado en forma positiva con PCS y negativo con EMC. La variedad maravilla tuvo mayor expresión de amacolle con un promedio de 575 EMC, lo cual potencia dicha variedad para la producción de forraje como lo reporta Zamora (2020). La variedad Estelar OH tolerancia a RLA, Ht y Rs y moderada susceptibilidad a Rh.

Cuadro 1. Comportamiento agronómico de las variedades de cebada en la Col. Agrícola Sanluis, Atlangatepec, Tlaxcala.

| Variedad | REND | AP | LE | GE | EMC | PCS | PV | RLA | Rh | Ht | Rs |
|------------|------|------|-------|------|-----|------|-------|-----|----|----|----|
| Estelar-OH | 4519 | 80.5 | 63.26 | 54.6 | 500 | 5.78 | 595.2 | T | MS | T | T |
| Maravilla | 4281 | 85.5 | 64.40 | 55.4 | 575 | 5.50 | 579.2 | T | MR | MR | MR |
| Esmeralda | 4897 | 80.0 | 57.75 | 58.0 | 557 | 5.43 | 577.2 | T | S | MR | MS |

Altura de planta en cm (AP), Días a espigamiento (DE), Días a madurez (DM), Longitud de espiga en cm (LE), Granos por espiga (GE), Espigas por metro cuadrado (EMC), Peso de 100 semillas en g (PCS), Peso volumétrico en g/L(PV) y Rendimiento de grano en t ha⁻¹(REND), RLA=Roya lineal o amarilla P striiformis, Rh=Roya de la hoja P hordei, Ht=Mancha Reticular Helminthosporium teres, Rs= Escaldadura Rhinchosporium secalis, T= tolerante, MR= moderadamente resistente, MS= moderadamente susceptible y S= Susceptible

En el Cuadro 2 se presentan las características agronómicas de las variedades en la parcela de validación donde la variedad Estelar OH supero en rendimiento a las variedades Esmeralda y Maravilla con 540 y 832 kg/ha que equivalen a 11.9 y 19.6%, respectivamente. En esta localidad dadas las condiciones de sequía presentadas durante la mayor parte del ciclo del cultivo (Figura 2) se puede señalar que Estelar OH tiene mejor comportamiento en ambientes críticos, en comparación con el comportamiento de Maravilla que se comporta mejor con ambientes más favorables. La variedad Estelar OH tolerancia a RLA, Ht y moderada susceptibilidad a Rh y Rs.

Cuadro 2. Comportamiento agronómico de las variedades de cebada en La M Soltepec, Tlaxco, Tlaxcala.

| Variedad | REND | AP | LE | GE | EMC | PCS | PV | RLA | Rh | Ht | Rs |
|------------|------|------|------|------|-----|------|-----|-----|----|----|----|
| Estelar-OH | 5064 | 70.0 | 53.1 | 46.5 | 550 | 5.74 | 576 | T | MS | T | MS |
| Maravilla | 4232 | 78.5 | 58.2 | 52.5 | 564 | 5.48 | 534 | T | MR | MR | MR |
| Esmeralda | 4524 | 68.0 | 56.4 | 55.5 | 519 | 5.38 | 554 | MS | S | MS | S |

Altura de planta en cm (AP), Días a espigamiento (DE), Días a madurez (DM), Longitud de espiga en cm (LE), Granos por espiga (GE), Espigas por metro cuadrado (EMC), Peso de 100 semillas en g (PCS), Peso volumétrico en g/L(PV) y Rendimiento de grano en t ha⁻¹(REND), RLA=Roya lineal o amarilla P striiformis, Rh=Roya de la hoja P hordei, Ht=Mancha Reticular Helminthosporium teres, Rs= Escaldadura Rhinchosporium secalis, T= tolerante, MS= moderadamente susceptible y S= Susceptible.

CONCLUSIONES

Las mejores condiciones de lluvia en el ciclo PV 2020 se presentaron en la Colonia Agrícola Sanluis, donde las variedades validadas presentaron un rendimiento promedio de 4,566 kg/ha asociados a mayores promedios de EMC con 544 y PV con 583.9 g/L. La variedad Estelar OH tuvo mejor rendimiento en La M. Soltepec lo cual indica que presenta mayor respuesta en rendimiento en ambientes de mediana productividad. La variedad Esmeralda presento en ambas localidades un promedio de rendimiento aceptable de 4.7 ton/ha. La variedad Estelar OH en ambas localidades presentó tolerancia a RLA, Ht y Rs y moderadamente susceptible a Rh.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fideicomiso: “Nuevos desarrollos tecnológicos para el cultivo y competitividad de la cebada en México”

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Centro de Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural (CCEDR). Validación de las nuevas tecnologías para la producción de malta para desarrollar una agroindustria a los productores de cebada del estado de México. Grupo Produce A.C., Gobierno del Estado de México, 2014
2. Food and Agricultural Organization (FAO) of The United Nations. Statistics Division. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/home/E> Consultada en septiembre 20, 2018.
3. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2020). Consultado 18-06-2021 en [http](http://).
4. Sistema de información arancelaria vía internet (SIAVI). 2018. Datos de importación de las fracciones arancelarias 10039001 (cebada grano) y 11071001 (malta sin tostar). Disponible en: <http://www.economia-snci.gob.mx/> Consultado el 20 de septiembre de 2018.
5. Zamora, D. M. R., Huerta, Z. R., Ávila, P. M. A., López, C. M. L. y Pérez R. J. A. 2020. MARAVILLA variedad de cebada forrajera adaptada a los valles altos de México. Folleto técnico No. 2. ISBN: 978-607-37-1187-6. CIRCE. Campo Experimental Valle de México. INIFAP.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS DEL SISTEMA APÍCOLA EN EL MUNICIPIO DE FELIPE CARRILLO PUERTO, QUINTANA ROO.

Gilbert José Herrera Cool*1, Francisco Montoya Reyes1, Edgar Enrique Sosa Rubio1, Rubén Darío Góngora Pérez1, José Eduardo Cabrera Torres1.

1Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Chetumal, Km 3.5 carretera Chetumal-Bacalar, Chetumal, Quintana Roo, México.

herrera.gilbert@inifap.gob.mx

Palabras clave: Apicultura, Desarrollo territorial, Innovación melífera.

INTRODUCCIÓN

Como parte de las estrategias del gobierno federal para contrarrestar la pobreza y desigualdad social de las comunidades rurales en México, en el año 2019 se presentaron los lineamientos para operar el Programa de Desarrollo Rural (PRODETER) de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, el cual estuvo integrado por los componentes: Desarrollo de Capacidades, Extensión y Asesoría Rural, Integración Económica de las Cadenas Productivas, Fortalecimiento de las Unidades de Producción Familiar (UPF) e Investigación y Transferencia de Tecnología. Para poder desarrollar todos estos componentes, fue necesario partir de un Diagnóstico Técnico-Productivo, el cual, fue realizado a través de encuestas socioeconómicas que permitieron conocer la situación inicial de los productores apícolas. Estudios previos señalan que el municipio de Felipe Carrillo Puerto, tiene a la producción de miel orgánica como uno de sus principales cadenas productivas, además, los productores presentan cierto nivel de organización, sin embargo, a pesar de tener un nivel de organización, la realización del diagnóstico socioeconómico permitió detectar algunos problemas que pueden ser fortalecidos para el buen desarrollo del sistema producto apícola.

MATERIALES Y METODOS

El área de estudio se localizó en el municipio de Felipe Carrillo Puerto en el estado de Quintana Roo, entre las coordenadas geográficas 19°59'48.06"-19° 57'11.28"N y 88°14'33.66"-88°11'16.01"O. Para identificar la principal problemática se realizaron al azar 22 entrevistas de un universo muestral de 161 UPF. Para la determinar el tamaño de la muestra se utilizó la fórmula sugerida por Snedecor y Cochran (1967). Para la recopilación de la información se utilizó una aplicación (app) para teléfono celular, la cual, fue desarrollada por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). La aplicación, presentó los siguientes apartados en forma de cuestionarios: datos del productor, unidad de producción, cultivo agrícola, caracterización de hortalizas, caracterización de frutales, actividad apícola, cuestionario pecuario, infraestructura, maquinaria y equipo, comercialización y Georreferenciación. Para el procesamiento cuantitativo y cualitativo se elaboró una base de datos con la información recopilada de las encuestas, esta fue analizada mediante estadística descriptiva que sirvió para identificar sus principales características de distribución de datos y su representación mediante cuadros y graficas de apoyo, todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico RStudio.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el municipio de Felipe Carrillo Puerto se lograron identificar 276 productores de 13 comunidades que participan en la producción apícola, estos productores forman un total de 161 UPF, la comunidad de Tepich fue la que mayor número de productores y UPF presentó, mientras que Cancupchen fue la que menor UPF presentó (Tabla 1).

Tabla1. Listado de comunidades, productores y unidades de producción familiar de los apicultores del municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo.

| Comunidad | Total de productores por comunidad | Unidades de Producción Familiar en la cadena apícola | Promedio de integrantes por UPF |
|------------------------|------------------------------------|--|---------------------------------|
| Cancepchen | 18 | 1 | 18 |
| San Felipe Berriozábal | 38 | 22 | 1.7 |
| San Francisco Aké | 14 | 14 | 1 |
| San José Segundo | 21 | 21 | 1 |
| San Ramón | 35 | 7 | 5 |
| Santa Rosa Segundo | 34 | 34 | 1 |
| Tepich | 63 | 41 | 1.5 |
| Tihosuco | 30 | 4 | 7.5 |
| Tuzik | 22 | 17 | 1.3 |
| Total | 276 | 161 | |

De las características sociales, aproximadamente el 50% de los productores tienen edades que van desde los 20 hasta los 50 años y el otro 50% presentan edades mayores a 50 años, la totalidad de ellos son de etnia maya, hablan español y tienen como segunda lengua al maya. En cuanto al nivel de estudios, únicamente el 20% cuenta con prepa o bachillerato y más del 60% saben leer (Figura 1). Camacho *et al.* (2017) menciona que la educación es una variable de intermediación que no necesariamente está asociada de manera directa con la producción, sino que influye sobre otras variables como ingreso, nivel de vida o capacidad de inversión, que a su vez influirían sobre el rendimiento de su producto. Bragulat *et al.* (2018) explican que en nivel de educación que se logra alcanzar en las unidades de producción familiar depende del tipo y características de la familia, el tipo de relaciones familiares, el modo de enfrentar los problemas, las dificultades de comunicación intrafamiliar y los limitados recursos familiares para afrontar situaciones problemáticas. Esto nos lleva a concluir la importancia que tiene la educación para que las UPF puedan consolidarse y lograr despegar como microempresa.

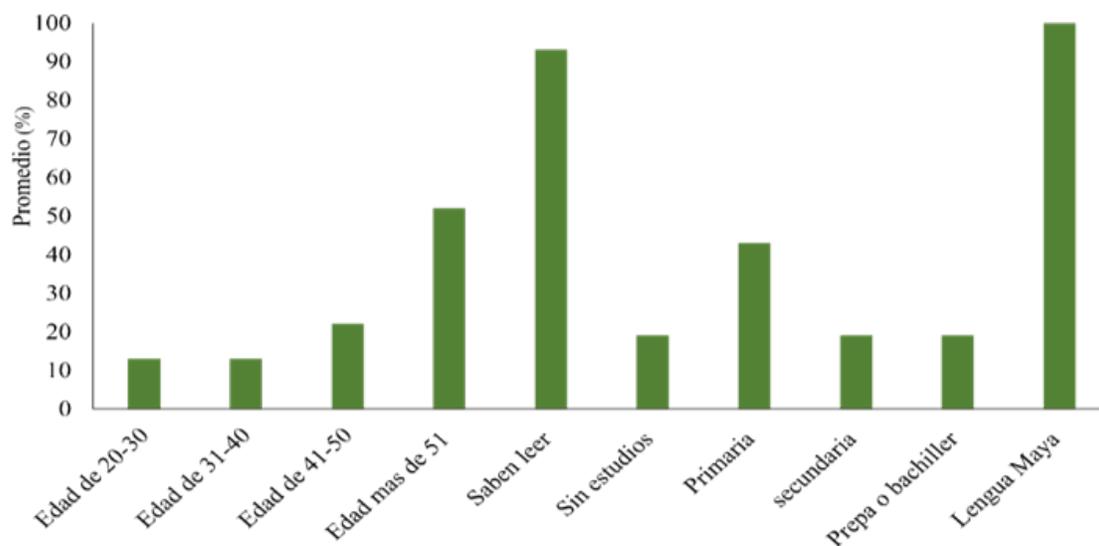


Figura 1. Características sociales de las UPF de los productores apícolas del municipio de Felipe Carrillo Puerto.

En cuanto a las capacidades económicas de los productores, el 100% de los encuestados cuenta con cocina, baño, drenaje, servicio de agua potable y electricidad. Solo el 80% y el 60% cuentan con piso y techo de cemento respectivamente, el 70% cuenta con vivienda de block (Figura 2), a pesar de que la mayoría de los encuestados tienen un alojamiento digno, no todos presentan servicios de teléfono e internet, cabe mencionar que actualmente son servicios necesarios sobre todo en un mundo en el que la comunicación clave para la venta de sus productos.

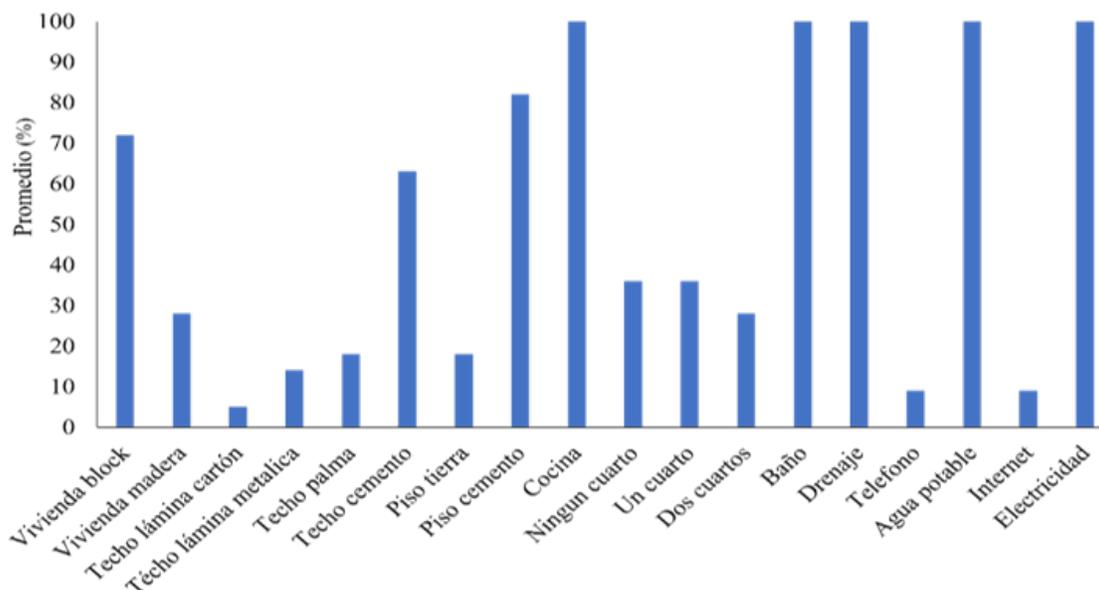


Figura 2. Características económicas de las UPF de apicultores del municipio de Felipe Carrillo Puerto.

Para que pueda haber un crecimiento económico y los integrantes de las UPF puedan tener una vivienda digna, es necesario impulsar el conocimiento mercadológico, Cituk *et al.* (2018) mencionan que los pequeños productores del municipio de Felipe Carrillo Puerto, Quintana Roo carecen de conocimientos de los aspectos básicos de la mercadotecnia, lo que ha repercutido en la poca comercialización de sus mercancías más allá del mercado local, incluso ocasionando pérdidas cuantiosas, porque este mercado no tiene la capacidad de absorber la producción local. Por otro lado, los niveles de educación en las comunidades dependen tanto de los factores de oferta como de demanda. Por lo tanto, restringir las inversiones rurales significa construir menos escuelas (Timmer, 2002).

CONCLUSIONES

Si bien, los productores apícolas tienen un sistema desarrollado obtenido a través generaciones, la pérdida de los apiarios por migración de las colonias, la falta de capacitación en el buen uso y manejo de las colmenas, malas prácticas de alimentación y poca tecnología hacen difícil el desarrollo socioeconómico de los mismos. Por otro lado, la educación y la migración de los jóvenes en busca de nuevas oportunidades, hacen que el futuro de la apicultura en esta región, tenga el riesgo de no desarrollarse como gran industria.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

A la Secretaría de Desarrollo Rural y Pesca (SEDARPE) Quintana Roo y al Programa de Desarrollo Rural 2019 por el financiamiento otorgado a través del Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Bragulat T, Angón E, García A, Giorgis A, Barba C, Perea J. (2018) Influencia de la capacidad gerencial del apicultor en la viabilidad de unidades de producción apícola en la Pampa Argentina. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 9(1), 32-47.

2. Camacho-Vera JH, Cervantes-Escoto F, Palacios-Rangél MI, Rosales-Noriega F, Vargas-Canales JM. (2017) Factores determinantes del rendimiento en unidades de producción de lechería familiar. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(1), 23-29.
3. Cituk AP, Álvarez, JCT, Suaste MEC. (2018) *Mercadotecnia aplicada a productos agrícolas. Mercadotecnia en las pymes casos y aplicaciones*, 136p.
4. Snedecor GW, Cochran WG. (1967) *Statistical methods* Iowa state university press.
5. Timmer CP. (2002). *Agriculture and economic development. Handbook of agricultural economics*, 2, 1487-1546.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

CARACTERIZACIÓN DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN CITRÍCOLAS DE GÜÉMEZ E HIDALGO, TAMAULIPAS

Manuel de la Garza Caballero^{1*}

¹CE Río Bravo, CIRNE-INIFAP

delagarza.manuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Cítricos, Diagnóstico, PRODETER.

INTRODUCCIÓN

Tamaulipas cuenta con una superficie agrícola de 1,525,263 ha de las cuales 551,762 se manejan bajo condiciones de riego y 973,501 ha de temporal, con 94,907 productores agrícolas. El cultivo de cítricos es de gran importancia agrícola y económica debido a las divisas y empleos que genera; actualmente se tienen establecidas 43,292 ha, de las cuales 33,201 ha corresponden a naranja, 7,895 ha a limón y 2,196 ha a toronja. La producción anual es de 387,045 t de naranja, 18,780 t de limón y 24,372 t de toronja, con un rendimiento promedio de 16.5, 11.8 y 18.1 t ha⁻¹, respectivamente (SIAP, 2019). En Tamaulipas se tiene un registro de 8,924 productores de cítricos, de los cuales 7,213 manejan sus huertas bajo condiciones de riego y 1,711 de temporal. En el Distrito de Desarrollo Rural No. 159 Victoria, se tienen identificadas nueve localidades de alta marginación en los municipios de Hidalgo y Güémez, Tamaulipas, consideradas en los lineamientos del Programa de Desarrollo Rural de la SADER, en los cuales se contempla el apoyo para incrementar la rentabilidad y la sustentabilidad de las Unidades de Producción Familiar (UPF). Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue analizar las principales características del sistema de producción citrícola, con énfasis en el perfil técnico-productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en siete localidades del municipio de Güémez (paralelos 24° 06' y 23° 41' de latitud norte y los meridianos 99° 30' y 98° 45' de longitud oeste) y dos localidades del municipio Hidalgo (24° 24' y 23° 56' latitud norte y los meridianos 99° 40' y 99° 02' longitud oeste), del Estado de Tamaulipas, México. Para el diagnóstico de las UPF, se formuló un cuestionario intitulado "Desarrollo Rural", estructurado por el INIFAP, en el que se incluyeron variables cuantitativas y cualitativas de aspectos de identificación del productor y caracterización técnica-productiva. El cuestionario se aplicó mediante entrevistas a los productores en visitas directas a las UPF. La selección de las UPF se realizó por muestreo no probabilístico con base a la lista de integrantes del PRODETER. El tamaño de muestra se determinó mediante la técnica de Rojas (1979), dando un total de 53 UPF. Los recorridos de campo se realizaron durante los meses de enero a marzo del 2020. La información recabada se analizó mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar, mínimo y máximo) con el programa Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 55 % de los productores tiene una edad entre 61 a 89 años, el 41 % de 40 a 60 años y el 4 % menos de 40 años; por lo anterior, la mayoría de los citricultores pertenecen a la tercera edad. De éstos, el 36 % no terminó la primaria, el otro 36 % tiene secundaria, el 15 % bachillerato y el 13 % licenciatura. El 100 % de los productores pertenecen al sector ejidal, de ellos el 43 % tienen más de 20 años como citricultor, el 36 % tiene de 10 a 20 años y el 21 % menos de 10 años. La mayoría de las explotaciones presentan una superficie citrícola menor a 5 ha (70%), mientras que el 21 % tiene de 5 a 7 ha y el 9 % más de 5 ha. (Cuadro 1). Cabe señalar que el 67 % de las huertas tienen más de 30 años de establecidas. El inventario de especies y variedades fue de 89 % para Naranja Valencia, 4 % Naranja Marrs, 4 % Limón Italiano, 2 % Naranja Navel y 1 % a otras especies como Toronja, Limón Persa, etc, las cuales en su mayoría están plantadas a una distancia de 8 x 8 m (64.0%), lo cual coincide con lo reportado por Medina y Padrón (2009) para regiones subtropicales, donde la distancia puede variar desde rangos tan amplios de 8 x 8 m (156 árboles ha⁻¹), como en Florida. Asimismo, existen diferentes opciones de plantación, dependiendo de la región y clima, topografía, cultivar y portainjerto. En este estudio se observó que la mayoría de los productores tienen sembrada la variedad de naranja Valencia, ya que es un árbol de porte vigoroso, con hábito de crecimiento erecto, grande y productivo; además, es el cultivar de mayor importancia en el mundo. Se puede cosechar desde febrero hasta abril, aunque puede permanecer en el árbol hasta junio si hay disponibilidad de agua; el contenido de jugo es alto y de sabor excelente (Padrón y Rocha, 2009).

Cuadro 1. Caracterización de las UPF cítricos en Güémez e Hidalgo, Tamaulipas.

| Variab les | Parámetro | Porcentaje (%) |
|-----------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Edad (años) | < 40 | 4.0 |
| | 40 a 60 | 41.0 |
| | 61 a 89 | 55.0 |
| Escolaridad | Primaria incompleta | 36.0 |
| | Secundaria | 36.0 |
| | Bachillerato | 15.0 |
| | Licenciatura | 13.0 |
| Tenencia del terreno | Privada | 0.0 |
| | Ejidal | 100.0 |
| Superficie (ha) | < 5 | 70.0 |
| | 5 a 7 | 21.0 |
| | > 7 | 9.0 |
| Especies y variedades | Naranja Valencia | 89.0 |
| | Naranja Marrs | 4.0 |
| | Limón Italiano | 4.0 |
| | Naranja Navel | 2.0 |
| | Otras especies | 1.0 |
| Sistema de plantación (m) | 8 x 8 | 64.0 |
| | 8 x 4 | 12.0 |
| | 8 x 7 | 8.0 |
| | 7 x 7 | 8.0 |
| | 7 x 5 | 4.0 |
| | 7 x 4 | 4.0 |
| Fertilizantes (kg) | 0.5 | 4.0 |
| | 1.0 | 53.0 |
| | 1.5 | 16.0 |
| | 2.0 | 21.0 |
| | 3.0 | 4.0 |
| | 4.0 | 2.0 |
| Prácticas de manejo | Un rastreo | 24.0 |
| | Dos rastreos | 34.0 |
| | Tres rastreos | 21.0 |
| | Cuatro rastreos | 21.0 |
| Condición de humedad | Riego | 79.0 |
| | Temporal | 21.0 |
| Sistemas de riego | Rodado | 63.0 |
| | Microaspersión | 21.0 |
| | Rodado + presurizado | 9.0 |
| | Goteo | 7.0 |
| Plagas y enfermedades | Negrilla | 46.0 |
| | Mosca Mexicana | 31.0 |
| | Huanglongbing | 15.0 |
| | Chivas y Chapulines | 8.0 |
| Rendimiento (t ha ⁻¹) | < 5.0 | 14.0 |
| | 5.0 a 10.0 | 25.0 |
| | 11.0 a 15.0 | 37.0 |
| | 16.0 a 25.0 | 20.0 |
| | 26.0 a 28.0 | 4.0 |
| Precio de venta (\$) | < 1,000.00 | 12.0 |
| | 1,000.00 a 1,500.00 | 76.0 |
| | 1,550.00 a 2,000.00 | 12.0 |

El 100 % de los productores no realiza análisis de suelo y el 92 % fertiliza principalmente con sulfato de amonio y urea, a una dosis de 1.0 kg ha (53.0 %) y 2.0 kg ha (21.0 %). En el manejo de la huerta, el 34 % de los productores realiza dos rastreos al año, el 24 % un rastreo, el 21 % tres rastreos y el 21 % cuatro rastreos (Cuadro 1). El 79 % de las huertas con cítricos se manejan bajo condiciones de riego y el 21 % de temporal. El 63 % de los productores utilizan riego rodado, el 21 % microaspersión, el 9 % riego rodado y presurizado y el 7 % riego por goteo, siendo estos últimos sistemas los que ofrecen como ventaja la regulación de los volúmenes de agua aplicada, lo cual conduce a una mayor eficiencia en su uso. Además, ofrecen la alternativa de emplear el sistema de riego para aplicar los fertilizantes químicos mediante la técnica de la fertirrigación (De la Fuente, 2009). Las principales plagas y enfermedades que se presentan en los cítricos son: Negrilla (46 %), Mosca mexicana de la fruta (31 %), Huanglongbing (15 %) y 8.0 % Chivas y Chapulines. La cosecha se realiza en forma manual y la producción se vende a intermediarios. El 37 % de los productores obtuvieron un rendimiento de 10.5 a 15.0 t ha⁻¹, el 25 % de 5.0 a 10.0 t ha⁻¹, el 20 % de 16.0 a 25.0 t ha⁻¹, el 14 % menor a 5.0 t ha⁻¹ y el 4 % de 26.0 a 28 t ha⁻¹. El 76% de los productores vendió su producto a un precio de \$1,000 a \$1,500 t, el 12 % a menos de \$1,000 t y el 12 % entre \$1,500 y \$2,000 t. Los problemas que sobresalen en la comercialización son el bajo precio de venta y el intermediarismo.

CONCLUSIONES

Los productores de cítricos son personas de edad avanzada, con una escolaridad de al menos 9 años, con más de 20 años en la actividad en terrenos ejidales, en su mayoría establecidas con naranja valencia y con una superficie menor a 5 ha, las cuales se manejan principalmente bajo condiciones de riego y escasa fertilización. Además, se observó un complejo de plagas y enfermedades que afectan a los cítricos, como Mosca mexicana de la fruta, Negrilla y Huanglongbing o Dragón amarillo. La comercialización se realiza a través de intermediarios, con una gran variación en los precios de venta.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

C. Rafael Reyna Ibarra, presidente e integrantes del Grupo de productores PRODETER “Productores de Güémez e Hidalgo” y al Gobierno del Estado de Tamaulipas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. De la Fuente S.H. 2009. Nutrición y fertilización en cítricos. pp. 90-118. En: Rocha P.M.A., y Padrón C.J.E. (eds.). El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.
2. Martínez M.J. y Padrón C.J.E. 2009. Establecimiento de la huerta. pp. 27-55. En: Rocha P.M.A., y Padrón C.J.E. (eds.). El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.
3. Padrón C. J.E. y Rocha P.M.A. 2009. Cultivares y portainjertos cítricos. pp. 56-89. En: Rocha P.M.A., y Padrón C.J.E. (eds.). El cultivo de los cítricos en el estado de Nuevo León. Libro Científico No. 1. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. CIRNE. Campo Experimental General Terán. México.
4. Rojas, S. R. 1979. Guía para realizar investigaciones sociales. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 271 p.
5. SIAP, Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. 2019. <https://www.gob.mx/siap/documentos>. (Cons. 09/2019).

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

PRODUCCIÓN DE MAÍZ (*ZEA MAYS*) NATIVO EN HUAMANTLA TLAXCALA

Alma Velia Ayala-Garay^{1*}, Enrique González González², Bertha Sofía Larqué Saavedra¹, Guillermina Martínez Trejo¹ Ana Lid del Ángel Pérez³,

¹INIFAP. Campo Experimental Valle de México. km 18.5 de la carretera los Reyes-Lechería, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250.

²INIFAP. Campo Experimental Bajío, Carretera Celaya-San Miguel de Allende km 6.5, Celaya, Guanajuato, 38010, México

³INIFAP. Campo Experimental Cotaxtla, km. 34 carretera Veracruz-Córdoba. Apartado Postal 429, C.P. 91700, Veracruz, México.

ayala.alma@inifap.gob.mx

INTRODUCCIÓN

Tlaxcala es uno de los estados que mayor porcentaje de su superficie destina a la agricultura en México, 76 % del total de su territorio y, se caracteriza por ser la entidad más pequeña en extensión territorial del país (INEGI, 2017). Los principales granos que se producen en Tlaxcala son: maíz grano (*Zea mays*), cebada grano (*Hordeum vulgare*) y trigo (*Triticum*), lo que representan el 68% del valor de la producción agrícola estatal (SIAP, 2020). La producción de maíz en el estado de Tlaxcala durante 2008-2017, fue en promedio de 314,852 t lo que ha representado un aporte a la producción nacional de 1.3 %. Con rendimientos promedio de 2.72 t ha⁻¹, por abajo del promedio nacional de 3.34 t ha⁻¹. El valor de la producción ha representado para el estado el 49 % (SIAP, 2020). Una forma de aprovechar el valor agregado natural del maíz grano cultivado en Tlaxcala es impulsar los maíces criollos o nativos; de acuerdo a Lazos (2014), se han encontrado hasta 10 tipos de maíces criollos o nativos en regiones de Tlaxcala, siendo 1) maíz morado; 2) maíz azul de hoja crema; 3) maíz azul de hoja morada; 4) maíz amarillo; 5) cacahuacintle de hoja crema; 6) cacahuacintle de hoja morada; 7) maíz trigueño; 8) maíz xocoyul; 9) maíz ancho; y 10) maíz blanco nativo. El objetivo es conocer las condiciones de producción de maíz criollo en el estado de Tlaxcala y su rentabilidad, para contribuir con propuestas de mejora en beneficio de los actores que participan en la producción y comercialización de este grano.

Palabras clave: Producción, costos de producción, rentabilidad

MATERIALES Y MÉTODOS

Se hizo muestreo probabilístico aleatorio, tomando como población el padrón de productores beneficiados con el programa de gobierno PROAGRO Productivo en 2018. El tamaño de muestra resultante fue de 65 productores, los cuales fueron encuestados durante septiembre de 2019 a marzo de 2020. Como instrumento de captación de la información, se elaboró una encuesta para los productores y se hicieron entrevistas semiestructuradas para los informantes claves, conformados por investigadores de maíz grano del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), extensionistas y técnicos de la SEDAGRO (Secretaría de Desarrollo Agropecuario). El instrumento de trabajo para productores tiene los siguientes apartados: características del productor, unidad de producción, manejo agronómico, proceso de producción y conocimiento de paquetes tecnológicos, productividad, costos de producción, comercialización, organización de productores, acceso a seguros y financiamiento, acceso a asesoría técnica, apoyos gubernamentales y problemática principal del cultivo. Los instrumentos de trabajo

para informantes clave permitieron conocer el entorno durante todo el proceso de producción y comercialización. Se hizo una estimación del cálculo de la rentabilidad correspondiente al ciclo primavera-verano 2019, la cual fue calculada estimando el costo total de producción y el ingreso total de los cultivos. Los costos fueron divididos en dos partes: directos e indirectos. Dentro de los directos se incluyeron insumos y medios de producción (semilla, fertilizantes, renta de maquinaria, mano de obra y el costo de oportunidad de la inversión) (Ayala *et al.*, 2013). En los indirectos se incluyó el costo anualizado del mantenimiento de la inversión en capital (maquinaria, renta de la tierra y gastos generales). Respecto a los precios inherentes a los insumos y actividades de producción: semilla, productos agroquímicos (fertilizantes e insecticidas), renta de la tierra, jornales, abono y renta de maquinaria para calcular la rentabilidad, se emplearon los precios comerciales pagados en 2019 en las zonas de producción, además del precio medio rural reportado por la SADER y el rendimiento por hectárea proporcionado por los productores para el mismo año.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los productores cuentan en promedio con una edad de 55 años, su escolaridad es 5 años, se caracterizan por tener 3.2 hectáreas y la tenencia de la tierra es ejidal. De acuerdo a Lazos (2014), los pequeños productores en Tlaxcala destinan en promedio 5.2 hectáreas al cultivo del maíz. Esto fluctúa anualmente, dependiendo de los resultados de la cosecha anterior y de la capacidad laboral de cada familia. El número de integrantes promedio de las familias es de cinco, 46% de los hogares tienen entre uno y cuatro integrantes y el otro 54% tienen de cinco a ocho. El 88% de los productores encuestados fueron hombres. La totalidad de los entrevistados se dedican a la agricultura, un 60 % de los productores declaró que realiza otra actividad para obtener ingresos, destacando la comercialización de especies pecuarias pequeñas como cerdos o borregos, y 44% aseguró realizar trabajo extra como jornalero o empleado, con pagos que van desde los \$150.00 a \$200.00 por día.

Respecto a capacitación, solo el 24% de los productores asisten a eventos de capacitación y divulgación de tecnologías de producción para el maíz nativo en la región, los cuales son organizados por el Comisariado Ejidal del ejido San Luis Huamantla.

Los productores siembran maíz bajo condiciones de temporal, la preparación del terreno es mecanizada al igual que la cosecha. Se hace uso de insumos como fertilizantes, herbicidas y plaguicidas, sin embargo, su aplicación es con base en su experiencia, o por las indicaciones técnicas que le proporciona el técnico-vendedor de la casa comercial de insumos de la región. De acuerdo a Damián-Huato y Ramírez-Valverde (2008), el uso adecuado de la tecnología se traduce en mayores rendimientos por hectárea, sin embargo, un problema de la producción de maíz es que depende de las condiciones climáticas.

Cuando el productor cosecha, almacena en algún espacio de su casa, sin condiciones adecuadas para guardar el grano; por lo que queda susceptible a ser invadido por plagas, dañando el grano y su calidad. También, se encontró que los productores adolecen de conocimientos técnicos para la conservación de la semilla de un ciclo agrícola a otro para su cultivo, lo que deriva en un germinado irregular en su parcela, quedando zonas sin plantas en detrimento de la productividad.

Los costos de producción del cultivo de maíz nativo en Huamantla, Tlaxcala, se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Costos de producción de maíz, en Huamantla Tlaxcala, precios de 2019.

| Actividad | Maíz – Huamantla |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Preparación del terreno (\$) | 3,950 |
| Labores agrícolas con trilla (\$) | 4,235 |
| Insumos (\$) | 4,614 |
| Costo total (\$/ha) | 12,800 |
| Ingreso por ha (\$) | 11,250 |
| Utilidad por ha | 1,550 |
| Rendimiento (t ha ⁻¹) | 2.5 |
| Precio (\$/t) | 4,500 |
| Costo (\$/t) | 5,120 |
| Utilidad por t (\$/t) | -620 |
| B/C | 0.88 |

Fuente: Elaboración propia con información de campo, durante septiembre-diciembre 2019.

La relación beneficio/costo B/C fue 0.88 lo que significa que por cada peso invertido se está perdiendo 22 centavos; por lo que la actividad de cultivar maíz nativo, no es rentable para el productor de Tlaxcala. Sin embargo, a pesar de la baja rentabilidad del cultivo, los productores siguen sembrando maíz derivado de sus usos y costumbres, ya que además de ser un alimento básico, el 60% de la producción es destinada para autoconsumo.

Los productores mencionaron que en promedio se obtienen 2.5 t ha⁻¹, que se encuentra entre el promedio estatal de 2.72 t ha⁻¹ y el nacional de 3.34 t ha⁻¹ (SIAP, 2020), lo que repercute directamente en la productividad del cultivo y por ende en la rentabilidad. De acuerdo a Ayala *et al* (2013) es indispensable que los productores reduzcan sus costos por tonelada; esto puede ser alcanzado con un mejor uso de la tecnología que permita incrementar los rendimientos.

CONCLUSIONES

Se detectó un desconocimiento de los paquetes tecnológicos adecuados para cultivar maíz nativo en el estado de Tlaxcala, lo que trae como consecuencia el aplicar dosis incorrectas de insumos, como semilla o fertilizante, aumento de los costos de producción y deterioro de la rentabilidad de los cultivos, sin embargo, se trata de maíz que se destina para autoconsumo.

El cultivo del maíz presentó un B/C con pérdidas para el productor; por lo que se debe diseñar una estrategia que contribuya a la divulgación de los paquetes tecnológicos aptos para cada región maicera nativa y se incrementen los rendimientos por hectárea, tratando de conservar tradiciones y técnicas en la

producción de maíz nativo, considerando un mejor control de costos de producción, incremento en rendimientos y favorecer la rentabilidad del productor

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Caracterización de actores, segmentos y necesidades tecnológicas de maíz, trigo y cebada en el estado de Tlaxcala, México” y forman parte de la tesis de maestría del primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ayala-Garay, Alma V., Schwentesius-Rindermann, Rita, de la O-Olán, Micaela, Preciado-Rangel, Pablo, Almaguer-Vargas, Gustavo, & Rivas-Valencia, Patricia. (2013). Análisis de rentabilidad de la producción de maíz en la región de Tulancingo, Hidalgo, México. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 381-395.
2. Damián Huato, M. Á. & Ramírez Valverde, B. (2008). Dependencia científica y tecnologías campesinas. El caso de los productores de maíz del estado de Tlaxcala. *Economía y Sociedad*. 14 (21), 59-76.
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2017. Anuario estadístico y geográfico de Tlaxcala 2017. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Ags. 580 p.
4. Lazos Chavero, E. 2014. Consideraciones socioeconómicas y culturales en la controvertida introducción del maíz transgénico: el caso de Tlaxcala. *Sociológica (México)*. 29 (83): 201-240.
5. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. http://nube.siap.gob.mx/cierre_agricola (Consulta: agosto 2020).

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

MADURACIÓN DE UNA RED DE ARTICULACIÓN PARA LA TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA EN LOS TUXTLAS, VERACRUZ, MÉXICO

Alejandro Ayala Sánchez^{*1}, Andrés Zambada Martínez^{†2} y Laura Elena Irene de Jesús Sedas Larios³
¹C.E. Zacatepec, CIRPAS-INIFAP; ²Ex Investigador del INIFAP; ³I.T.S. San Andrés Tuxtla
ayala.alejandro@inifap.gob.mx

Palabras clave: redes sociales, MIAF, instituciones y organizaciones.

INTRODUCCIÓN

En Los Tuxtlas, el sistema Milpa Intercalada a Árboles Frutales (MIAF) mejora la agricultura de ladera aumentando la productividad del suelo y la conservación de los recursos naturales. Los productores con MIAF aumentan sus rendimientos de maíz y frijol y obtienen cosechas de limón y mango, entre otros. La transferencia tecnológica para el MIAF ha tenido regular éxito, pero la complejidad de este sistema requiere estrategias más participativas y de alta relación interinstitucional, lo que se reconoce escaso. En este trabajo se evaluó la maduración de una Red de Articulación Institucional y Organizacional (RAIO), a través de la identificación de actores y la determinación de sus niveles de relación en la colaboración, cooperación y asociación que dinamizan la transferencia de tecnología para el MIAF.

MATERIALES Y MÉTODOS

La RAIO consideró dos etapas: “antes de la propuesta” (julio de 2010 a febrero de 2011), y “con la propuesta” (octubre de 2011 a junio 2012). Participaron la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA); Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural y Pesca (SEDARPA); Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL); Fomento Agropecuario de San Andrés Tuxtla (FOM. AGROP. SAT); Fomento Agropecuario de Santiago Tuxtla (FOM. AGROP. ST); Fomento Agropecuario de Catemaco (FOM. AGROP. CAT); Comisión para el Desarrollo de Pueblos Indígenas (CDI); Instituto Tecnológico Superior de San Andrés Tuxtla (ITSSAT); Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca (ITSTBca); Productores Conservacionistas Agrofrutícolas y Forestales de Los Tuxtlas, S.C. de R.L. (PROCAFORT); Integradora Nuestra Señora Guadalupe, S.P.R. (INSG); Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Comisión Nacional Forestal (CONAFOR); Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas (RBLT); Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas de la UNAM (EBTUNAM); Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP); Financiera Rural (FIN RURAL); Procuraduría Agraria (PROC AGRARIA); Comisión Federal de Electricidad (CFE); y, Comisión Municipal Agua y Saneamiento (CMAS).

La primera etapa se convocó a 20 instituciones y organizaciones para presentarles la propuesta de intervención mayor e invitarlos a integrar la RAIO. Se planteó como problema central la baja adopción de tecnológica para mejorar el MIAF; se hizo un recorrido de campo; se entrevistó y entregó una matriz de doble entrada a los actores para identificar niveles de relación existentes “antes de la propuesta” (Cuadro 1), cuyas respuestas se graficaron en redes con el programa UCINET 6.028 y el software NETDRAW 1.48; finalmente, se les presentaron los resultados.

Cuadro 1. Niveles de relación ascendentes para trabajar en redes y valores implicados.

| | |
|----------|--|
| RECONOCE | Implica aceptación y buena opinión del otro. Conozco a ..., ...destinado a reconocer que el otro existe..., (Aceptación) |
| CONOCE | Implica constatar lo que un actor dice que el otro hace contra lo que el otro dice que hace. Sé lo que hace ..., ...conocimiento de lo que es o hace el otro..., (Interés) |
| COLABORA | Establecimiento de vínculos coyunturales y/o puntuales limitados a un período de tiempo. Trabajo a veces con..., ...presta ayuda esporádica..., (Reciprocidad) |
| COOPERA | Implica establecer vínculos en proyectos o acciones, con duración determinada, con aportación de recursos que provienen de ambas partes. Lo hago junto con ..., ...compartir actividades y recursos..., (Solidaridad) |
| ASOCIA | Implica sumar recursos en proyectos de largo alcance, dado que se comparten visiones de lo que debería ser el accionar en el sector. Junto recursos con ..., ...compartir objetivos, proyectos, estrategias..., (Confianza y Compromiso) |

Fuente: tomado de Rovere (1999).

En la segunda etapa, “con la propuesta”, a los actores se les presentó la segunda matriz relacional y los gráficos de redes con los vínculos generados, además se estimaron indicadores cuantitativos de redes: porcentaje de densidad, centralización y cercanía.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 1 muestra las redes para cinco niveles de relación “antes de la propuesta” y “con la propuesta”; los círculos muestran a los actores de la primera reunión formal; los cuadros actores con mayor participación y los rombos a los incorporados hasta la segunda reunión formal.

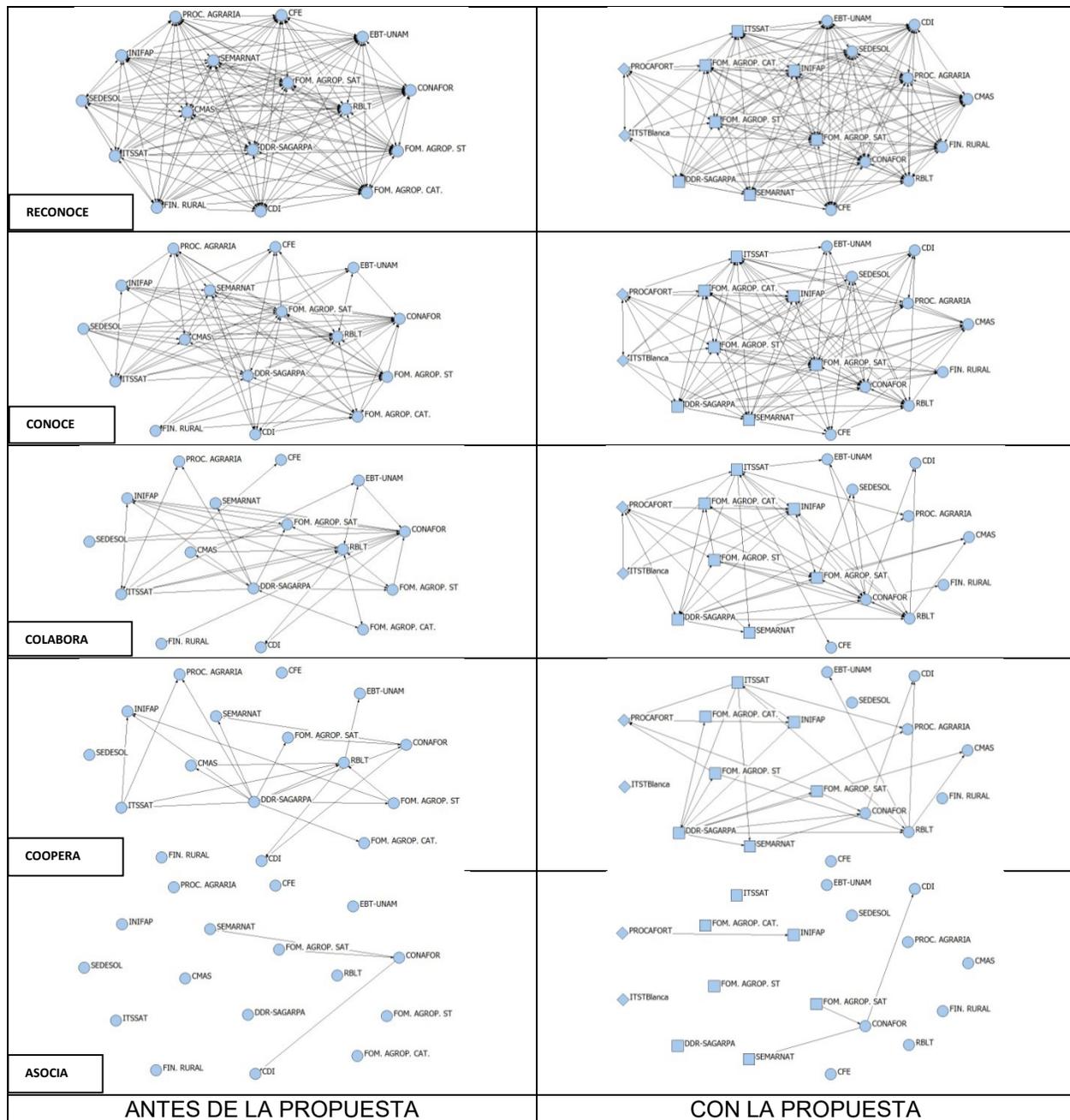


Figura 1. Niveles de relación “antes de la propuesta” y “con la propuesta”, en Los Tuxtlas.

El Cuadro 2 explica la evolución de la RAIO. El indicador de densidad “antes” y “con la propuesta”, pasó de 100% a 88.2%, por los actores de reciente incorporación; el nivel colabora pasó de 20.4% a 24.8%, mientras para el nivel asocia se incrementó 5%. Las relaciones existentes se incrementaron “con la propuesta” en todos los niveles de relación. En el nivel asocia se observa una relación de compromiso entre PROCAFORT y el INIFAP. Sin embargo, el nivel colabora marcó la pauta para estructurar la RAIO. Los vínculos son importantes pero la colaboración es compleja, confusa y vaga, requiere tiempo y energía (Rovere, 1999). La centralización de entrada y de salida fue mayor “antes” que “con la propuesta”, comportamiento que corresponde a una “red no estrella”, ya que los actores tienen varias vías para acceder a los nodos y sus flujos de información y recursos. Se establecieron vínculos y relaciones de colaboración que conectan personas e intereses, al que debe dársele continuidad ya que, como señala Paré (1998), las instituciones se encuentran desvinculadas, si no de los grandes problemas, sí de los sujetos que los viven.

Cuadro 2. Indicadores de centralización y densidad en la estructura reticular de instituciones y organizaciones de la región de Los Tuxtlas, Veracruz.

| | Niveles de relación | Número de nodos | Relaciones existentes | Centralización (entrada) | Centralización (salida) | Densidad |
|------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|----------|
| ANTES DE LA PROPUESTA | Reconoce | 16 | 240 | 0.00% | 0.00% | 100.00% |
| | Conoce | 16 | 113 | 28.00% | 56.44% | 47.08% |
| | Colabora | 16 | 49 | 28.00% | 49.33% | 20.42% |
| | Coopera | 16 | 21 | 12.00% | 61.78% | 8.75% |
| | Asocia | 16 | 3 | 5.78% | 12.89% | 1.25% |
| CON LA PROPUESTA | Reconoce | 18 | 270 | 12.45% | 12.45% | 88.24% |
| | Conoce | 18 | 157 | 32.87% | 51.55% | 51.31% |
| | Colabora | 18 | 76 | 29.76% | 35.98% | 24.84% |
| | Coopera | 18 | 27 | 15.57% | 46.71% | 8.82% |
| | Asocia | 18 | 4 | 4.84% | 11.07% | 1.31% |

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

El trabajo “antes de la propuesta” permitió tomar conciencia de mejorar los niveles de compromiso. Los resultados “con la propuesta” generaron vínculos en el nivel “asocia. La evolución de la RAIO, conllevó mejora en las relaciones y generó sinergias para intercambiar conocimientos en favor del MIAF.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Se agradece la colaboración de investigadores de INIFAP, UACH e ITSSAT y el financiamiento de CONACYT-FORDECYT

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Paré L. 1998. Relaciones entre organizaciones de base o comunidades o con instituciones gubernamentales, no gubernamentales y académicas. Red de gestión de Recursos Naturales, Número 13, México, D.F. pp: 28-35.

Rovere, M. 1999. Redes en salud; un nuevo paradigma para el abordaje de las organizaciones y la comunidad. Ed. Secretaría de Salud Pública/AMR, Instituto Lázaro (Reimpresión). Rosario, Argentina. http://www.ms.gba.gov.ar/ssps/Residencias/biblio_13/pdf_Obstetricia/Redes.

Sección: g) Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA DISMINUCIÓN DE LA SUPERFICIE SEMBRADA DE TRIGO HARINERO EN TLAXCALA

Bertha Sofía Larqué Saavedra^{1*}, Fabián Islas Gutiérrez¹, Alma Velia Ayala Garay¹, Lorena Cortés Espinoza¹ y Guillermina Martínez Trejo¹

¹ CE Valle de México-CIRCE-INIFAP

larque.bertha@inifap.gob.mx

Palabras claves: trigo, adopción, variedades

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el consumo nacional de trigo harinero ha crecido. Sin embargo, la producción interna ha disminuido, al igual que la superficie sembrada. Para cubrir la demanda interna, las importaciones se han incrementado (FIRA, 2019). A nivel nacional, Tlaxcala destaca por la superficie de temporal sembrada y los volúmenes de producción de este cultivo. En 2017, figuró a nivel nacional entre los cinco primeros lugares por el número de productores, que representaron el 65.3 % (FIRA, 2019). En Tlaxcala también la superficie ha disminuido, de acuerdo con datos de SIAP (2021), del 2013 al 2019 los tres Distritos de Desarrollo del estado tuvieron tasas de crecimiento negativas en relación a la superficie sembrada. El presente estudio tiene como objetivo: identificar variables que expliquen la disminución de la superficie sembrada en Tlaxcala.

MATERIALES Y MÉTODO

Esta investigación se realizó según los lineamientos de una investigación empírica descriptiva exploratoria (Alesina, 2011). Se realizó trabajo de gabinete y trabajo de campo. En el primero, se conoció el estado del arte del tema en estudio y se diseñaron y ajustaron cuestionarios y entrevistas. En el trabajo de campo se aplicaron ambos. Para ello, se trabajó con un muestreo no probabilístico intencional. El tamaño de muestra fue de 81 productores de 14 localidades de los municipios: Nanacamilpa de Mariano Aristas, Hueyotlipan, Benito Juárez, Sanctorum de Lázaro Cárdenas, Españita, Tlaxco, Muñoz de Domingo Arenas e Ixtacuixtla de Mariano Matamoros. La pregunta de investigación fue: la superficie que sembró con trigo en 2019, en comparación con los tres años anteriores, fue: 1 = menor, 2 = igual o más. Se plantearon 18 variables independientes. El análisis se realizó con tablas de contingencia y regresiones logísticas para cada una de las variables del estudio. Se probó la hipótesis de que la variable de estudio “menor/igual”, fuera independiente del resto de las variables consideradas. El análisis se realizó con SAS® 9.4.

RESULTADOS

Entre los resultados más relevantes, se encontró que desde 2016 al 2019, el 100% de los productores han sembrado entre otras, variedades del CEVAMEX y del Campo Experimental Bajío (CEBAJ) del INIFAP (Cuadro 1).

Cuadro 1. [Variedades de trigo sembrada por los productores de la muestra, según año de siembra](#)

| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|------------|------|------------|------------|-----------|
| Luminaria | | Don Carlos | Rebeca | Norman |
| Rebeca | | Nana | Don Carlos | Texcoco |
| Tlaxcala | | Texcoco | Valles | Tlaxcala |
| Nana | | Altiplano | Norman | Valles |
| Texcoco | | Tlaxcala | Nana | Nana |
| Altiplano | | Valles | Tlaxcala | RSMW-142 |
| Don Carlos | | Avelino | Zacatecas | Rebeca |
| Valles | | Luminaria | Altiplano | Altiplano |
| Zacatecas | | | Kronstand | |
| Avelino | | | | |

Fuente: elaboración propia con base en la información recogida en campo

De estas variedades, comentaron que el principal problema agronómico que enfrentaron fue el ataque de la roya amarilla, lo que se nota más en unos que en otras. Se pudo detectar que el 61% de los productores de la muestra usan variedades moderadamente susceptibles y susceptibles a la roya, esto se constata con la información de la Cuadro 2.

Cuadro 2. Variedades del INIFAP y su resistencia ante la roya amarilla

| Variedad | Resistencia ¹ | Año en que se vuelen susceptibles |
|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Rebeca F2000 ⁴ | MS | 2009 |
| Tlaxcala F2000 ⁴ | MS | 2014 |
| Rebeca F2000 | MS | |
| Zacatecas VT74 | S ² | |
| Nana F2007 ⁴ | S | 2014 |
| Altiplano F2007 ⁴ | MR | 2014 |
| Luminaria F2012 ³ | | |
| Don Carlos M2015 | MS | |
| Valles F2015 ⁴ | R | |
| Texcoco F2016 ⁴ | R | |

¹ R = Resistente; MR = Moderadamente Resistente; MS = Moderadamente Susceptible; S = Susceptible.

² Información obtenida de Hortelano, *et al.* (2013). Desde el año 2013, sugirieron que por su susceptibilidad a la roya y enfermedades foliares, esta variedad no se recomendaba para siembras comerciales de temporal.

³ Solís *et al.*, (2017) en un artículo publicado en 2017, enviado a revisión en 2016, mencionan que esta variedad ya había sido vencida por la roya amarilla.

⁴ Información personal del Dr. H. Eduardo Villaseñor Mir, Líder del Programa de Trigo de Temporal del CEVAMEX – INIFAP.

Los productores también mencionaron que debido a la presencia de esta enfermedad, año tras año han reducido la superficie que siembran. Se revisaron las estadísticas oficiales y se pudo constatar que en el estado de Tlaxcala, la Tasa de Crecimiento Media Anual (TCMA) de la superficie sembrada con trigo del periodo 2013 al 2019 fue negativa. (Cuadro 3).

**Cuadro 3. TCMA de la Superficie Sembrada por DDR y municipios
(2013 – 2019 y 2013 - 2020)**

| DDR/Municipio | TCMA (2013 a 2019) |
|-----------------|-----------------------|
| DDR Calpulalpan | - 8.6 |
| DDR Huamantla | - 3.1 |
| DDR Tlaxcala | - 3.5 |

Fuente: Elaborado con base en información de SIAP (2021)

Este dato es preocupante ya que todas las variedades que se siembran en Tlaxcala son de trigo harinero. De acuerdo con cifras de la SAGARPA, para el año 2016, la producción nacional de trigo harinero cubría solo el 25.07% (SAGARPA, 2017). Los resultados obtenidos del análisis estadístico indicaron que, de las diferentes variables tomadas en el estudio, con la única que se rechazó la H_0 : independencia de las variables, fue con la escolaridad de los productores (Cuadro 4).

Cuadro 1. a) Tabla de contingencia para las variables superficie sembrada de trigo vs escolaridad del productor, b) estadísticos obtenidos en la prueba de hipótesis

| a) | | | | b) | | | |
|-------------|-----------|----------|-------|--|----|--------|--------|
| Escolaridad | | | | Estadístico | DF | Valor | Prob |
| | <= 6 años | > 6 años | Total | | | | |
| No redujo | 37 | 19 | 56 | Chi-cuadrado | 1 | 5.3190 | 0.0211 |
| Redujo | 21 | 2 | 23 | Chi-cuadrado de ratio de verosimilitud | 1 | 6.1584 | 0.0131 |
| Total | 58 | 21 | 79 | Chi-cuadrado adj. de continuidad | 1 | 4.1047 | 0.0428 |
| | | | | Chi-cuadrado Mantel-Haenszel | 1 | 5.2517 | 0.0219 |

De igual forma, de los diferentes modelos probados, con el único que se obtuvo significancia en la prueba de Chi cuadrado fue nuevamente con la variable escolaridad (Pr = 0.0304). Las pruebas de Chi cuadrada a los estimadores del modelo son significativas al 0.05 (Cuadro 2)

Cuadro 2. Estimadores del modelo su prueba de Chi cuadrada

| Parámetro | Estimador | Error estándar | Chi-cuadrado de Wald | Pr > ChiSq |
|------------------------------|-----------|----------------|----------------------|------------|
| Intercept | -1.3910 | 0.3975 | 12.2445 | 0.0005 |
| Escolaridad (<= 6) | 0.8603 | 0.3975 | 4.6843 | 0.0304 |

El valor positivo en el estimador de la variable escolaridad señala que la probabilidad de reducir la superficie sembrada aumenta cuando el productor tiene estudios mayores a los seis años que corresponden a la primaria terminada.

CONCLUSIONES

La condición de que México sea importador de trigo harinero, al parecer seguirá mientras la superficie sembrada de trigo, continúe a la baja. Este estudio exploratorio, no encontró causas que expliquen dicha disminución, en problemas agronómicos de las variedades. Los resultados estadísticos apuntan más a una característica personal: años de estudio; en próximos trabajos, se puede investigar por qué tiene relación estadística con la cantidad de superficie a sembrar. Igualmente se pueden explorar aspectos de mercado. El Gobierno Federal está ofreciendo precio de garantía para el grano de trigo producido en suelos de temporal. Se puede evaluar si funciona como estímulo para incrementar la superficie sembrada. De ser así, es importante insistir en la siembra de semillas resistentes a la roya amarilla. Con lo que se le da mayor seguridad al rendimiento y a la inversión, aspectos fundamentales al tratarse de suelos de temporal.

FUENTE FINANCIERA

Proyecto Fiscal: Factores que influyen en la adopción de variedades de trigo en los estado de México y Tlaxcala

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alesina, L.; Bertoni, M.; Mascheroni, P.; Morerira, N.; Picasso, F.; Ramírez, J. y Rojo, V. 2011. Metodología de la investigación en ciencias sociales. In: Batthyány, K. y Cabrera, M. (Coord.). Universidad de la República. Uruguay. 96 p.
2. FIRA. 2019. Programa Agroalimentario. Trigo 2019. Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. 25 pp. <https://www.inforural.com.mx/wp-content/uploads/2019/06/Panorama-Agroalimentario-Trigo-2019.pdf>
3. SAGARPA. Planeación Agrícola Nacional 2017 – 2030. 2017. Trigo grano cristalino y harinero mexicano. 23 pp. Tomado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sico-Trigo_Cristalino_y_Harinero.pdf
4. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Anuario Estadístico de la producción Agrícola. Cierre de la producción Agrícola. Tomado de: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

[Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología](#)

DIFUSIÓN DE TECNOLOGÍA PARA FRIJOL DE TEMPORAL EN EL MUNICIPIO DE EL MARQUÉS, QRO.

Alfredo Tapia Naranjo¹, Manuel Mora Gutiérrez², Jorge Acosta Gallegos³ y Ulises Mora Mora⁴.

¹Programa de Socioeconomía Sitio Experimental Querétaro, ^{2,3,4} Sitio Experimental Querétaro CIRCE-INIFAP.

tapia.alfredo@inifap.gob.mx

Palabras clave: Programa de fomento, políticas públicas, gestión de la innovación.

INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas que limitan la adopción de tecnología de frijol es su nulo o bajo acceso a los productores, en especial, la semilla mejorada (Tapia, 2020). Para Querétaro no es la excepción ya que con frecuencia cuando se promueve su producción a través de los programas de fomento se dificulta el acceso a semilla de calidad certificada. En el presente trabajo se aborda la experiencia de la promoción de tecnología generada por el Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para el cultivo de frijol de temporal, a través de la Secretaria de Agricultura del municipio de El Marqués en el estado de Querétaro que, entre sus políticas públicas está la de atender las áreas de temporal (PMD El Marqués, 2018-2021). Lo anterior con el objetivo de promover y mostrar a los productores beneficiarios y tomadores de decisiones del municipio de El Marqués, Qro, las bondades de las tecnologías generadas por el Instituto para frijol de temporal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en el municipio de El Marqués en 2020. Las áreas de temporal donde se llevó a cabo el trabajo son suelos tipo feozem, poco profundos (< 1 m), con pendientes del 4 al 8% y con una precipitación durante el ciclo del cultivo menor a los 300 mm. En los últimos 10 años en estas áreas se han presentado dos años con alta siniestralidad: en 2011 de 11,385 hectáreas sembradas se siniestró el 97% de la superficie y, en 2020 de 8,539 hectáreas sembradas se siniestró el 74.4% de la superficie. El cultivo predominante en estas áreas es el maíz y el segundo cultivo es el frijol, el cual ha perdido importancia relativa ya que de 995 hectáreas sembradas en 2011, su siembra ha caído en más del 70% en los últimos años (SIAP 2010-2020). Estas condiciones son propicias para ofertar al municipio tecnologías de maíz y frijol generadas por el INIFAP por lo que se concertó un convenio de colaboración para brindar soporte técnico al Programa de Fomento a la producción de Frijol con 500 hectáreas con la variedad Pinto Saltillo con la semilla inoculada con micorriza. El soporte técnico consistió en llevar a cabo eventos de capacitación a productores beneficiarios del programa sobre el paquete tecnológico de frijol, así como el seguimiento a parcelas representativas para realizar eventos demostrativos y evaluar rendimiento. Para este último se tomaron tres muestras al azar en cada parcela, con un tamaño de dos surcos por tres metros de largo y al grano se hizo ajuste de humedad al 14%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Programa de Fomento a la Producción de Frijol del municipio de El Marqués benefició a 250 productores con 466 hectáreas con semilla de frijol de la variedad Pinto Saltillo categoría declarada, por no haber certificada en el mercado, inoculada con micorrizas. Se trata de productores de pequeña escala que disponen de 1 a 4 hectáreas de superficie de temporal y que su producción se destina al autoconsumo y venta de excedentes. Por lo general son productores de bajos recursos y por lo mismo muy pocos fertilizan el frijol y lo hacen en bajas dosis.

En seguimiento al convenio de colaboración, se llevó a cabo un evento de capacitación con los productores beneficiados, sobre el paquete tecnológico de frijol en días previos a la entrega de los apoyos. El temario consideró los siguientes puntos: a) Período de siembra todo en mes de julio; b) Características de la

variedad Pinto Santillo, inicio de floración a los 37 días, llenado de vainas a los 60 días, maduras a los 80 días y mecanismo de tolerancia a la sequía; c) Biofertilizante micorriza cómo actúan en beneficio para la planta; d) Densidad de población de 80,000 a 100,000 plantas por hectárea y, e) Fertilización 20-30-10 (NPK) al momento de la siembra y/o foliar antes de los 30-40 días después de la siembra.

Para el seguimiento del programa y evaluación de rendimiento se seleccionaron seis parcelas con productores beneficiarios del Programa. La ubicación y manejo se muestran en el cuadro 1.

En el cuadro 1 se observa la generalidad de la práctica del barbecho y el rastreo del suelo previo a la siembra una vez que el suelo ha captado la humedad necesaria para la siembra. Las siembras fueron durante el mes de julio entre los días 1 y 25. El control de maleza se llevó a cabo con al menos una escarda y donde hubo oportunidad se complementó con un deshierbe manual. Cuando el caso lo ameritó se aplicó el herbicida Basagran (Bentazón) en dosis de 1 litro por hectárea para control de hoja ancha. Las plagas que se presentaron durante el ciclo del cultivo fueron el chapulín el cual se controló con Cipermetrina en dosis de 10 mililitros por litro de agua dirigido a las cabeceras de las parcelas y, la mosca blanca la cual se controló con Imidacloprid en dosis de 200 mililitros por hectárea en 200 litros de agua. La fertilización solo la llevaron a cabo dos de los seis productores, el primero con la dosis 15-30-15 (NPK) 100 kilos por hectárea en la siembra más, Bayfolan 1 litro por hectárea en aplicación foliar previo a la etapa de floración, el segundo productor solo aplico Bayfolan en etapa previa a la formación de vaina.

Cuadro1. Ubicación y manejo en parcelas de seguimiento del programa y evaluación de rendimiento.

| Localidad | Manejo de la parcela |
|--------------------|--|
| Amazcala | Barbecho, subsuelo, rastreo; siembra 14 julio; Control de maleza con escarda y Bentazon; control de mosca blanca con Imidacloprid; fertilización 100 kg/ha 15-30-15 + Bayfolan 1 l/ha. |
| Atongo | Barbecho, rastreo; siembra 10 julio; Control de maleza con escarda y manual; Control de chapulín con Cipermetrina y control de mosca blanca con Imidacloprid, no fertilizó. Terrenos con dos años de descanso. |
| Amazcala | Barbecho, rastreo; siembra 25 julio; Control de maleza con escarda; no controló plagas, no fertilizó. |
| Sn Miguel Amazcala | Barbecho, rastreo; siembra 1 julio; Se controló maleza con escarda; no controló plagas, no fertilizó. |
| Atongo | Barbecho, rastreo; siembra 08 julio; Control de maleza con escarda y manual; no controló plagas, fertilizó con Bayfolan. |
| Agua Azul | Barbecho, rastreo; siembra 20 julio; Control de maleza Bentazon; Control de mosca blanca con Imidacloprid, no fertilizó. |

En el cuadro 2 se observa que los rendimientos fueron variables, lo cual estuvo en función del manejo del cultivo por los productores y a la precipitación ocurrida durante el ciclo (entre 200 y 250 mm durante el ciclo). Se aprecia que donde hubo los menores rendimientos, la cantidad de plantas por hectárea fue de igual forma menor 33 mil y 45 mil, comparado con la recomendación de 80 mil a 100 mil. Se observa también que tres parcelas con población de plantas entre 80 mil y 116 mil obtuvieron rendimientos de 2.0 a 2.7 t/ha, lo que muestra el alto potencial de rendimiento de la variedad Pinto Saltillo en el municipio.

Cuadro 2. Población de plantas y rendimiento de grano en parcelas de seguimiento y evaluación de rendimiento. El Marqués, Qro. PV 2020

| Productor | Localidad | Población Plantas/ha | Rendimiento (kg/ha) |
|-------------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| Rogelio Aguilar | Amazcala | 116,296 | 2300 |
| Carlos Villegas Lucas | Atongo | 80,000 | 2700 |
| Leopoldo Paulin | Amazcala | 33,333 | 200 |
| Guadalupe Bárcenas | San Miguel Amazcala | 85,000 | 2000 |
| Orlando Villegas | Atongo | 65,000 | 865 |
| Adolfo Arredondo Rangel | Agua Azul | 45,000 | 240 |

En las parcelas de mayor rendimiento se llevaron a cabo demostraciones de resultados para productores, técnicos y tomadores de decisiones. La primera demostración se llevó a cabo el 2 de octubre en Amazcala en la parcela del Sr. Rogelio Aguilar y la segunda el 15 de octubre en la parcela del Sr. Carlos Villegas en Atongo, en las que se tuvo un buen intercambio de experiencias entre productores de estos con los investigadores.

La transferencia de tecnología es un proceso de largo plazo en el que hay que mostrar y convencer a productores, asesores técnicos y tomadores de decisiones sobre las bondades de las tecnologías generadas por el Instituto. El caso particular del municipio de El Marqués, el actual Secretario Agricultura ha estado pendiente de los avances de las tecnológicos del INIFAP desde hace más de 20 años en los diferentes cargos que ha tenido dentro del sector con el gobierno federal, estatal y ahora municipal. Y, por parte del Instituto, se ha hecho una continua promoción de las tecnologías en los tres órdenes de gobierno enfatizando en sus políticas públicas para el sector y cómo incidir de forma positiva en ellas con la innovación tecnológica. En este caso el Plan Municipal de Desarrollo del municipio en su Eje 3 establece entre otras acciones el apoyo e impulso a la agricultura de temporal y, la vinculación de los centros de investigación públicos y privados con el fin de brindar soluciones a los problemas productivos (PMD El Marqués, 2018-2021). La característica de precocidad y tolerancia a la sequía, hacen de la variedad Pinto Saltillo una tecnología que contribuye a la producción sostenible de alimentos en el sector. Tan solo en el ciclo PV 2020, de 8,230 hectáreas sembradas con maíz de temporal en el municipio, se siniestró el 76.5%, en tanto que de las 466 hectáreas sembradas de frijol con la variedad Pinto Saltillo, solo se siniestro el 15% de la superficie.

Los resultados de este estudio demuestran que la promoción de la tecnología, en este caso para frijol de temporal, debe ser sistemática y alinearse a las políticas públicas de los tres órdenes de gobierno a fin de contribuir a la solución de los problemas del sector. También se corrobora la baja disponibilidad de la tecnología, en especial de la semilla certificada que señala Tapia, 2020, lo cual es un elemento de retroalimentación para el Programa de Frijol del INIFAP para ver la manera de resolver esta limitante. Es pertinente analizar la “gestión de la innovación” a la luz de algún modelo formal lo cual es necesario para documentar la gestión del conocimiento y la innovación acorde con el objeto y misión del Instituto.

CONCLUSIONES

La tecnología propuesta por el INIFAP para el Programa de Fomento a la Producción de Frijol en el municipio de El Marqués resultó pertinente para las áreas de temporal del municipio, La característica de precocidad y tolerancia a la sequía de la variedad Pinto Saltillo inoculada con micorriza contribuyeron a

disminuir los riesgos por sequía, en un año en el que perdió gran parte de la cosecha de maíz. Asimismo, la transferencia de tecnología es un proceso de largo plazo en el que hay que mostrar y convencer a productores, asesores técnicos y tomadores de decisiones sobre las bondades de las tecnologías generadas por el Instituto a fin de que se masifique su uso a través de los programas de fomento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Tapia NA, (2020) Informe del componente de capacitación, difusión y transferencia de tecnologías. Proyecto Nacional de refrescamiento de semilla de frijol. Campo Experimental Bajío, CIRCE-INIFAP; pp28.
2. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera, Cierre de la producción agrícola, Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, Frijol 2011-2020, <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
3. Plan Municipal de Desarrollo 2018 – 2021 municipio El Marques. pp123 <https://repo.mondragonmexico.edu.mx/xmlui/handle/123456789/52>

Sección: g) Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN DE AMARANTO EN TULYEHUALCO XOCHIMILCO, CIUDAD DE MÉXICO

Alma Velia Ayala-Garay¹, Eduardo Espitia-Rangel, Erica Muñoz-Reyes, Lucila González-Molina

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México. Km 13.5 Carretera los Reyes-Texcoco, Coatlinchan, México. CP. 56250.

ayala.alma@inifap.gob.mx

Palabras clave: producción, rentabilidad, comercialización.

INTRODUCCION

El amaranto (*Amaranthus spp*) es uno de los cultivos más antiguos de Mesoamérica, se afirma que constituyó el alimento básico de los aztecas, incas, mayas, pueblos recolectores y cazadores. Los primeros datos de esta planta datan de diez mil años atrás y su papel en la dieta era tan importante como el maíz y el frijol (Corona *et al.*, 2019). En la Ciudad de México el amaranto se cultiva en las alcaldías de Xochimilco, Milpa Alta y Tláhuac, destacando por superficie cosechada y producción Xochimilco con 82.9 ha y 91.7 t lo que representa 60.4 % y 55.6 % respectivamente. De Jesús *et al.* (2017) mencionan que la producción de amaranto en Tulyehualco es una actividad representativa de la cultura local y pone de relieve su trascendencia como elemento constructor de la identidad territorial y de su profundidad histórica, con prácticas agrícolas peculiares y tradicionales, caracterizadas por un manejo sustentable de los recursos naturales. Velarde (2012) señala que, el amaranto de Tulyehualco es un alimento producto de la historia y la dinámica de un territorio particular. Derivado de su importancia en esa región, el objetivo de la investigación es conocer la forma de producción y comercialización del amaranto en Tulyehualco, Xochimilco para identificar y proponer acciones de mejora.

MATERIALES Y METODOS

La alcaldía de Xochimilco se encuentra en las coordenadas geográficas de 19°19' al norte y al sur de 19°09' de latitud norte, representa el 7.9% de la superficie de la Ciudad de México. En 60.8% del territorio predomina el clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, seguido de templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad en 26.5% del territorio (INEGI, 2014). El estudio se realizó en la localidad de Tulyehualco, en la que se tiene un total de 100 productores cultivando amaranto. La información fue obtenida mediante la aplicación de una encuesta dirigida. Se realizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, con el criterio de selección de individuos que tuvieran la disposición de ser encuestados, esta se aplicó de septiembre a diciembre de 2019, a 35 productores, 3 comercializadores y 4 transformadores. Se realizó el cálculo de la rentabilidad del cultivo de amaranto obteniendo los costos de producción promedio en que incurren durante el proceso de producción. Los costos fueron divididos en dos partes; costos directos y costos indirectos. Dentro de los costos directos se incluyeron los costos de los insumos y medios de producción, tales como semilla, fertilizantes, mano de obra y el costo de oportunidad de la inversión. En los indirectos se incluyó renta de la tierra y gastos generales.

RESULTADOS

Los productores de la localidad de Tulyehualco, Xochimilco se encuentran en un rango de edad de 35 a 79 años, con un promedio de 57 años. El 22% de los productores cuenta con estudios de nivel superior concluido, otro 22% con nivel media superior y un 56% con nivel básico, predomina una posesión de 1.5 ha como pequeña propiedad. El proceso de producción del cultivo de amaranto se realiza con materiales nativos de Tulyehualco; Ramírez *et al.* (2017), mencionan que los productores, a través de la transmisión de generación en generación de sus tradiciones, identidad y conocimiento de su medio, salvaguardan la Zona de Conservación Ecológica Teuhtli y al mismo tiempo, el cultivo del y su diversidad genética. La semilla que emplean los productores la van recolectando para el siguiente ciclo y la almacenan encostalada en sus casas. Para la siembra, en promedio, se utilizan seis kilogramos de semilla para sembrar una hectárea. El 86,7 % de los entrevistados siembra raza Mercado, en tanto que el 13,3 % restante cultiva la raza Azteca. Ramírez *et al.* (2017) mencionan que en la actualidad se conocen dos tipos de siembras del amaranto:

1) la siembra indirecta que se caracteriza por realizar primero los almácigos (denominados chapines) donde se siembra la semilla y se hace germinar, para que posteriormente se realice el trasplante. La preparación del almácigo se realiza bajo el sistema de chinampa, para ello las camas se establecen en parcelas cercanas al canal, con dimensiones de 5 a 10 m de ancho y 100 m de largo. Al siguiente día, cuando la cama está ligeramente seca, se corta en pequeños cuadrados (Chapines) y se siembra. 2) Siembra directa a chorrillo con alta densidad de población, se tira la semilla sin dejar espacio, se va tapando ligeramente y las plantas crecen juntas, la distancia entre surcos es de 60 cm y se requieren de 4 a 6 kg de semilla por hectárea (Ramírez et al., 2017).

En cuanto a la fertilización, 6,6 % de los productores no aplica ningún tipo de abono; 15,6 % aplica solo fertilizantes químicos; 77,8 % de los encuestados combina fertilización química y orgánica. El control de especies vegetales (hierbas) se realiza manualmente y de forma periódica durante todo el ciclo de cultivo. Una vez que el 90 % de las plantas alcanzaron la madurez, se lleva a cabo el corte de la panícula de cada una de las plantas de amaranto. El corte se realiza con una hoz o machete 15 cm abajo de la panoja; una vez cortada se coloca sobre el surco y se deja secar para que al momento de la trilla la semilla se desprenda con mayor facilidad. El 15,6 % de los entrevistados trilla con el método tradicional, el cual se efectúa manualmente o con el uso de animales de carga. Este método consiste en pisar o azotar con varas, sobre mantas o lonas, las panículas secas para que se desprenda la semilla; posteriormente la semilla se cierne para retirar el polvo y paja conocido como el tamo. Con el método tradicional la trilla de una hectárea se realiza aproximadamente en una semana, pero depende del número de jornales utilizados (1 jornal = 8 horas de trabajo) y de las condiciones climáticas, ya que en días nublados y con alta humedad relativa la semilla se desprende con mayor dificultad. En contraparte, el 84,4 % de los productores contrata máquinas cosechadoras, destinadas para otros cultivos como el sorgo (*Sorghum* spp.) provenientes de otros municipios o incluso de otros estados, para ahorrar tiempo y trabajo; ya que con esta maquinaria una hectárea sembrada con amaranto se trilla en una hora y se ocupan menos jornales. Para ambos tipos de siembra se obtuvieron los costos de producción de amaranto (Cuadro 1).

Cuadro 1 . Costos de producción de siembra directa y siembra con chapin, ciclo 2019 (\$).

| Concepto | Siembra con chapin | Siembra directa |
|---------------------------------|--------------------|------------------|
| Preparación del terreno (\$/ha) | 1,800.00 | 2,300.00 |
| Preparación del chapin(\$/ha) | 3,000.00 | |
| Insumos (\$/ha) | 3,510.00 | 5,540.00 |
| Jornales (\$/ha) | 7,850.00 | 5,750.00 |
| Cosecha(\$/ha) | 5,800.00 | 3,450.00 |
| Costo Total (\$/ha) | 21,960.00 | 17,040.00 |
| Rendimiento t/ha | 1.35 | 1.20 |
| Precio (\$/t) | 18,500.00 | 18,500.00 |
| Ingreso neto (\$/ha) | 24,975.00 | 22,200.00 |
| Utilidad (\$/ha) | 3,015.00 | 5,160.00 |
| Costo (\$/t) | 16,266.67 | 14,200.00 |
| Utilidad por t | 2,233.33 | 4,300.00 |
| B/C | 1.14 | 1.30 |

Fuente: Elaboración propia con información levantada en campo durante octubre-noviembre de 2019. Precios de 2019.

Para los productores que cultivan auxiliándose del chapin (almacigo), este representa el 13.7% del gasto total, la utilidad de usar chapin es lograr la germinación del amaranto en mejores condiciones, sin la competencia de malezas por los nutrientes, y cuando alcanza una altura de 10 cm se trasplanta en la parcela. En la siembra con chapin se hace uso de insumos como Bocashi (abono orgánico) y caldo sulfocálcico, mientras que en la siembra directa solo es la aplicación manual de estiércol de ganado vacuno como fertilizante. En ambos métodos de cultivo hay un gasto en jornales que representa en promedio el 34.7% de los costos totales, lo que refleja el gran uso de mano de obra para realizar las actividades que abarcan desde el chapin, deshierbe, siembra, fertilización y cosecha; sin embargo, una acción que añade más costo a la mano de obra, es que, a los jornaleros, se les debe trasladar al lugar de trabajo y brindarles la comida. El 60% de los productores de Tulyehualco comercializa su cosecha con transformadores locales, que les dan un precio bajo, con el argumento de que es semilla nativa. Sin embargo, los transformadores acopian la producción de Puebla y Morelos donde la compran a un precio menor que en Tulyehualco, aunque la semilla revienta en promedio en un 80%. Sin embargo, hay un transformador que brinda una bonificación de 15% más sobre el precio a los productores locales, ya que lo hace con la intención de valorar la semilla nativa de la zona y apoyar para que el productor recupere su inversión. Los costos de producción oscilaron (para el ciclo agrícola 2019) entre \$17,000 y \$21,000 por ha, y el precio de venta estuvo entre \$17,000 a \$20,000 por lo que el productor, en ocasiones solo recuperó su inversión. No obstante, con los apoyos monetarios que el productor recibe de CORENA y de la alcaldía de Xochimilco, puede obtener recuperación de la inversión y por tanto el estímulo para seguir cultivando y resguardando la zona de cultivo y la diversidad genética del amaranto de la zona del volcán Teuhtli.

CONCLUSIONES

La producción de amaranto de la localidad de Tulyehualco es reconocida por su forma de producción tradicional ancestral, que destaque que su proceso es sin insumos químicos y siguiendo técnicas ancestrales de cultivo como el chapin. En el escenario actual, la producción primaria de amaranto demanda una gran cantidad de mano de obra, sobre todo en la siembra y cosecha, que, si bien genera empleo en la región, influye en el incremento de los costos de producción por el uso de mano de obra. Es necesario diseñar nuevos canales institucionales para realizar la transferencia de tecnología de producción existente para las áreas de cultivo del amaranto, con el objetivo de mejorar la producción, controlar problemas fitosanitarios, incrementar rendimientos y diversificar su uso y consumo.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Esta investigación forma parte del proyecto “Desarrollo de tecnología para mejorar la sustentabilidad de la cadena de valor de amaranto y especies relacionadas” financiado con recursos fiscales del INIFAP:

LITERATURA CITADA

1. Corona-González, N A., Jaramillo-Villanueva, J. L., Manzo-Ramos, F. y Cervantes-Vargas, J. (2019). Percepción, opinión y actitud de los productores de amaranto en torno a procesos de agregación de valor en el municipio de Tochimilco, Puebla, Estudios sociales. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 29 (54), 2-26. <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.824>
2. De Jesús, C. D., Ramírez de la O, I. L., Viesca-González-F.C. & Thome-Ortiz, H. (2017). La búsqueda de la denominación de origen (DO) del amaranto de Santiago Tulyehualco, Xochimilco D.F. En Thome-Ortiz, H., & Martínez-Campos, A. R. *Calificación, valorización y turismo. Aproximaciones al patrimonio agroalimentario*. (pp. 183-216). México (México): COLOFON.
3. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2014). *Cuaderno Estadístico Delegacional, Xochimilco Distrito Federal*. Recuperado de http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_servcontenidos/espanol/bvinegi/productos/historico1334/702825926892/702825926892_1.pdf
4. Ramírez-Meza, B., Manzo-Ramos, F., Pérez-Olvera, M. A. & León-Merino, A. (2017). Las familias amaranteras de Tulyehualco, Ciudad de México: entre lo tradicional y lo moderno. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8 (18), 3799-3813. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i18.221>

5. Velarde, I. (2012). Activación de Sistemas Agroalimentarios Localizados en la región Pampeana Argentina: un análisis comparado. En Torres, G.& Larroa, R.M., *Sistemas Agroalimentarios Localizados. Identidad territorial, construcción de capital social e instituciones* (pp. 135-159). México (México) : UNAM, CEIHS, FCPyS y Juan Pablos Editor.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

FRIJOL INTERCALADO A HENEQUÉN EN YUCATÁN, MÉXICO

Hector Torres Pimentel¹, Francisco Javier Ibarra Pérez²

¹Campo Experimental Mocochoá-CIRSE-INIFAP, Campo Experimental Cotaxtla-CIRGOC-INIFAP

torres.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L., *Agave fourcroydes*, Sistemas de producción.

INTRODUCCIÓN

En Yucatán, México, las leguminosas comestibles se cultivan tanto en monocultivo en los suelos mecanizados como en el sistema de roza tumba quema, este último de mayor importancia no solo en el estado de Yucatán sino en toda la Península, que incluye los estados de Campeche y Quintana Roo. Así mismo, se practica el cultivo del frijol en la “milpa”, que se caracteriza por la siembra asociada con maíz utilizando tecnología de producción tradicional, que incluye un uso reducido de insumos y cultivares criollos de frijol, ya que el destino de la producción es para el autoconsumo. La superficie anual sembrada con maíz en el estado de Yucatán se estima en casi 100 mil hectáreas, pero se dificulta cuantificar la superficie de frijol en este sistema, ya que también el maíz se asocia con otros cultivos como la calabaza. Aun cuando no se cuenta con datos oficiales, con base a diagnósticos a través de los años, se estima que el 60 % del cultivo del maíz se siembra asociada con leguminosas comestibles, que incluye frijol común (*Phaseolus vulgaris*), frijol xpelon (*Vigna unguiculata*) e ibes (*Phaseolus lunatus*). En lo que respecta al sistema mecanizado, la superficie de maíz sembrada en asociación con leguminosas comestibles es muy reducida, casi nula.

Además de la milpa tradicional, hay otro sistema de producción de maíz, en asociación o intercalado al cultivo del henequén (*Agave fourcroydes*). Este sistema es común en la región norte, centro norte y norponiente del estado de Yucatán, donde se ubica la zona henequenera. En estas plantaciones de henequén, sobre todo cuando son nuevas plantaciones, el suelo se subutiliza en los primeros años de cultivo desaprovechando el espacio entre las hileras del henequén, por lo que es viable la siembra de frijol o maíz bajo un sistema de cultivo intercalado (Hernández, 1988). Se estableció un módulo demostrativo con el objetivo de evaluar el comportamiento agronómico de cuatro variedades de frijol cultivadas bajo las condiciones edafoclimáticas de esta región en nuevas plantaciones de henequén.

MATERIALES Y MÉTODOS

Por lo anterior y considerando la disponibilidad de nuevas variedades mejoradas de frijol del INIFAP, se estableció una parcela demostrativa en el municipio de Muxupip, Yuc. en terrenos de un productor cooperante. Las variedades mejoradas de frijol, registradas y liberadas por el INIFAP fueron: Negro Comapa, Negro Jamapa, Negro Tacaná y Negro Tropical. La parcela demostrativa se sembró el 14 de septiembre de 2019, en una plantación de henequén de ocho meses de establecida; la siembra del frijol fue a espeque, en cada cepa de frijol se depositaron de 3 a 4 semillas a una distancia entre cepas de 15 a 20 centímetros. Se sembraron tres hileras de frijol entre dos hileras de henequén, por lo que la superficie por variedad fue de 30 m², en un mosaico de suelo con predominancia del tipo rendzinas. El clima de la localidad está clasificado como AWo que presenta una precipitación anual media de 970 mm de lluvia y una temperatura media anual de 26°C. La topografía de la localidad es plana con ligeras ondulaciones. Es importante resaltar que, para preparar el terreno para el establecimiento de la parcela de frijol, se aplicaron los herbicidas 2-4-D (Sal dimetilamina) y Glifosato (N-fosfonometilglicina), para el control de la maleza en la plantación de henequén; posterior a la emergencia de frijol se aplicaron 8 gramos por cepa del fertilizante 18-46-00.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los rendimientos de grano (kg ha^{-1}) obtenidos de cada variedad se determinaron tomando en cuenta el área cosechada de cada muestra (4.0 m^2) y el grano se ajustó al 14% de humedad. Los resultados indicaron que N. Comapa ($1,173 \text{ kg ha}^{-1}$) y N. Tropical ($1,164 \text{ kg ha}^{-1}$) en promedio superaron en 10 y 30% al N. Jamapa ($1,068 \text{ kg ha}^{-1}$) y al N. Tacana (901 kg ha^{-1}), respectivamente. Además, se realizaron dos eventos demostrativos con la participación de productores y técnicos, para dar a conocer las variedades mejoradas del INIFAP, así como el manejo del cultivo en el sistema de producción frijol intercalado con henequén.

CONCLUSIONES

Las variedades de frijol generadas por el INIFAP demostraron su potencial de rendimiento y adaptación en estas condiciones de la región norte del estado de Yucatán, así como en el sistema de producción de frijol intercalado en nuevas plantaciones de henequén. Esto ofrece una mejor opción para los agricultores, tomando en cuenta que en el sistema de producción frijol-henequén se hace un uso más eficiente del terreno, por lo que sería conveniente fomentar el cultivo del frijol bajo este sistema de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Hernández L. B. y Ramírez C. M.J. 1988. Guía para producir maíz y frijol ib intercalados al henequén en etapa de cultivo. INIFAP. Campo Experimental de la Zona Henequenera Folleto para productores No. 15. Mérida, Yucatán. 12 p.

SAGARPA-INIFAP. Agenda Técnica Agrícola de Yucatán. Segunda Edición 2015. ISBN volumen:978-607-7668-16-9. https://ISSUU.com/Senasica/docs/31_yucatan_2015_sin.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

EVALUACIÓN DE VARIEDADES DE FRIJOL EN YUCATÁN EN CONDICIONES DE SEQUÍA TERMINAL EXTREMA

Hector Torres Pimentel¹, Raúl Díaz Plaza¹, Francisco Javier Ugalde Acosta²

¹Campo Experimental Mocochoá-CIRSE-INIFAP, ²Campo Experimental Cotaxtla-CIRGOC-INIFAP

torres.hector@inifap.gob.mx

Palabras clave: Variedades, Frijol, Sequía.

INTRODUCCIÓN

La superficie con frijol en México se siembra con variedades nativas y mejoradas que se adaptan a las condiciones de humedad y de suelo, siendo el segundo en importancia después del maíz. Para el caso de la producción en el estado de Yucatán se lleva a cabo bajo condiciones de temporal en dos sistemas de producción en suelo mecanizado en poca superficie como monocultivo y variedades mejoradas principalmente Negro Jamapa y en roza tumba quema (RTQ) donde se siembra la mayor superficie con semilla nativa xpelon (*Vigna unguiculata*) e ibes (*Phaseolus lunatus*) asociado a maíz y calabaza, con producción para autoconsumo y en donde hay áreas de “lunares” de suelo luvisol y cambisol o mosaicos de suelos con poca pedregosidad con potencial productivo que son subutilizados y podrían aprovecharse para sembrar variedades mejoradas de frijol negro. Por la disponibilidad de nuevas variedades de frijol negro y considerando la disponibilidad de tecnología generada para su siembra en condiciones de temporal, que la precipitación promedio histórica de agosto a diciembre es de 601 mm. El objetivo fue establecer un módulo demostrativo para validar y demostrar estas variedades en las condiciones edafoclimáticas de la región.

MATERIALES Y MÉTODOS

El módulo se estableció en el Sitio Experimental Uxmal del Campo Experimental Mocochoá (20° 25' 36" N, 89° 45' 20.3" W) en el municipio de Muna, Yucatán a una altura de alrededor de 29 msnm, en condiciones de temporal durante el ciclo agrícola O-I en un lote luvisol. En el módulo se establecieron las variedades: Negro Medellín, Negro Michigan, Negro Jamapa, Negro INIFAP, Negro Cotaxtla 91, Negro Huasteco 81, Negro 8025, Negro Comapa, Negro Tropical, Negro Veracruz y dos experimentales. La siembra del frijol fue en franjas por variedad y a espeque, en cada cepa de frijol se depositaron de 4 a 5 semillas a una distancia entre cepas de 20 a 25 centímetros. La distancia entre surcos o hileras fue de 0.80 m. La superficie por variedad fue de 80 m².

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La siembra se realizó de manera manual el 22 de octubre posterior al paso del Huracán Cristóbal y una vez que se permitió la preparación del terreno con dos pasos de rastra. Después de la emergencia del frijol se fertilizó con fosfato diamónico aproximadamente 8 gr por cepa.

El rendimiento de grano (kg ha⁻¹) estimado en cada variedad se determinó tomado en cuenta el área cosechada de cada muestra (4.0 m²) y el grano se ajustó al 14% de humedad.

En el Cuadro 1 se presentan los rendimientos estimados obtenidos en las 12 variedades del Módulo.

Si el cultivo de frijol requiere de 300 a 500 mm de precipitación durante su ciclo, pero cuando la precipitación no es suficiente la producción es fuertemente afectada, este es la situación que se presentó en los resultados obtenidos.

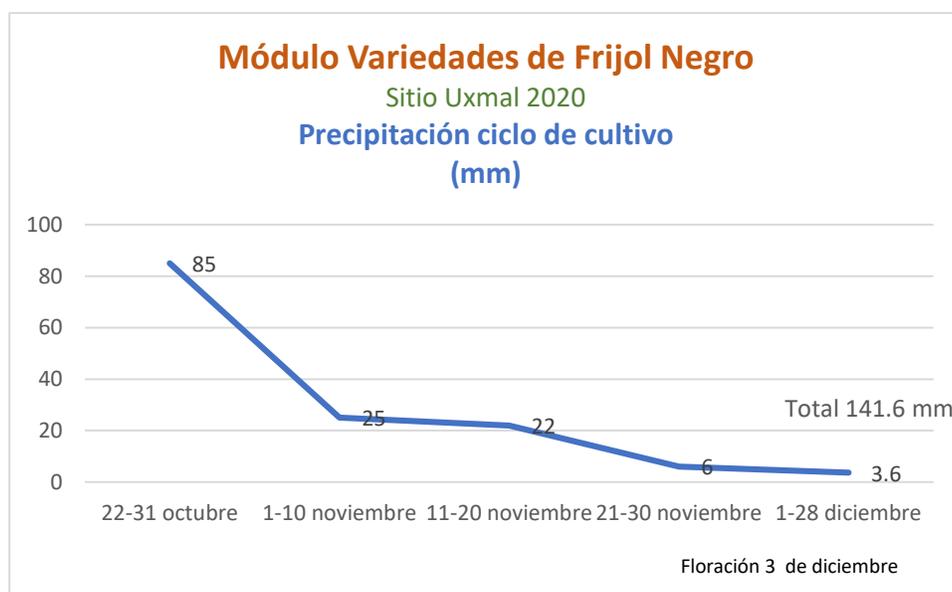
Cuadro 1. Estimación de rendimiento de frijol en el Módulo Sitio Uxmal, Yucatán.2020

| Localidad | Variiedad | Promedio peso campo (gr) | % humedad | Peso de campo Ajustado al 14 % gr | Sup. Muestra (m2) | Rend. Kg/ha |
|--|-------------|--------------------------|-----------|-----------------------------------|-------------------|-------------|
| Lote demostrativo Sitio Experimental Uxmal | Medellin | 0.143 | 15.1 | 0.141 | 4 | 353 |
| | Michigan | 0.128 | 14.35 | 0.127 | 4 | 319 |
| | Jamapa | 0.14 | 14 | 0.140 | 4 | 350 |
| | INIFAP | 0.135 | 14.1 | 0.135 | 4 | 337 |
| | Cotaxtla 91 | 0.133 | 14.15 | 0.133 | 4 | 332 |
| | Huasteco 81 | 0.146 | 14 | 0.146 | 4 | 365 |
| | 8025 | 0.078 | 17.95 | 0.074 | 4 | 186 |
| | Comapa | 0.107 | 14.5 | 0.106 | 4 | 266 |
| | Tropical | 0.142 | 15.35 | 0.139 | 4 | 348 |
| | Veracruz | 0.162 | 14.85 | 0.160 | 4 | 401 |
| | Exp. 1 | 0.129 | 13.65 | 0.130 | 4 | 324 |
| | Exp.2 | 0.108 | 15.15 | 0.106 | 4 | 265 |

Se pueden considerar algunos materiales que presentan respuesta aceptable a condiciones de sequía terminal.

La ocurrencia de distintos mecanismos de adaptación a la sequía terminal en genotipos de frijol, sugiere la posibilidad de utilizarlos en programas de mejoramiento genético para la obtención de variedades superiores. (Acosta et al 2004). ,

El registro de la estación meteorológica del Sitio Experimental Uxmal fue de 141.6 mm en todo el ciclo. En etapa de floración y llenado de vaina en noviembre y diciembre se registraron 56.6 mm. La Sequía terminal, se presentó A PARTIR de la floración. Esta condición abiótica provoca el quiebre del rendimiento al presentarse en la fase clave de formación de vainas y llenado de grano.



CONCLUSIONES

El rendimiento promedio obtenido de 320 kg/ha supera en un 80 % al medio de los productores con frijol nativo, en condiciones normales de humedad; sin embargo, en condiciones de sequía terminal, la productividad fue aceptable, comparado con la siniestralidad del cultivo.

Se presento una sequía terminal que afecto el rendimiento, donde la variedad Negro Veracruz reportó 401 kg/ha y el rendimiento promedio del lote de las variedades fue de 320 kg/ha.

Por el comportamiento de las variedades en las condiciones de sequía terminal podrían representar material interesante para estudios posteriores en esta línea de investigación.

La respuesta productiva de las variedades de frijol en condiciones de sequía terminal, es una alternativa cuando un factor abiótico genera riesgos en el suministro de abasto familiar y comercial.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Refrescamiento de semilla de frijol”.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta-Díaz, Efraín; Trejo-López, Carlos; Ruiz-Posadas, Lucero del Mar; Padilla-Ramírez, J. Saúl; Acosta-Gallegos, Jorge A. Adaptación del frijol a sequía en la etapa reproductiva. Terra Latinoamericana, vol. 22, núm. 1, enero-marzo, 2004, pp. 49-58 Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C.. Chapingo, México

SAGARPA-INIFAP. Agenda Técnica Agrícola de Yucatán. Segunda Edición 2015. ISBN volumen:978-607-7668-16-9. https://ISSUU.com/Senasica/docs/31_yucatan_2015_sin.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

VALIDACIÓN VARIEDADES DE LAVANDA (*Lavandula* spp.) EN TEQUISQUIAPAN, QUERÉTARO, MÉXICO

Rocío S. Díaz Huacuz¹

¹Sitio Experimental Querétaro CEBAJ-CIRCE-INIFAP

diaz.rocio@inifap.gob.mx

Palabras clave: Lavandula, flores moradas.

INTRODUCCIÓN

Se denomina con el término “Lavandas” a un conjunto de especies pertenecientes al género *Lavandula*, de la familia Lamiaceae, consta de 39 especies y más de 100 variedades, las más utilizadas son el espliego (*L. angustifolia*, *L. latifolia*) y los lavandines de origen híbrido (abrial, super y grosso), en menor cantidad, *L. dentata*, *L. stoechas* y *L. pedunculata* (Curioni y Arizio, 2006; Flora Ibérica, 2010).

La lavanda ha sido usada como especia de cocina y componente en las industrias la perfumería alimentos, bebidas, jabones, cosmética y farmacéutica, en muchos casos en forma de aceite esencial (Benabdelkader *et al.*, 2011; Msaada *et al.*, 2012; Zuzarte *et al.*, 2013). Estas aplicaciones tienen relación con sus propiedades sedantes del sistema nervioso central, hipotensoras, antiinfecciosas y bactericidas, debido a que su componente principal es el aceite esencial y este contiene alcoholes terpénicos (linalol, geraniol y borneol) y esterres. Por lo tanto, la lavanda es un remedio eficaz para calmar los nervios y en caso de ansiedad, irritabilidad, taquicardia y migrañas. Es también excelente como tónico digestivo ya que ayuda a expulsar los gases. Por su acción calmante, antiséptica y cicatrizante, en uso tópico, se aplica en baños y compresas para tratar dolores reumáticos, infecciones cutáneas, heridas, picaduras de insectos, entre otros. (SARACCO, 2011).

El promedio de vida de plantas de lavanda sanas y productivas es de 12 años, pero existen casos en que las plantas de lavanda dan notable producción de manera constante durante más de 20 años, requiriéndose para su producción pleno sol y un buen drenaje, pero distintas variedades pueden crecer en climas fríos a subtropicales, una planta de lavanda promedio puede sobrevivir con poco suministro de agua o fertilización, el cultivo comercial de lavanda implica una serie de actividades como son la siembra, el riego, la fertilización, el control de malezas y la cosecha son muy importantes y afectan el rendimiento final (Morales, 2010).

MATERIALES Y METODOS

La validación de variedades de lavanda se realizó en un terreno que se encuentra ubicado en el municipio de Tequisquiapan, entre los poblados de Santillán y La Tortuga, dentro del estado de Querétaro, México, el municipio de Tequisquiapan se encuentra en el lado sur-este del estado de Querétaro. Las coordenadas de ubicación del terreno son: 20° 34' 51.50" N, 99° 55' 46.33" con una altitud de 1905msnm.

El 24 de septiembre del 2020 se hicieron las labores culturales del terreno, se realizó un barbecho y dos rastras, además se aplicó paraquat para eliminar la maleza.

Del 4 al 7 de noviembre del 2020 se hizo el trasplante de las plántulas de lavanda, las variedades validadas fueron: española, spike, sweet, inglesa, provençe y grosso. Estas plántulas se adquirieron en los viveros del rancho San Martín, ubicado en Santa Rita Tlahuapan, Puebla y en el rancho La Santísima Trinidad, ubicado en Dolores Hidalgo, Gto.

Se sembraron 40 plantas por variedad, dando un total de 240 plantas, dos surcos por variedad, entre plantas se sembraron a 50 cm y cada hilera tuvo una distancia de 2.0 metros, esto con la finalidad de hacer esta plantación en un lugar de ecoturismo y que las personas que visiten el rancho puedan caminar entre las plantas.

Como se trasplanto en época de sequía, se realizó cada semana un riego, esto con el fin de tener un buen establecimiento de las plantas, posteriormente se hizo el riego cada mes. Luego fue suficiente con el agua de lluvia.

Se le fueron quitando las flores para inducir a un mayor crecimiento vegetativo, posteriormente a los cuatro meses de establecida la plantación de lavanda, se realizó una poda de formación.

Para que la planta logre un buen desarrollo se quitaron las malas hierbas.

Se fertilizo con el fertilizante 17-17-17, 400 kilos/hectárea, colocándose alrededor de cada planta.

El corte de las flores se realizó en días secos y luego se colocaron a la sombra para eliminar el resto de humedad, posteriormente fue utilizada para hacer sachet (bolsas de tela con flores de lavanda seca), las cuales se guardaron en recipientes herméticos y al resguardo de la luz.

En este trabajo se reportarán el promedio de las variables evaluadas, las mediciones se realizaron en 10 plantas de lavanda por variedad.

Las variables evaluadas fueron las siguientes: Color de la flor (CF), altura de planta (AP), numero de tallos por planta (NT), número de flores por planta (NF).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

En general todas las variedades de lavanda sembradas en la parcela de validación presentaron un buen desarrollo, no existió mortandad.

Color de las flores (CF): Las variedades establecidas en la parcela de validación tienen diferentes tonos de color morado (cuadro 1), siendo el color más característico la española, ya que sobresale de todas las variedades por su color ciruela, las variedades sweet y la inglesa son muy parecidas por su morado oscuro.

Número de tallos (NT): Con respecto al número de tallos por planta se pudo observar que la variedad con más tallos es la española y la de menor número de tallos es la grosso, con 67 tallos. En general todas las variedades presentaron más de 130 tallos por planta (cuadro 1)

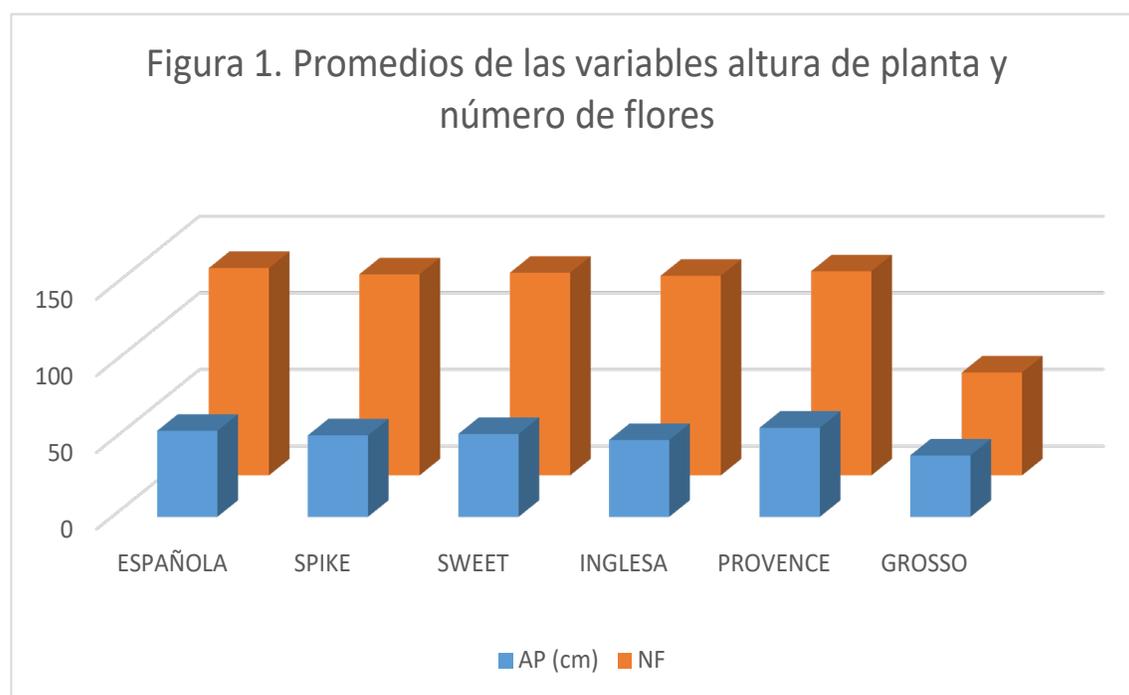
Cuadro 1. Color de las flores y número de tallos de las variedades de evaluadas

| VARIETADES | CF | NT |
|------------|----------------|-----|
| ESPAÑOLA | CIRUELA | 135 |
| SPIKE | MORADO CLARO | 131 |
| SWEET | MORADO OBSCURO | 132 |
| INGLESA | MORADO OBSCURO | 131 |
| PROVENCE | MORADO CLARO | 133 |
| GROSSO | MORADO | 67 |

Color de la flor (CF), número de tallos por planta (NT)

Altura de planta: En la figura 1 se puede observar en color azul los resultados de las alturas de plantas de las variedades evaluadas en este experimento, donde se observa que la variedad que presentó una altura de planta mayor fue la provençence, seguida de la española; la que no tuvo un buen desarrollo fue la variedad grosso.

Número de flores (NF): Los resultados de la variable número de flores se presenta en la figura 1, donde se puede observar que la variedad grosso es la que tiene menor número de flores (67), la variedad española presentó en promedio 135 flores, seguida de la variedad provençence con 133 flores. Los datos que aquí se presentan de la variable número de flores, fueron de los cortes que se hicieron en la poda de formación y en el despunte de las plantas, lo cual se realiza para que la planta tenga un mejor desarrollo. La producción de flores óptima se obtiene a partir del segundo año de floración, entre los meses de junio a septiembre.



CONCLUSIONES

La variedad grosso presentó la altura de planta, número de tallos y número de flores menor, lo que indica que no se está adaptando a las condiciones climáticas de la zona, sin embargo, aunque su crecimiento va lento, no se ha muerto ninguna planta.

Se observa que las variedades provençence y española se están adaptando muy bien a las condiciones climáticas de Tequisquiapan, Querétaro

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Benabdelkader, T., Zitouni, A., Guitton, Y., Jullien, F., Maitre, D., Casabianca, H., Legendre, L., y Kameli, A. (2011). Essential oils from wild populations of Algerian *Lavandula stoechas* L.: composition, chemical variability, and in vitro biological properties. *Chem Biodivers* 8, 937-953.
2. Morales, R., (2010). *Flora Ibérica*. vol. XII. Real Jardín Botánico, CSIC, Madrid, p. 301.

3. Msaada, K., Salem, N., Tammar, S., Hammami, M., Saharkhiz, M.J., Debiche, N., Limam, F., y Marzouk, B. (2012). Essential oil composition of *Lavandula dentata*, *L. stoechas* and *L. multifida* cultivated in Tunisia. *J Essent Oil Bear Plants* 15, 1030-1039.
4. Saracco, A. (2011). Propiedades de la lavanda. (On line) <http://andreasaraccobiocosmetica.wordpress.com/2021/06/04/propiedades-de-la-lavanda> (4 junio 2021)
5. Zuzarte, M., Goncalves, M.J., Cavaleiro, C., Cruz, M.T., Benzarti, A., Marongiu, B., Maxia, A., Piras, A., y Salgueiro, L. (2013). Antifungal and anti-inflammatory potential of *Lavandula stoechas* and *Thymus herba-barona* essential oils. *Ind Crops Prod* 44, 97-103.

Sección: Socioeconómica, validación y transferencia de tecnología

TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE HÍBRIDOS DE MAÍZ H-384A y H-385A

Santiago Ruiz Ramírez^{1*}

¹Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Centro-Altos de Jalisco-CIRPAC.

ruiz.santiago@inifap.gob.mx

Palabras claves: validación, producción, calidad

INTRODUCCIÓN

El maíz es el cultivo agrícola más importante de México, desde el punto de vista alimentario, político, social y económico (Galarza *et al.*, 2012), dicho sector enfrenta grandes retos en lo que compete a suministro de semilla mejorada. Ante tal situación, en el Campo Experimental (CE) Centro Altos de Jalisco del INIFAP. Para lo anterior, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha liberado 168 variedades de maíz registrados en el Catálogo Nacional de Variedades Vegetales (CNVV), con recomendaciones de manejo agronómico, guía para la producción de semilla y las zonas agroecológicas para su siembra, información que se publica en desplegados o folletos técnicos del Instituto. A la lista anterior, año con año se agregan nuevos materiales, para las distintas zonas agroecológicas de México entre las que se incluye la zona subtropical del Pacífico Centro de México donde se ubica el CE Centro Altos de Jalisco. Se han generado híbridos de grano amarillo para la zona subtropical del Pacífico Centro de México.

La adopción de éstos materiales, dependerá del potencial de rendimiento y calidad de semilla de las líneas progenitoras y de los híbridos a nivel comercial. Por ello, el objetivo es identificar las proporciones óptimas de los parentales para la producción de semilla de los híbridos H-384A y H-386A, durante el ciclo agrícola otoño-invierno en la zona subtropical de México.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó el ciclo Otoño-Invierno 2016-2017 en Coquimatlán, Colima [A1]; Valle de Banderas, Nayarit [A2] y Villa Hidalgo, Nayarit [A3] (Cuadro 1). En cada localidad se establecieron lotes de producción de semilla de los híbridos de grano amarillo H-384A y H-385A cuyos progenitores son: la cruce simple de las líneas B-4A X B-6A (Hembra), B-7A (macho), y B-4A X B-6A (Hembra) B-7A X B-8A (Macho) Respectivamente. Las proporciones de hembras y machos fueron: 4:2 [P1] y 6:2 [P2]. El diseño experimental utilizado fue en completamente al azar con arreglo factorial de tratamientos y cuatro repeticiones; donde cada unidad experimental consistió en parcelas de 30 surcos con 20 metros de largo. Las hembras se desespigaron en forma manual y los machos se eliminaron de la parcela pasada la floración masculina y antes de la cosecha de las hembras.

Las variables respuesta para hembra y macho fueron: días a floración masculina de los machos (FM), días a floración femenina de las hembras (FF), altura de planta (AP), altura de mazorca (AM), porcentaje de olote en mazorcas de hembras (OLO), porcentaje de semilla en mazorcas de hembras (SEM), rendimiento de semilla comercial (REND), Peso de mil semillas (PMS), número de semillas por kilogramo (Sem/Kg), peso hectolítrico de la semilla (PH) las cuales se tomaron con base al procedimiento descrito por la ISTA (2004). Con los valores obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y en las variables respuesta, donde se observó diferencia estadística significativa se hizo una comparación de medias (Tukey $P \leq 0.05$). Todo lo anterior en SAS V.9.1 (SAS Institute, 2002).

Cuadro 1. Condiciones agroclimáticas de las localidades de evaluación

| Localidad | Municipio y Estado | Altitud msnm | Temperatura media °C | Clima | Ubicación | |
|-------------------------------|------------------------------|--------------|----------------------|------------------|-----------|------------|
| | | | | | Latitud N | Longitud W |
| Coquimatlán (A1) | Coquimatlán, Colima. | 400 | 26.1 | Cálido Subhúmedo | 19°11'52" | 103°48'41" |
| Bahía de Banderas (A2) | Valle de Banderas, Nayarit. | 40 | 24.6 | Cálido Subhúmedo | 20°48'54" | 105°11'30" |
| Villa Hidalgo (A3) | Santiago Ixcuintla, Nayarit. | 30 | 26.5 | Cálido Subhúmedo | 21°44'36" | 105°13'51" |

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es indispensable conocer el comportamiento de los progenitores, líneas y cruza simples, en las localidades de producción y su interacción con el ambiente para obtener una semilla híbrida de calidad (Virgen *et al.*, 2016). En el análisis de varianza se observaron diferencias significativas en la mayoría de las variables respuesta para los genotipos, ambientes y las proporciones de hembras y machos (datos no mostrados); por tanto, se deben identificar los ambientes y proporciones en las cuales se obtenga el máximo de producción de semilla para cada genotipo.

Todas las variables respuesta mostraron diferencias significativas con los efectos de híbridos, ambiente y proporción de hembra vs macho (datos no mostrados). La prueba de Tukey estableció diferencias en las variables estudiadas, respecto a los factores de variación, en la comparación de medias (Cuadro 2). Los ambientes causaron variación en los días a floración; siendo en Coquimatlán, Colima donde los materiales tienen mayor precocidad, contrario a lo que se observó en Villa Hidalgo, Nayarit. En el caso de las características físicas del grano, la mayor influencia del ambiente se observó en el peso de 1000 semillas, siendo Villa Hidalgo la localidad donde se obtuvo el peso más alto respecto de las otras dos; además en dicha localidad el rendimiento de semilla en toneladas duplicó a lo que se obtuvo en Coquimatlán, Colima y Valle de Banderas, Nayarit.

Cuadro 2. Medias de las variables evaluadas para las localidades y proporciones de siembra.

| Variables | Localidades | | | Proporciones | | | |
|--------------------------|-------------|----------|----------|--------------|----------|---------|--------|
| | A1 | A2 | A3 | DMS | P1 | P2 | DMS |
| FM (Días) | 69.25 c | 70.75 b | 74.87 a | 0.305 | 71.62 a | 71.62 a | 0.207 |
| FF (Días) | 69.5 c | 70.25 b | 75.06 a | 0.278 | 71.54 a | 71.66 a | 0.189 |
| AP (m) | 2.34 a | 2.39 a | 2.34 a | 0.063 | 2.30 b | 2.41 a | 0.0428 |
| AM (m) | 1.34 a | 1.39 a | 1.34 a | 0.086 | 1.41 a | 1.30 b | 0.0588 |
| OLO (%) | 22.16 a | 19.62 ab | 18.38 b | 2.955 | 20.03 a | 20.08 a | 2.0021 |
| SEM (%) | 77.83 b | 80.37 ab | 81.61 a | 2.955 | 79.96 a | 79.91 a | 2.0021 |
| PH(Kg hL ⁻¹) | 79.73 a | 80.12 a | 80.72 a | 1.379 | 80.13 a | 80.25 a | 0.9345 |
| PMS (gr) | 308.68 b | 303.75 b | 358.68 a | 18.57 | 323.41 a | 324 a | 12.582 |

| | | | | | | | |
|-------------|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------|--------|
| Sem/Kg(No) | 3256.25 a | 3296.38 a | 2799.56 b | 158.5 6 | 3121.46 a | 3113.33 a | 107.42 |
| REND (t/ha) | 5.13 b | 4.50 b | 10.15 a | 1.209 8 | 6.76 a | 6.41 a | 0.8196 |

Días a floración masculina (FM), Días a floración femenina (FF), Altura de planta (AP), Altura de mazorca (AM), Porcentaje de olote (OLO), Porcentaje de semilla (SEM), Rendimiento de semilla comercial (REND), Peso de mil semillas (PMS), Numero de semillas por kilogramo (Sem/Kg) y Peso hectolítrico de la semilla (PH). DMS= Diferencia Mínima Significativa. Valores en la misma hilera para cada fuente de variación, seguidos de la misma letra no son estadísticamente diferentes (Tukey, $p \leq 0.05$).

Aunque en el análisis de varianza se observó diferencias estadísticas significativas debido a la proporción de plantas macho vs hembra la prueba de medias con $p \leq 0.05$ solo mostro diferencia en altura de planta y mazorca, lo que probablemente se pueda atribuir a las características genéticas de los progenitores.

Existen muchos factores que son clave en el éxito de la producción de semilla, entre ellas la proporción de los surcos de hebra a surcos de macho. Al respecto MacRobert *et al.* (2015) señalan que las proporciones más comunes son: 2:1, 3:1 y 6:2; sin embargo, los resultados obtenidos en el presente estudio indican que es posible aumentar la proporción de hembras sin sacrificar rendimiento de semilla.

Para cubrir la demanda de semilla solicitada a cualquier empresa semillera, será siempre necesario determinar las condiciones óptimas para lograr el máximo de beneficio. Virgen *et al.* (2016) señalaron que la perdida en la producción de semilla se puede atribuir al vigor de las líneas, la variación de los ambientes y la interacción genotipo x ambiente entre otros. Generar una buena recomendación para la producción de los híbridos del INIFAP, será la ventana que permitirá su adopción por los productores de semilla de México. Al observar las medias de las variables estudiadas, el híbrido H-385A, supera al H-384A, debido a que en los tres ambientes y en las dos proporciones, muestra ventaja en las variables de producción y calidad de semilla, siendo el porcentaje de semillas uno de los parámetros más sobresalientes, reflejándose en el rendimiento y calidad fisiológica de la misma. El mejor ambiente para producción de semilla fue Villa Hidalgo (VH), en lo que respecta a las proporciones, la 4:2 muestra mejor respuesta. Sin embargo, podemos tomar en cuenta que el macho de H-385A es una crusa simple, con buena ramificación de la espiga y mediante dispersión mecánica de polen (actividad que no se hizo en esta investigación) se puede establecer la proporción 6:2 para aumentar el rendimiento de la producción de grano.

CONCLUSIONES

El comportamiento de los híbridos de maíz grano amarillo, supero las expectativas y logrando adaptarse a los tres ambientes (localidades), donde se establecieron, sin embargo, Villa Hidalgo, Nayarit presentó la mejor condición en interacción con el genotipo G2 y la mejor proporción para producción de semilla es P2 o 6:2, es decir seis surcos de hembra y dos de macho.

El validar y conocer la calidad de semilla, permite la toma de decisiones en establecimiento de nuevas tecnologías y el éxito en lotes de producción de semilla, a pesar de los diferentes ambientes, los genotipos expresaron positivamente a las condiciones y arreglos topológicos, siendo ambientes recomendables para producción de semilla.

AGRADECIMIENTOS Y/O FUENTE DE FINANCIAMIENTO

El presente trabajo fue posible con recursos propios INIFAP-CIRPAC-CE Centro Altos de Jalisco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Galarza M.J.M., et al. 2012. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. México. Pp. 13.
2. International Seed Testing Association (ISTA), 2004. International Rules for Seed Testing. P.O. BOX 308, 8303 Basserdorf, CH – Switzerland. ISBN 3 –906549 – 38 – 0. Chapter 3, 4, 5 y 9.
3. MacRobert, J. F.; Setimela, P. S.; Gethi, J. y Worku, M. 2014. Manual de producción de semilla de maíz híbrido. México, D.F.: CIMMYT.

4. SAS Institute. 2002. SAS/STAT User's Guide: Statistics. SAS Institute, Inc. Cary, NC, USA. 5136 p.
5. Virgen-Vargas, Juan, Zepeda-Bautista, Rosalba, Ávila-Perches, Miguel Ángel, Espinosa-Calderón, Alejandro, Arellano-Vázquez, José Luis, Gámez-Vázquez, Alfredo Josué, Producción y calidad de semilla de maíz en Valles Altos de México. *Agronomía Mesoamericana* [en línea] 2016, 27 (Enero-Junio). <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43743010019> (consultado el 23 de junio de 2021).

Sección: Agrícola g) socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

Tipo de presentación: Cartel

IMPACTOS SOCIO-ECONÓMICOS DE LA TRANSFERENCIA DEL MODELO DE CADENA DE VALOR EN UNA PEQUEÑA EMPRESA FRUTÍCOLA.

Zamir Cobas Sánchez^{1*}, Claudia Chávez Hernández¹, Juan Pérez Lamas², Michely Vega León³, Juan Gabriel Pérez Fiallo⁴.

¹Entidad de Ciencia Tecnología e Innovación “Sierra Maestra”,²Programa de Apoyo a una Agricultura Sostenible (PAAS),³Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical,⁴Universidad Agraria de La Habana.

zcobas940705@gmail.com

Palabras claves: cadena de valor, innovación participativa, desarrollo local.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las cadenas de valor se reconoce como apropiado para promover el desarrollo de las zonas rurales, aumentando la comercialización de los alimentos agropecuarios y mejorando los niveles de vida de los pobladores y sus comunidades (Kherallah, 2016).

En los últimos tiempos, en Cuba, se han iniciado un grupo de proyectos nacionales e internacionales que contribuyen al fortalecimiento de las cadenas productivas agroalimentarias y a su transformación hacia cadenas de valor, aunque sólo pocos han llegado a materializarse. En este sentido, el Proyecto “Programa de Apoyo para una Agricultura Sostenible” (PAAS), se desarrolló en un contexto adecuado para reafirmar los conceptos de la producción agroecológica (Pérez Lamas, *et al.*, 2020).

Por tanto, el objetivo de esta investigación es aplicar y validar, como elemento novedoso, un modelo de cadena de valor con enfoque de riesgo, impulsado por los productores para potenciar el autoabastecimiento municipal sobre la base del desarrollo local.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado por la pequeña empresa frutícola, se fundamentó en los principios básicos de la NC-ISO 31000. Sobre esa base se diseñó una metodología para la aplicación del enfoque de riesgos en la cadena de valor de frutas frescas y procesadas, tomando como caso de estudio a la Finca “La Ignacita”. El modelo fue el utilizado por el Proyecto PAAS. Este se basa en el desarrollo de cadenas de valor de alcance local incorporándole en esta aplicación la gestión de riesgos como elemento innovador.

Para el análisis de la cadena, se seleccionó el método de mapa de riesgos operativos, a partir de la información recopilada por los líderes de los procesos, grupos de apoyo y expertos. Con este, se trazaron los siguientes pasos:

- i. Elaboración del mapa de proceso de la cadena de valor
- ii. Elaboración de la matriz de riesgos significativos
- iii. Identificación de los puntos críticos de control
- iv. Impactos socio-económico de los indicadores seleccionados del caso de estudio.

La recolección y elaboración de las informaciones, se realizó a partir de talleres participativos y trabajos grupales con los actores de la cadena.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra el mapa de la cadena de valor. Este indica la secuencia del funcionamiento del modelo de cadena de valor con enfoque de riesgo. Como parte del análisis, se identificaron seis acciones de control, cinco certificaciones e inspecciones sanitarias, siete formas que integran la transferencia de suministros, tecnologías e innovaciones, seis maneras de gestionar los residuos; partiendo de los generados tanto en la parte agrícola como la agroindustrial y tres segmentos de mercados para la comercialización, sobre la base del autoabastecimiento municipal.

Dentro de la elaboración de la matriz de riesgos significativos, fueron identificados 24 eslabones con 46 riesgos significativos, y se propusieron 67 medidas a aplicar a corto, mediano y largo plazo, con una visión holística. Debido al impacto que tienen los eslabones en el funcionamiento del modelo, se establecieron 10 puntos críticos de control a lo largo de la cadena de valor.

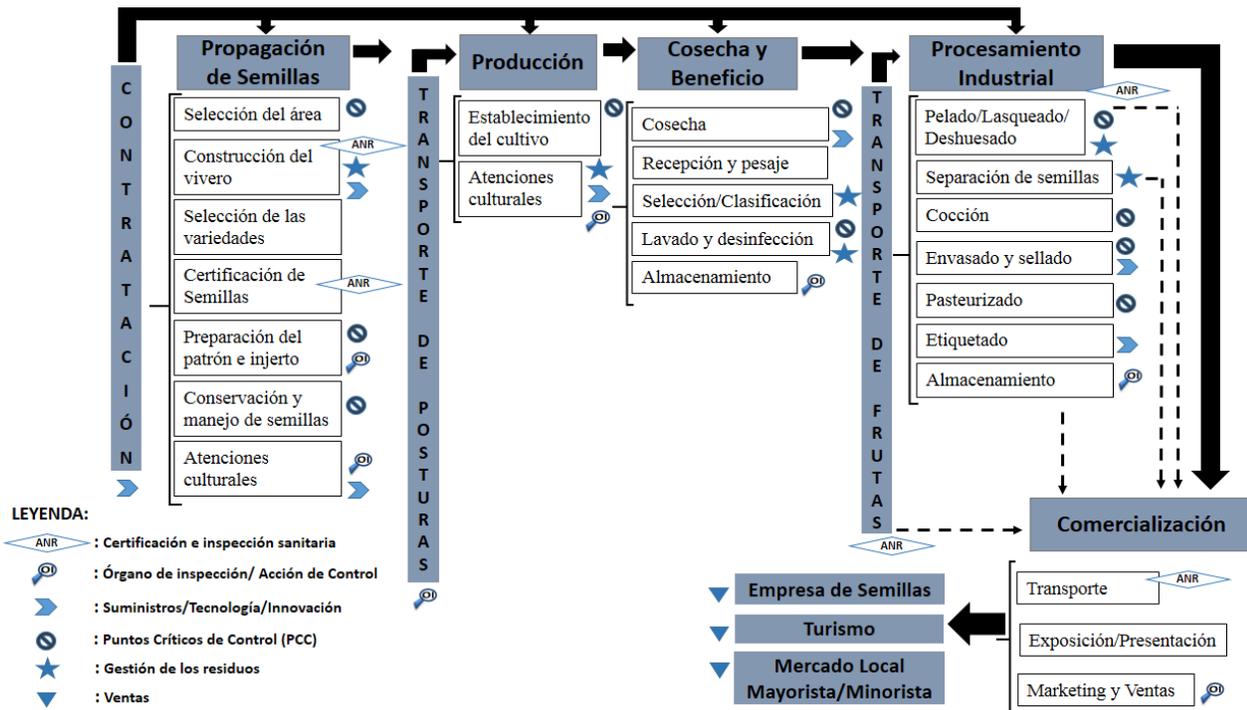


Figura 1: Mapa de proceso de la cadena de valor de frutas frescas y procesadas.

En la figura 2, se muestra los resultados obtenidos de los diferentes indicadores establecidos en la Finca “La Ignacita” en el período (2018-2020).

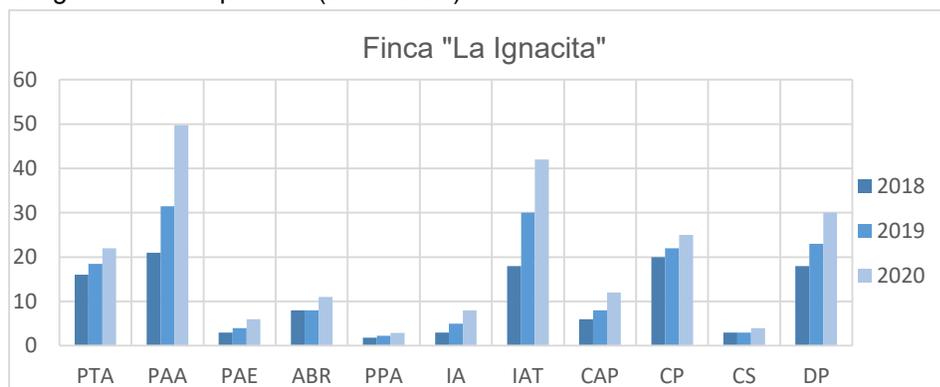


Figura 2: Resultados obtenidos de los indicadores establecidos en la Finca “La Ignacita”.

Leyenda:

- PTA: producción total anual (t x 10)
- PAA: producción anual de alimentos (t)
- PAE: aplicación de prácticas agroecológicas (u)
- ABR: área bajo riego (ha)
- PPA: productividad promedio anual por trabajador (t/trab)
- IA: innovaciones aplicadas
- IAT: ingreso anual promedio de trabajador (x 1000 pesos)
- CAP: capacitaciones (u)
- CP: cantidad de productores
- CS: aplicación de medidas de conservación del suelo (u)
- DP: diversidad productiva (u)

Como innovaciones aplicadas en la Finca “La Ignacita”, se encuentra la certificación sanitaria e implementación del sistema de gestión de la calidad. Otra innovación fue la adopción de la economía circular al modelo de cadena de valor, incorporándole como elemento novedoso la gestión y el análisis de riesgo a todos los eslabones de la cadena, como expone (Fernández Rodríguez, 2021).

En el impacto económico, se evidenció a partir de los siguientes elementos: (i) El aumento de los niveles de productividad. Se registraron un incremento en la producción en 220 t para el año 2020, con un rendimiento de 20 t.ha⁻¹ y una productividad promedio anual de 2.9 t por trabajador. Esto está condicionado por el aprovechamiento de las áreas cultivables, a través del uso de la tecnología de policultivo. (ii) La diversidad productiva. Al cierre del año 2020 ascendieron a 30 tipos de productos procesados, siete más que los registrados en el 2019 y 12 más en comparación con el año 2018. Esto garantizó, un mayor número de personas beneficiadas e incrementó la red de comercialización a nivel local. (iii) Incremento de la rentabilidad de la finca, producto de ello se elevaron los salarios anuales de los trabajadores en 42000 pesos al cierre del 2020. En comparación con el año 2018 y 2019, se evidenciaron un aumento per cápita de 12000 pesos y 7000 pesos respectivamente. Esto permitió mayores aportes a la comunidad para el desarrollo local.

En el impacto social, implementar el modelo de cadena de valor con enfoque de riesgos, implicó la existencia de nuevas fuentes de empleos, potenciando la participación femenina. En el 2020 se registraron un total de 25 trabajadores, tres más que en el 2019 y cinco más en comparación con los registrados en el año 2018. Otro elemento a destacar de gran impacto social, es el aumento de las capacitaciones al personal de la pequeña empresa frutícola.

En el impacto medioambiental, se favoreció el uso de la tecnología de policultivo, se condicionó un mejor aprovechamiento de los insumos, a través de la gestión de residuos. Los residuos de cosecha y del proceso industria, se utilizaron en la alimentación animal y en la producción de materia orgánica (Palomino Siza, 2010), (Pérez Lamas, *et al.*, 2020). Como medidas de conservación de suelo, se introduce la aplicación de

biofertilizantes orgánicos tales como: microorganismos eficientes y ECOMIC. El uso de estas prácticas agroecológicas está en correspondencia con el concepto de fincas integrales de frutales (Palomino Siza, 2010).

CONCLUSIONES

La aplicación y validación del modelo de cadena de valor logró generar impactos socio-económicos favorables para la Finca “La Ignacita”. Esto garantizó altos niveles en el autoabastecimiento municipal que tributan una mejor calidad de vida a la comunidad y a su desarrollo local. Esta experiencia parte como una referencia de análisis para el desarrollo del sector frutícola cubano.

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del Proyecto PAAS “Programa de Apoyo para una Agricultura Sostenible”, financiado por COSUDE de Suiza e HIVOS de Holanda, en colaboración con la Entidad de Ciencia, Tecnología e Innovación (ECTI) “Sierra Maestra”. Su contenido responde a una de las demandas identificadas en Cuba “*Más alimentos, con más ciencia*” y sostiene que, a través de la aplicación del enfoque de riesgo, es posible mejorar el desempeño de las cadenas de valor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Palomino Siza, Luis B. (2010). Diseño de un modelo de granja integral agroecológica para la finca “EL Ganso” de la Universidad de Pinar del Río “Hermanos Saiz Montes de Oca”. Tesis presentada en opción al título de Máster en Ciencias en Agroecología y Agricultura Sostenible, Pinar del Río, Cuba.
2. Fernández Rodríguez, Nancy. (2021). La Calidad: Elemento vital para una economía competitiva. Revista Cubana de Administración Pública y Empresarial. Vol. 5 Núm. 1 / enero-abril (2021) / p. 4-17. Disponible en: <https://apye.esceg.cu/index.php/apye/article/view/152>.
3. Pérez Lamas, J., M. d. Pérez Hernández, J.L. González Olmedo, M. González Pérez y A. Ruiz Bárcenas (2020). *Una nueva forma de gestión para entidades agropecuarias: Cadenas de Valor Agroalimentarias. Estudios de caso*. La Habana: Editora Agroecológica
4. Kherallah, M., Camagni, M. (2016). Inclusión sostenible de pequeños productores en cadenas de valor agrícolas. Ampliación de Escalas.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

TRANSFERENCIA DE COMPONENTES TECNOLÓGICOS ADECUADOS PARA AGRICULTURA DE TEMPORAL EN LOS CAPULINES, CELAYA, GUANAJUATO

Andrés Mandujano Bueno^{1*}, José Alfonso Aguirre Gómez¹, Edgar Rendón Poblete², Antonio Valadez Ramírez², Georgina Suarez Díaz², Francisco Paúl Gámez Vázquez¹, Juan José García Rodríguez¹.

¹Campo Experimental Bajío CIRCE-INIFAP, ²Tierra en el Alma A.C.

mandujano.andres@inifap.gob.mx

Palabras clave: sustentabilidad, participación campesina, integración.

Introducción

En México la pobreza es uno de los principales problemas, y la pobreza extrema se manifiesta en mayor proporción en el medio rural (Rodríguez-Hernández, 2013). El sector agropecuario mexicano enfrenta una gran problemática, resultado de la conjugación de factores sociales, económicos, tecnológicos y ambientales. Actualmente 3.9 millones de unidades económicas rurales (UER's) se consideran de subsistencia (73 % del total nacional), con bajo nivel de desarrollo humano y nula capitalización social y productiva, limitada vinculación al mercado e ingresos anuales netos menores a 17 mil pesos (Diario oficial, 2013). En este estrato, los productores difícilmente tienen acceso a educación, conocimiento y tecnología que apoyen el incremento de su productividad, ingreso y calidad de vida (CONEVAL, 2013), en parte porque el sistema de extensión y capacitación es prácticamente inexistente y los esfuerzos que se realizan son infructuosos (Muñoz y Horacio, 2010), en parte porque carecen de metodología y personal con vocación. De igual forma, el sector agropecuario, en todos sus estratos empresarial, tradicional y de subsistencia, enfrenta agotamiento y deterioro de recursos naturales, especialmente, suelo, agua y biodiversidad ya que durante los últimos 30 años el incremento de la productividad se basa en el uso de maquinaria, semillas mejoradas, pesticidas, sin considerar la conservación de los recursos naturales en las diversas regiones del país. En la zona noreste de Celaya, Guanajuato, la producción agrícola se realiza bajo condiciones de temporal y no está exenta de los problemas antes señalados, en esta región se localizan Los Capulines, localidad que presenta alto grado de marginación e índice medio de rezago (CONAPO, 2021). Las unidades de producción agrícola de Los Capulines se distribuye en una superficie cercana a 500 ha, todas ellas de temporal, los principales cultivos son maíz y frijol, para su producción se utiliza semilla criolla seleccionada en la troje y en ocasiones semilla híbrida donada por el municipio. Se tienen problemas de plagas de almacén, no se fertiliza con abonos químicos, se utilizan pocos pesticidas para el control de plagas como el gusano cogollero del maíz, mosquita blanca y conchuela en el frijol. En el 35% de las parcelas se utiliza el policultivo maíz frijol calabaza y en el resto el monocultivo de maíz. Los suelos son vertisoles moderadamente profundos, algunos de ellos cuentan con piso de arado. La principal fuerza de tracción de los agricultores es animal, los arados que utilizaban al inicio del trabajo eran de vertedera ancha. El objetivo del presente trabajo fue desarrollar capacidades en pequeños agricultores de Los capulines para adoptar e implementar prácticas y componentes tecnológicos que les permitan incrementar la productividad y rentabilidad de las unidades de producción y la competitividad bajo un enfoque de aprovechamiento sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se trabajó con un grupo de 15 productores de maíz, de los cuales 15% producen con el sistema milpa maíz, frijol calabaza y el resto con monocultivo de maíz. El trabajo se realizó entre 2017 y 2020. Al inicio del proyecto se realizaron talleres participativos donde en conjunto investigadores, técnicos y productores identificaron los problemas técnicos, económicos, ambientales y sociales alrededor de la producción del cultivo de maíz, de igual manera, en conjunto se realizaron recorridos a las unidades de producción para caracterizar las parcelas. En los primeros dos años de cultivo, durante el ciclo se levantaron bitácoras técnicas de las actividades realizadas desde la preparación del terreno hasta la comercialización de la producción. En base a la información recolectada, se identificaron los principales problemas y oportunidades, se programaron cursos, talleres y se establecieron parcelas escuela permanentes donde se trabajaron prácticas y componentes tecnológicos enfocados a la labranza de conservación, nutrición orgánica, manejo ecológico de plagas, selección de semilla y almacenamiento eficiente de granos y semillas, siempre contrastando con un testigo local. En las parcelas escuela se realizaron eventos demostrativos en los que los productores compartieron con otros productores de la región sus experiencias y

aprendizajes, de igual forma el técnico e investigador reforzaron con información, conceptos y principios en que se fundamentan las prácticas y componentes tecnológicos transferidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los principales problemas identificados de la producción de maíz en los capulines fueron: precipitación escasa y errática, suelos compactados en el 10% de las unidades de producción, altos costos en la preparación del suelo ya que en el 85% de los predios se realiza barbecho y rastra, uso de grano como semilla, fuerte incidencia de plagas: gusano cogollero como principal plaga del maíz, mosquita blanca y conchuela para frijol y escasas acciones de control, baja productividad del maíz apenas 500 kg por ha, plagas de almacén que causan pérdidas alrededor del 25% del grano almacenado. Las principales prácticas y componentes tecnológicos en las que se capacitaron los productores y que se establecieron en las parcelas escuelas a lo largo de estos años con la integración de productores, técnicos e investigadores son: Trazo de curvas de nivel, rotura vertical, Inoculación de semilla con biofertilizantes, Monitoreo de plagas, aplicación de preparados órgano minerales para control de plagas, enfermedades y nutrición, selección de semilla en planta, almacenamiento hermético de semilla, monitoreo de la precipitación y temperatura de la región de trabajo. Con el entendimiento y adopción de estas tecnologías, la producción promedio actual de maíz es de 1,200 kg por ha, cabe señalar que esta productividad se ha logrado con los materiales criollos de la región, así como otros criollos que han sido evaluados por los agricultores. Gracias al esfuerzo de los involucrados, 100% de los productores atendidos cuenta con silos herméticos para almacenar sus granos y semillas, además cuentan con el conocimiento para almacenar sus granos bajo el principio de hermeticidad en recipientes más baratos, además elaboran y aplican insecticidas órgano minerales para control de plagas.

CONCLUSIONES

El trabajo integrado entre productores, técnicos e investigadores es la base para encontrar las mejores alternativas de solución de la problemática en la producción agrícola y la base del proceso de transferencia de prácticas y componentes tecnológicos adecuados para las condiciones de la agricultura de temporal de Los Capulines, Celaya.

Al trabajar en el desarrollo de capacidades de los pequeños agricultores de maíz de Los Capulines ha permitido que los productores cambien su actitud, en el entendimiento de su problemática y busquen alternativas viables para su solución, lo que ha ayudado a incrementar la productividad, rentabilidad y competitividad bajo un enfoque de aprovechamiento sustentable y sostenible.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a los productores de Los Capulines y a la comunidad en general por su gran apoyo y disponibilidad para trabajar en conjunto con técnicos e investigadores.

Un reconocimiento especial a Tierra en El Alma A. C., por el entusiasmo para promover el desarrollo humano y la capitalización social y productiva de los habitantes de Los Capulines.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CONAPO. 2021. Sistema de apoyo para la planeación del programa para el desarrollo de zonas prioritarias del CONEVAL. Disponible en <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=11&mun=007> (fecha de consulta 30 de julio de 2021).
2. CONEVAL. 2013. Dirección de información y comunicación social (en línea) comunicado de prensa no.003 CONEVAL informa los resultados de la medición de pobreza 2012. México, Distrito Federal a 29 de julio de 2013.
3. DIARIO OFICIAL. 2013. Programa Sectorial de Desarrollo Agropecuario, Pesquero y Alimentario 2013-2018. Viernes 13 de diciembre de 2013, pp: 50-112.

4. Muñoz R. M. y V. Horacio S. 2010. Del extensionismo a las redes de innovación. En: Aguilar Á., J., J. R. Altamirano C. y R. Rendón M. (coords). Del extensionismo agrícola a las redes de innovación rural. 1ª edición en español. Universidad Autónoma Chapingo. 31-69 pp.
5. Rodríguez-Hernández, R., Cadena-Iñiguez P., Morales-Guerra M., Jácome-Maldonado S., Góngora-González S., Bravo-Mosqueda E. y Contreras-Hinojosa J.R. 2013. Competitividad de las unidades de producción rural en santo domingo Tejomulco y San Jacinto Tlacotepec, sierra sur, Oaxaca, México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo, 10 (1).

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

ANÁLISIS ESPACIAL DE LA UNIDAD PRODUCTIVA EJIDAL EN LA ZONA MAYA DE QUINTANA ROO, COMO ELEMENTO DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA DE LOS HOGARES RURALES 1978-2015.

Oscar Iván Reyes Maya*1, Lorenzo Reyes Reyes2, Miguel Ángel Berrera Rojas3

1Departamento de Economía-UAM-I; 2DICEA-UACH; 3UQRoo

oscar.ivanreyes@hotmail.com

Palabras Clave: Zona Maya, análisis espacial, ejido.

Introducción.

Los cambios en la estructura productiva y social del sector rural mexicano, han tenido repercusiones a diferentes escalas. Si bien, la pérdida de superficie cultivable por el crecimiento de la mancha urbana es una constante, existen casos en los que no solo se ha mantenido la superficie agrícola, sino que se ha incrementado. Tal es el caso de los ejidos de la Zona Maya de Quintana Roo, en donde la atomización de la tierra en pequeña propiedad o la urbanización de lo rural, no ha sido un determinante para la pérdida de capacidades productivas de los hogares rurales. La presente investigación tiene como objetivo demostrar que en los ejidos de los municipios de José María Morelos y Felipe Carrillo Puerto (Zona Maya), el factor productivo tierra no es una limitante del desarrollo rural, para ello, se realizó mediciones de los cambios de cobertura vegetal mediante el análisis de los usos de suelo para Quintana Roo y el cálculo de los índices de cambio y participación para poder diferenciar los efectos estatales, sectoriales y del sector en la región. Los resultados de la medición, descartan empíricamente los postulados teóricos de la *nueva ruralidad* (Grammont, 2016) sobre la desposesión de superficie parcelada y al mismo tiempo hace evidente un sistema productivo extensivo en tierra y mano de obra.

Materiales y métodos

Para el análisis del uso de suelo se realizaron los cálculos en base a las series I, II, III, IV, V y VI de INEGI de uso de suelo a nivel nacional en escala 1:250, 000 (INEGI, 2017), se recortaron en QGIS para el Estado de Quintana Roo, los ejidos del mismo Estado y finalmente para la zona de estudio. De esta manera se calculan las superficies correspondientes a los usos de suelo de las categorías: Selva, Vegetación Secundaria, Urbano y Agrícola.

Si bien la estimación de la superficie que corresponde a cada cobertura de suelo es importante en sí, el análisis se hace no solo de su magnitud, sino de su comportamiento a niveles escalas espaciales y temporales con la estimación del índice de cambio y participación, ajustado para estimar los coeficientes de uso de suelo para poder identificar dinámicas sectoriales y regionales a diferentes escalas (Reyes, 2021), expresado matemáticamente como:

$$\Delta use_i = \left[\left(\frac{US_t^1}{US_t^0} \right) - 1 \right] + use_i^0 \left[\left(\frac{UE_i^1}{UE_i^0} \right) - \left(\frac{US_t^1}{US_t^0} \right) \right] + use_i^0 \left[\left(\frac{use_i^1}{use_i^0} \right) - \left(\frac{UE_i^1}{UE_i^0} \right) \right]$$

Donde:

use_i^0 = uso de suelo ejidal en la región al inicio del periodo.

use_i^1 = uso de suelo ejidal en la región al final del periodo.

US_t^0 = Uso de suelo Estatal al inicio del periodo.

US_t^1 = Uso de suelo Estatal al final del periodo.

UE_i^0 = Uso de suelo Ejidal Estatal al inicio del periodo.

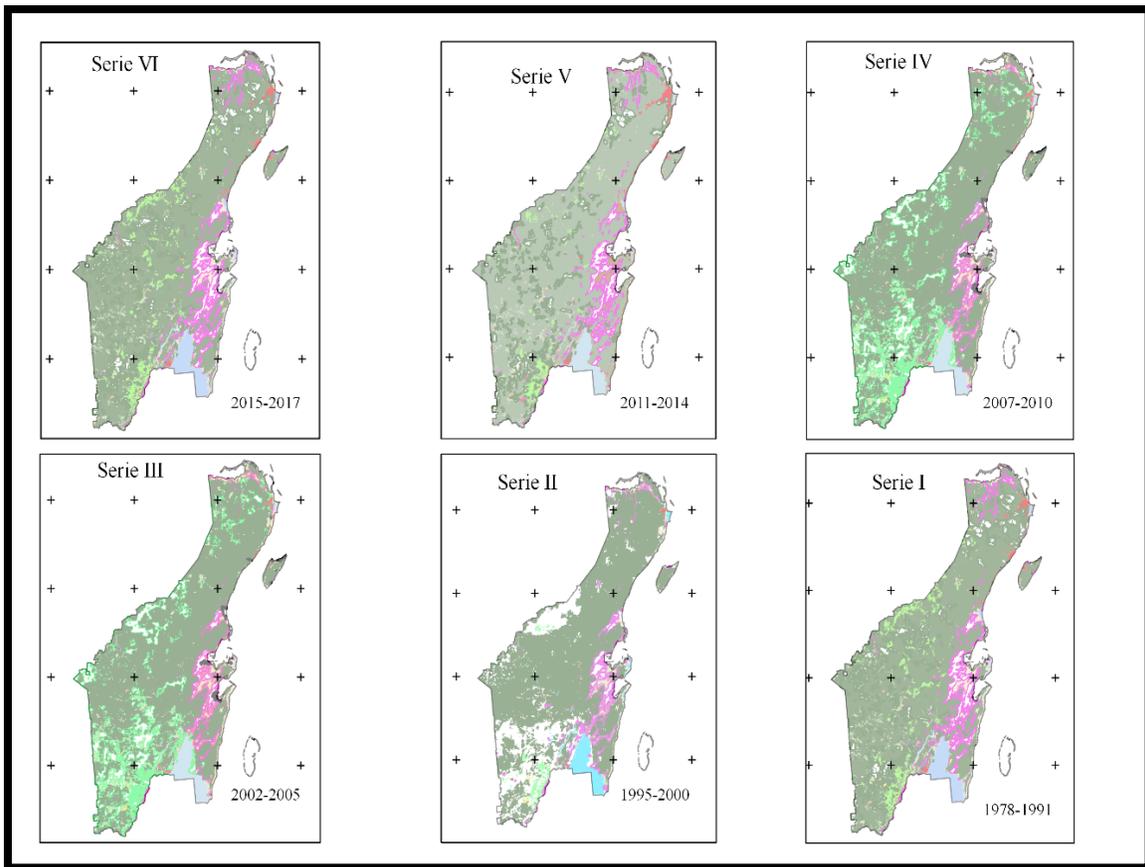
UE_i^1 = Uso de suelo Ejidal Estatal al final del periodo.

Resultados y Discusión.

Los cambios en la cobertura de suelo en Quintana Roo tiene gran dinamismo en términos estatales, en donde es notable el crecimiento del uso de suelo Urbano, sin embargo, si se analiza la unidad de producción ejidal que comprende poco menos de 3 millones de hectáreas de las 4.5 millones que compone en total

Quintana Roo, podemos asegurar que el crecimiento de la actividad agrícola ha tenido una dinámica diferente al comportamiento Estatal.

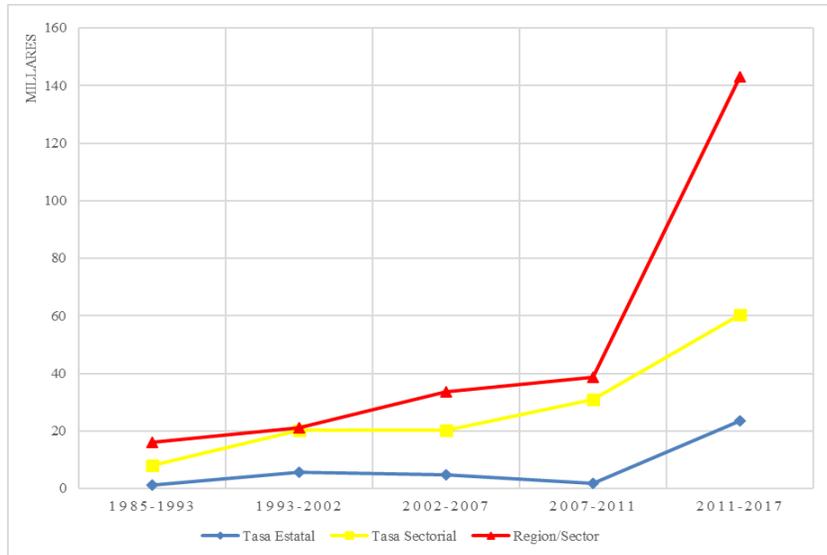
Mapa 1. Uso de suelo Quintana Roo, 1978-2017.



Fuente: Elaborado en QGIS, con datos de INEGI, 2017.

Sin embargo, la superficie ejidal en la Zona Maya, es la que incrementa en mayor medida la superficie sembrada sobre todo entre el periodo 2007-2011 y 2011-2017. Por tanto, es la dinámica regional sectorial, la que explica en mayor medida el crecimiento de la superficie sembrada en Quintana Roo, es decir que los ejidos de la Zona Maya han incrementado la superficie sembrada por encima del comportamiento estatal y de los ejidos en el estado (Véase, Gráfica 1).

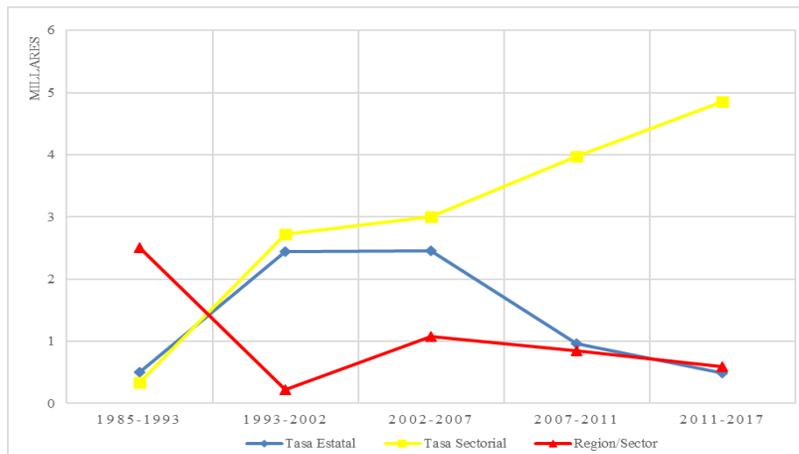
Gráfica 1. Índice de cambio y participación desagregado por efectos Estatal, Sectorial y Región Sector, para uso de suelo Agrícola Quintana Roo (miles de hectáreas).



Fuente: Elaborada con datos de Serie I, II, III; IV; V, VI. INEGI.

Respecto a la superficie con cobertura urbana, es notable como se diferencia el crecimiento según la escala de análisis. Respecto a los ejidos de la Zona Maya, primero se dio un decremento, seguido de un periodo con una pequeña alza que se estabiliza hacia el periodo final. Caso contrario el de los ejidos de Quintana Roo, puesto que en todos los periodos han presentado un incremento en la superficie urbana de manera sostenida. Por tanto, se puede afirmar que el rápido crecimiento urbano que se dio a nivel Estatal, está en gran medida determinado por la urbanización si de los ejidos, pero de los que se encuentran fuera de la zona de estudio (Véase, Grafica 2).

Gráfica 2. Índice de cambio y participación desagregado por efectos Estatal, Sectorial y Región Sector, para uso de suelo Urbano Quintana Roo (miles de hectáreas).



Fuente: Elaborada con datos de Serie I, II, III; IV; V, VI. INEGI.

Conclusiones.

El análisis de Quintana Roo como un todo, deja fuera del diseño de políticas públicas las dinámicas sectoriales y regionales que definen el comportamiento de una región dedicada mayoritariamente a la agricultura como lo es la Zona Maya y particularmente la unidad de producción ejidal. En este sentido, la presente investigación aporta evidencia empírica contundente que descarta los postulados teóricos de la nueva ruralidad (Grammont, 2016), el proletariado agrícola (Bartra, 1974) o la desruralización (Wallerstein, 1979). Es decir, la perdida de superficie cultivable y el crecimiento de la zona urbana, no es demostrable

en la zona sujeta de estudio a pesar del fuerte desarrollo inmobiliario del polo de desarrollo turístico que caracteriza a Quintana Roo.

Literatura Citada.

- Bartra, R., (1974). *Estructura agraria y clases sociales en México*. Editorial Era, Distrito Federal, México.
- INEGI, 2017. "40 años de cambio de cobertura", en *Boletín de Prensa* No.533/17, Diciembre 2017. México, consultado electrónicamente en: <
https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2017/especiales/especiales2017_12_01.pdf>
- Reyes, O., 2021. *La vulnerabilidad socioeconómica de los hogares rurales de la zona maya de Quintana Roo, México: Una caracterización de la ruralidad en función de su estructura económica y la distribución del ingreso*, Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco, México.
- Wallerstein, I. [1974] (1979), *El moderno sistema mundial. La agricultura capitalista y los orígenes de la economía-mundo europea en el siglo XVI.*, Siglo XXI Editores, España.

EFFECTO DE LA DENSIDAD DE POBLACIÓN Y SU INTERACCIÓN CON EL AMBIENTE CON CUATRO HÍBRIDOS DE MAÍZ AZUL EN TLAXCALA

Israel Rojas Martínez^{1*}, Rogelio Fernández Sosa¹. José Luis Arellano Vázquez² y Miguel García Pérez³

¹SE Tlaxcala, ²CE Valle de México, CIRCE-INIFAP ³Tecnico colaborador del proyecto.

rojas.israel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Manejo agronómico, alta densidad, productividad.

INTRODUCCIÓN

En el Altiplano Central de México se siembran bajo condiciones de temporal 150 mil hectáreas de maíz azul que producen 300 mil toneladas, sin embargo, se estima que la demanda actual en dicha región es de 450 mil toneladas la cual se aprovecha para la elaboración de alimentos tradicionales, tortillas y harina para atole y pinole (Arellano y Rojas, 2015). En Valles Altos de Tlaxcala las condiciones que limitan la producción son: presencia de heladas, granizadas, sequía, vientos fuertes, suelos con baja fertilidad en altitudes de 2450 hasta 2750 msnm. Sin embargo, la producción está limitada por la cantidad y distribución de la precipitación, y el bajo potencial de materiales nativos con un manejo agronómico que limita la productividad en estos maíces especializados. Actualmente no se disponen en el mercado materiales mejorados de maíz azul, por lo que es prioridad la generación de estos y su manejo agronómico para mejorar la expresión de rendimiento en los ambientes con potencial productivo y calidad del grano determinada por la interacción genotipo-ambiente detectada a través del contenido de antocianinas en maíces azules nativos en localidades con diferente altitud. El INIFAP en evaluaciones agronómicas en 10 localidades de Tlaxcala en 2010 a 2015 se identificó como sobresalientes los híbridos azules experimentales H-10AZ, H-11AZ, H-12AZ y H-13AZ con rendimiento promedio de 6.9 t ha⁻¹, en áreas de 20,450 ha con potencial favorable (Arellano *et al*, 2015; Rojas *et al*, 2015) esta producción es factible incrementarla mediante la adecuación del manejo de densidades de población de acuerdo al ambiente de producción para conformar el paquete tecnológico a recomendar una vez registrados dichos híbridos. Por lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el componente densidad de población en cuatro híbridos experimentales de maíz azul en tres ambientes de producción en el estado de Tlaxcala.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el ciclo primavera verano 2015 en las localidades de San José Teacalco municipio de Teacalco ubicada en las faldas del volcán Malintzi a una altitud de 2618 msnm, tipo de suelo fluvisol eutrítico con texturas arenosas que permiten la conservación de la humedad, profundos mayores a 1.0 m, pendientes menor a 2.0 %; precipitación histórica mayor a 800 mm anuales y temperatura promedio de 8 °C, San Cosme Xalostoc municipio de Xalostoc con altitud de 2500 msnm, suelos Feozem eútricos con textura Franco arcillosa, suelos menos de 1.0 m con pendientes menor a 0.5 %; precipitación histórica promedio de 650 mm anuales y temperatura promedio de 13 °C y en Francisco Villa municipio de Huamantla con altitud de 2479 msnm, suelo tipo regosol eutrítico con textura arenosa, profundos mayor a 1.0 m, pendiente menor a 0.5 %. Precipitación histórica de 700 mm anuales y temperatura promedio de 14 °C. Los híbridos evaluados fueron proporcionados por el Programa de Maíz del Campo Experimental Valle de México del INIFAP La siembra se realizó en condiciones de temporal a finales del mes de abril. El diseño fue de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones, la parcela grande fue la densidad de población de 47, 59, 71 y 83 miles de plantas por hectárea y la parcela chica los híbridos H-10 Az, H-11 Az, H-12 Az y H-13Az. La fertilización utilizada fue 140-69-30 (N-P-K). El control químico de la maleza fue con Marvel® después de la segunda labor. Las variables evaluadas fueron: Rendimiento de Grano (REND), MPP= Mazorcas por planta, PACA= Porcentaje de acame y PH= peso hectolítrico. A las variables registradas se realizó el análisis de varianza y la comparación de medias (Tukey al 0.05) con SAS 9.1.3 versión 2006.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se presenta el análisis de varianza, donde los factores L, DP y H tuvieron significancia estadística ($p < 0.01$) en todas las variables, excepto PACA para el factor DP. En todas las interacciones el factor REND tuvo significancia estadística al igual que la interacción L*DP para el factor PACA, el resto de las interacciones no presentaron significancia estadística en todos los factores. Por lo anterior, se realizó la comparación de medias de Tukey 0.05 por cada factor principal y las interacciones con aquellas variables que presentaron significancia estadística. La comparación de medias de variables para las localidades se presenta en el Cuadro 2, donde el mayor rendimiento se tuvo en Teacalco con 7.7 t ha^{-1} , superando a Xalostoc y Francisco Villa con 1.8, y 5.3 t ha^{-1} en ese orden; en esta última localidad se tuvo mayor afectación del REND y MPP hasta en 43%, debido a la sequía en la etapa de floración. El mayor PH se obtuvo en Teacalco con 742.9, lo cual confirma que las zonas de altura presentan mayor potencial de rendimiento y calidad de acuerdo con lo reportado por Rojas *et al*, 2015a. La tendencia del comportamiento de la densidad de población de las tres localidades en REND y PACA fue ascendente, el mayor rendimiento promedio se tuvo con 83 mil plantas por hectárea, en tanto que para MPP y PH fue descendente al aumentar la densidad de población (Cuadro 3). La tendencia del comportamiento de los híbridos en las tres localidades se presenta en el Cuadro 4, donde el mayor rendimiento se obtuvo con H-13Az con 5.8 t ha^{-1} , superando hasta en 1.0 t ha^{-1} a H-10Az, a pesar de que tuvo menor MPP y PACA. El mayor PH se registró en H-11Az derivado del menor tamaño de grano (Cuadro 4).

Cuadro 1. Resumen del análisis de varianza de las variables evaluadas en maíz azul.

| Var | L | DP | H | L*DP | L*H | DP*H | L*DP*H | C.V % | MEDIA |
|------|-----------|----------|----------|----------|---------|---------|---------|-------|--------|
| REND | 6432.0 ** | 107.5 ** | 105.6 ** | 111.8 ** | 42.3 ** | 13.8 ** | 14.8 ** | 4.27 | 5.39 |
| MPP | 243.1 ** | 13.1 ** | 2.7 * | 1.9 NS | 2.2 NS | 0.7 NS | 1.0 NS | 13.30 | 0.89 |
| PACA | 11.3 ** | 0.2 NS | 12.9 ** | 4.3 ** | 0.6 NS | 0.5 NS | 1.0 NS | 69.46 | 10.15 |
| PH | 36.4 ** | 4.5 ** | 30.1 ** | 2.3 NS | 1.9 NS | 1.0 NS | 1.2 NS | 2.18 | 727.25 |

L= Localidad, DP= densidad de población (miles de plantas por ha), H= Híbridos, Interacciones: L*DP, L*H, DP*H y L*DP*H, CV= coeficiente de variación, REND= Rendimiento (t ha^{-1}), MPP= Mazorcas por planta, PACA= Porcentaje de acame y PH= peso hectolítrico (g L^{-1}) *, ** y NS: significativo al $p < 0.05$, $p < 0.01$ y no significativo

Cuadro 2. Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables registradas por localidad.

| LOCALIDAD | REND | MPP | PACA | PH |
|-----------------|-------------|-------------|------------|------------|
| TEACALCO | 7.744 a | 1.06 a | 12.8 a | 742.9 a |
| XALOSTOC | 5.955 b | 1.03 a | 6.2 b | 716.5 b |
| FCO VILLA | 2.491 c | 0.57 b | 11.3 a | 722.3 b |
| DSH (5%) | 0.11 | 0.05 | 3.4 | 7.7 |

Valores con la misma letra, no presentan diferencia estadística.

Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables registradas por densidad de población.

| DP | REND | MPP | PACA | PH |
|-----------------|--------------|-------------|------------|------------|
| 47 | 4.914 c | 0.98 a | 9.5 a | 733.7 a |
| 59 | 5.233 b | 0.91 ab | 9.9 a | 727.4 ab |
| 71 | 5.652 a | 0.85 bc | 10.1 a | 727.7 ab |
| 83 | 5.787 a | 0.81 c | 10.9 a | 720.0b |
| DSH (5%) | 0.142 | 0.07 | 4.3 | 9.8 |

Valores con la misma letra, no presentan diferencia estadística

Cuadro 4. Comparación de medias (Tukey 0.05) de las variables registradas por híbrido.

| HIBRIDO | REND | MPP | PACA | PH |
|-----------------|--------------|-------------|------------|---------|
| H-10 Az | 4.882 c | 0.91 a | 16.3 a | 713.0 c |
| H-11 Az | 5.482 b | 0.91 a | 8.6 b | 746.4 a |
| H-12 Az | 5.382 b | 0.85 a | 8.8 b | 719.5 c |
| H-13 Az | 5.840 a | 0.88 a | 6.7 b | 729.9 b |
| DSH (5%) | 0.142 | 0.07 | 4.3 | |

Valores con la misma letra, no presentan diferencia estadística

En Teacalco y Xalostoc se tuvo menor efecto de la sequía, por lo que la tendencia en el comportamiento de las densidades fue de manera ascendente, haciéndose notar H-13Az con los mayores rendimientos de hasta 9.7 t ha⁻¹ en Teacalco con 83 mil pl ha⁻¹ y en Xalostoc 7.9 con 71 mil pl ha⁻¹. En Francisco Villa el H-11Az presentó el rendimiento más alto con 3.7 y 3.6 con 71 y 59 mil pl ha⁻¹, respectivamente, a pesar del efecto de la sequía (Figura 1).

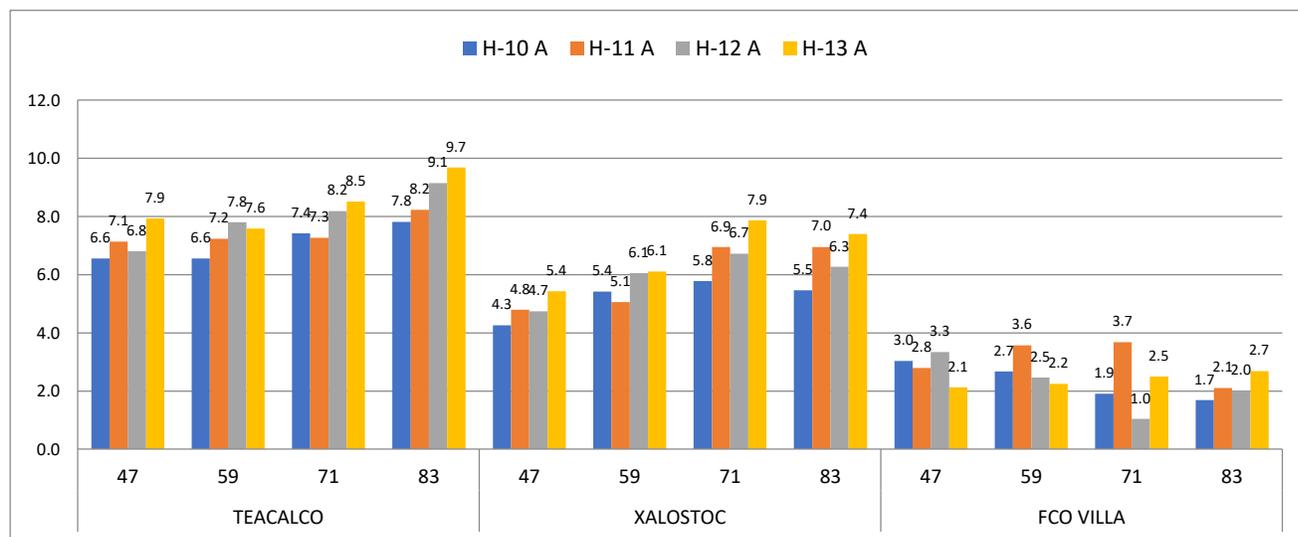


Figura 1. Comportamiento del rendimiento de los híbridos azules en interacción con la DP y L.

CONCLUSIONES

De los tres ambientes de evaluación de este ensayo, la localidad con mayor expresión de rendimiento promedio fue San José Teacalco, seguido de San Cosme Xalostoc y Francisco Villa, donde se confirma el potencial productivo del maíz azul. Las condiciones de producción en ambientes de altura (2450 a 2750 msnm) son determinantes para lograr mayor rendimiento y calidad de grano con maíces mejorados pigmentados a través de un manejo agronómico con altas densidades de población. En suelos arenosos ubicados a menos de 2500 msnm en condiciones de temporal se tiene menor respuesta en el rendimiento con altas densidades de población.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal: "Híbridos y variedades mejoradas de maíz azul para el altiplano central de México"

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arellano V., J.L., C. Tut C., A.M. Ramírez, Y. Salinas Moreno y O. R. Taboada Gaytán. 2003. Maíz azul de los valles altos de México. I. Rendimiento de grano y caracteres agronómicos. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 26 (2): 101 – 107.
2. Arellano, V. J. L. y Rojas M. I. 2015. Mayor rendimiento con los nuevos híbridos de maíz azul H-Azul-10, H-Azul-12 y la Variedad Sintética VS-Azul-07 en siembras de temporal del Altiplano Central de México. Desplegable para productores No 69. Campo Experimental Valle de México CIRCE-INIFAP.
3. Arellano, V. J. L., Gutiérrez, H. G. F. y Rojas, M. I. 2015. Híbridos de maíz azul: H-Azul-10, H-Azul-12, H-Azul-13, H-Azul-14 y Variedad Sintética VS-Azul-07 logros del INIFAP para incrementar la producción en el Altiplano Central de México. In: Memoria VI Reunión Nacional de Maíces Nativos. Acta Fitogenética. Volumen 2 No 1. Universidad Autónoma Chapingo. pp 26.

4. Rojas, M. I., Fernández, S. R., Ceballos, S. A. P., Arellano, V. J. L., Romero, S. M. y García, P. M. 2015a. Evaluación multicriterio para determinar zonas potenciales para maíz azul en el estado de Tlaxcala. *In: Memoria VI Reunión Nacional de Maíces Nativos. Acta Fitogenética. Volumen 2 No 1. Universidad Autónoma Chapingo. pp 99.*

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

DIAGNÓSTICO TÉCNICO Y PRODUCTIVO EN UNIDADES DE PRODUCCION DE CAFÉ EN LA SIERRA NORTE DEL ESTADO DE PUEBLA.

Josafath Omar Hernández Vélez^{1*}, José Amador Honorato Salazar¹, José Antonio Martínez Ruíz¹, Rosalío López Morgado², Raúl Ríos Sánchez¹, Juan Quintanar Olguín¹

hernandez.omar@inifap.gob.mx

Palabras clave: Encuestas, cultivo del café, región sierra norte.

1 Investigador del C.E. San Martinito-CIRGOC-INIFAP; 2 Investigador C.E. Cotaxtla/S.E. Teocelo-CIRGOC-INIFAP

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el café es el segundo commodity más comercializado en el mundo, sólo superado por el petróleo; su cultivo y producción realiza una función ambiental importante, ya que mantienen una cubierta vegetal permanente sobre el suelo, reduciendo los problemas de erosión. El cultivo del café en México, es una actividad económica de gran importancia, con datos del SIAP 2016, los estados de Chiapas, Veracruz, Puebla y Oaxaca concentran el 94% de la producción total del país, Chiapas aporta 41.0% del volumen nacional, seguido por Veracruz 24.0% y Puebla 15.3%; abarcan el 85% de la superficie cultivada y agrupan al 83% del padrón de productores. Durante el año 2017 se registró la participación de 500 mil cafeticultores en todo el país, y existen 349,701 Unidades de Producción, laboran 486,339 jefes de familia, además en los procesos de transformación y comercialización del grano, alrededor de 3 millones de mexicanos dependen del café, es aquí donde radica su importancia desde el punto de vista social (CDRSSA.2018; CDRSSA, 2019). En el estado de Puebla, el cultivo y la producción de café abarca 55 municipios y 625 comunidades en tres Regiones: Sierra Norte, Sierra nororiental y Sierra negra, para la Sierra Norte comprende veintisiete municipios, 302 localidades con 26,093 productores, y representan el 49% a nivel estatal. La variedad que se produce en el estado de Puebla es la arábica, que se clasifica dentro del grupo de "café suaves", donde destacan especies como Caturra, Mundo Novo, Catimor, Bourbon y Garnica criollo entre otras (INIFAP, 2017; Flores *et. al.*, 2011).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), implemento un Programa de Desarrollo Rural cuyo objetivo fue incrementar de manera sostenible la productividad de las unidades de producción familiar del medio rural, con el fin de contribuir a mejorar el ingreso de la población rural; a través de cuatro componentes considerados por el programa: 1) Fortalecimiento de las Unidades de Producción Familiar, 2) Integración Económica de las Cadenas Productivas, 3) Desarrollo de Capacidades, Extensión y Asesoría Rural, y 4) Investigación y Transferencia de Tecnología; son complementarios en el diseño y establecimiento de un proyecto de Desarrollo Territorial (PRODETER). Este tipo de proyectos sería acordado en un territorio por un grupo de Unidades de Producción Familiar (UPF), asociadas en las escalas económicas necesarias para mejorar la producción primaria, crear o fortalecer un conjunto de empresas rurales que les permitan reducir costos de producción, generar y retener valor agregado, mejorar los precios de sus productos o servicios y mejorar sus ingresos, así como mejorar las condiciones productivas, la rentabilidad y la sustentabilidad de las UPF. Por otro lado, para incrementar la productividad de las organizaciones agropecuarias, a través de la implementación de un programa de transferencia de tecnología, el primer paso es hacer un diagnóstico integral de estas, con la finalidad de tener conocimientos de las problemáticas, demandas y potencialidades que permitan incorporar prácticas tecnológicas, asistencia técnica y capacitación con el fin de plantear estrategias de solución a los obstáculos que enfrentan los productores;

Por lo anteriormente mencionado, el objetivo del presente estudio fue Caracterizar las condiciones en que se encuentran las Unidades de Producción Familiar (UPF) de la cadena productiva café, que conforman el Prodetter Sierra Norte, con la finalidad de proponer e implementar alternativas tecnológicas, que permitan la mejora continua de la cadena y contribuir al desarrollo del cultivo y la región.

MATERIAL Y METODOS

En el marco de la ejecución a nivel nacional de Proyectos de Desarrollo Territorial (PRODETER) ejercido entre la Subsecretaría de Desarrollo Rural de la SADER y el Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) en el ciclo 2019-2020, se llevó a cabo el presente estudio en el componente de Investigación y Transferencia de Tecnología que comprendió llevar a cabo como primera acción un Diagnóstico técnico-productivo de las UPF. Primeramente, se acopio información a través de un taller participativo con productores y reuniones de la comisión técnica, para actualizar y/o depurar el grupo de productores, se definió la población objetivo del Prodeter, que consistió en 696 productores de los cuales 411 fueron hombres y 286 mujeres, pertenecientes a los municipios de Chiconcuautla, Huauchinango, Pahuatlán, Naupan y Tlaola. Los 696 productores se encontraban distribuidos en 45 localidades de los municipios mencionados. Se gestionó la participación de un agrónomo como encuestador y que fuera el encargado de acopiar la información referente al diagnóstico, contando con el apoyo de los extensionistas de campo del Prodeter. Con base a un tamaño de muestra se definió el número de UPF que permitiera hacer la caracterización tecnológica, para este caso se consideró la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N} \right)}$$

Con la información del padrón definitivo de productores y su distribución por municipio y localidad, se asignó un número determinado de encuestas con base al tamaño de muestra, que resultaron ser de 64 encuestas, estas se distribuyeron en 45 localidades que conformaron el territorio del Prodeter Sierra Norte. Para la recopilación de datos, se aplicó una encuesta estructurada y diseñada por personal del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), para su aplicación en teléfonos Android®. Una vez que se capturo y acopió la información, esta fue "subida" a la plataforma digital y posteriormente la información sería decodificada para su envío, procesamiento, análisis e interpretación por parte del responsable INIFAP del Prodeter en el estado. El cuestionario estaba dividido en módulos que comprendieron: Datos del Productor, Unidad de Producción, Caracterización de Frutales, Infraestructura, Maquinaria y Equipo y Comercialización. Adicionalmente, se realizaron recorridos de campo en acompañamiento de los extensionistas y se consultó fuentes de información secundaria, para complementar la información de los municipios. La información se analizó por estadística básica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Municipios del área de estudio. La zona óptima para el cultivo del café arábigo está a una altura de 800 a 2 mil msnm; con temperaturas entre 19 y 21.5°C y una precipitación entre 1,800 y 2,800 milímetros anuales. **Pertenencia a un pueblo originario.** Por género, femenino 63.64% (14) Nahuas, 4.55% (1) Totonaco y 31.82% (7) a ninguno; masculino 64.29% (27) Nahua, 4.76% (2) totonaco y 30.95% (13) a ninguno. **Lengua originaria.** el 87.5% (56) hablan náhuatl, 4.7% (3) Totonaco y 7.8% (5) ninguno. **Actividad económica.** agricultura 100%, comercio 6.3% (4) construcción 10.9%(7), jornaleros 3.1%(2) y amas de casa/labores del hogar 17.2% (11). **Nivel de estudios.** 13.43% (27) sin ninguno, Preescolar 2.99% (6); Primaria 36.32% (73); Secundaria 22.89% (46); Preparatoria o bachillerato 18.41% (37) y Licenciatura 5.97% (12). **Superficie de las UPF.** 1.30 ha en promedio, con 8.0 ha. como máximo y de 0.25 ha. como mínimo. Las áreas cafetaleras, se encuentran mayoritariamente en predios de pequeños productores, en terrenos con topografía accidentada, con pendientes de ligeras a fuertes y principalmente en zonas indígenas marginadas (INIFAP, 2017). **Producción agrícola.** Se dedican a la producción de café el 100% de las UPF. 35.93% (23) cultiva de maíz y frijol para autoconsumo, con bajos rendimientos, en menor proporción papaya, naranja y cacahuate para la venta en 100% de la producción. **Producción pecuaria.** el 62.50% (40) de aves con 80% autoconsumo y 20% es para la venta. Porcinos el 6.25% (4). **Tenencia de la tierra.** 98.44% (63) pequeña propiedad. **Pendiente de las parcelas.** en 73.44% (47) de condición ondulada, 23.44% (15) pendiente fuerte y 3.13% (2) de pendiente plana. **Asesorías.** Un 95.31% (61) de técnicos y/o Investigador y el 4.69% (3) de personal de tiendas de insumos. **Tiempo en que ha recibido asistencia técnica.** 65.63% (42) por un año, 4.69% (3) por dos años, 17.19% (11) por tres años, 6.25% (4) por cuatro años, 3.13% (2) por cinco años y 3.13%(2) no lo han recibido. **Procedencia de la asistencia técnica.** 98.44% (63) del gobierno y 1.56% (1) del proveedor. **Obtención de recursos para la actividad productiva.**

propio en un 100%. **Tiempo de establecimiento.** Promedio de 10 años, máximo de 35 y mínima 3 meses.. **Siniestralidad de la plantación** presencia de Broca (*Hypothenemus hampei*) de alta a moderada. Plagas persiste en 100% de las UPF la roya anaranjada del café (*Hemileia vastatrix*), otras son Ojo de gallo *Mycena citricolor* (*Berkeley & Curtis*), Mal de hilachas (*Corticium koleroga*) Mancha de hierro (*Mycosphaerella coffeicola* (*Cooke*) *J. A Stevens y Wellman*. **Procedencia de la plantación.** 40.26% (26) vivero propio, 31.25% (20) vivero comercial, 25.0% (16) del manchón y 3.12% (2) con organización de productores. **Variación de la planta.** sobresale el Caturra 20.5%(30), así como las variedades Garnica y Bourbon. **Densidad de plantación.** de 2,405±1,792 máximo de 9,000 y mínimo de 250 plantas por hectárea. **Análisis de Suelos.** 81.25% (52) no ha realizado y 18.75% (12) sí. **Fertilización del cafetal.** 84.38%(54) con químicos, 4.69%(3) con orgánicos. Frecuencia de aplicación. Anual 21.88% (14), 59.38% (38) cada 6 meses, 1.56% (1) cada cuatro meses, 6.25% (4) cada tres meses y 10.94% (7) no aplica fertilizantes. Época fenológica de aplicación 34.38% (22) en rebrotes, 18.75% (2) final de cosecha, 12.50% (8) en floración, 6.25%(4) en crecimiento, 7.81% (5) en producción, 1.56%(1) en desarrollo y 10.94%(7) no aplican. **Control de malezas.** Chapeo el 73.44% (47) combinación de chapeo y herbicidas el 5.25% (16) y 1.56% (1) no aplica. Manejo de sombra en el cafetal 43.75% (28) utilizan Chalahuite (*Inga spuria* Humb. & Bonpl. ex Willd) -llite (*Alnus acuminata*), el 32.81% (21) Utilizan Inga (*Inga vera*), el 1.56% (1) llite, 1.56% (1) mantiene una combinación de Chalahuite, Paua, Mamey y Cedro y 21.87% (14) no usa sombra. **Cosecha.** Selección de la cosecha. 82.81% (53) al momento de corte solo cereza roja, 1.56%(1) después del despulpado y 15.62% (10) no realiza. Época de corte. enero-abril 40.62% (26), 10.93% (7) noviembre a marzo, diciembre a abril 37.5% (24) y de noviembre a mayo 3.12% (2). Transporte del café del campo a su destino 50% (32) animales de carga, 4.68% (3) camioneta y el 45.31% (29) no cuenta. **Manejo post-cosecha** Poda 73.40% (47), 20.3% (13) no lo hacen. **Infraestructura.** 59.67%(37) aspersoras de mochila, 100% cuenta con enseres menores. Secado de café. Azotea 3.57%, cama de secado 3.57%, 78.75% (22) patio de secado y 7.14% (2) nada. **Rendimiento obtenido en el año pasado.** 93.75% (60) producción promedio de 2.32 ± 1.55 ton/ha, máxima y mínima de 6 y 0.150 ton/ha, respectivamente. **Venta del Producto** Pie de parcela 25.00% (16), 71.9% (46) centro de compra y solo el 3.1% (2) no lo venden. **Proceso de conservación o transformación** 8 productores en pergamino, 3 tostado y un molido del café. **Alternativas de mejora para comercializar el producto.** 100% (64) falta cantidad, calidad, presentación, procesarlo y valor agregado.

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos, donde están ubicadas las UPF del Prodeter Sierra norte, se pueden considerar como áreas potenciales de oportunidad, y es posible proponer alternativas tecnológicas que coadyuven a la recuperación de la actividad productiva del cultivo café, los productores son de bajos recursos con superficies menores a una hectárea en su mayoría, son de extracción indígena, pero que cuentan con una experiencia y conocimiento en el manejo del café, lo cual facilitaría procesos de adopción de tecnologías acorde a sus condiciones.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto 075 Prodeter Café sierra norte, Huauchinango, Pue. Proyecto financiado por el Programa de Desarrollo Rural en el componente de Investigación y Transferencia de tecnología. "Proyectos de diagnóstico, transferencia de tecnología y soporte técnico para atender necesidades de los PRODETER"

LITERATURA CITADA

1. CDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable). 2018.El café en México Diagnóstico y Perspectiva. Palacio Legislativo de San Lázaro. H Camara de Diputados. México D.F. 33 p.
2. CDRSSA (Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable). 2019. Propuestas para reactivar la producción y comercialización de café en México 2019-2024. Palacio Legislativo de San Lázaro. H Camara de Diputados. México D.F. 17 p
3. Flores G.D., J.L. Romero F., S. Díaz C., G. Castillo P. 2011. Diagnóstico de la Cafecultura en Puebla. Proyecto Estratégico Fomento Productivo 2010. Puebla, Pue. Diciembre, 2011. 48 P.

4. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias) 2017. Agenda Técnica Agrícola de Puebla. Ciudad de México. pp. 72.

g) Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

Propuesta de diseño de MINI-PFAL (Plant Factory with Artificial Lighting) de bajo costo para siembra de cultivos verticales con interconexión IoT

*Luis Tonatiuh Castellanos Serrano¹; María Victoria Gómez Águila²; Marcelino Aurelio Pérez Viver³; José Alfredo Castellanos Suárez⁴; Fernando Salinas Paniagua⁵; Luis Arturo Soriano Avendaño⁶; Francisco García Herrera⁷; Juan Ángel Álvarez Vázquez⁸

Universidad Autónoma Chapingo. ¹³⁵⁶Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola.
³Departamento de Fitotecnia. ⁴Departamento de Sociología Rural. ⁷Departamento de Irrigación.
⁸Centros Regionales.

*Autor por correspondencia. procesoslcce@hotmail.com

Palabras claves: PFAL, Cultivos verticales, Indoor, Fabricas Vedes, Internet de las cosas

Introducción

El autor Kozai Toyoki define a los PFAL en forma general como:

“The term “plant factory with artificial lighting (PFAL)” refers to a plant production facility with a thermally insulated and nearly airtight warehouse-like structure (Kozai, 2013). Multiple culture shelves with electric lamps on each shelf are vertically stacked inside. Other necessary equipment and devices for a PFAL are air conditioners, air circulation fans, CO₂ and nutrient solution supply units, and an environmental control unit. Stacking more culture shelves vertically increases the efficiency of land use. Fluorescent lamps (FLs) have been mainly used in PFALs due to their compact size, but lightemitting diode (LED) lamps are now attracting great attention in industry and among researchers.” (2021, Kozai et al.)”

Las fábricas verdes como los definen en las líneas específicas de investigación y desarrollo tecnológicos son ejes sinérgicos con la agricultura de las ciudades, mejor conocida como “Indoor”, en la búsqueda de la soberanía alimentaria dentro de las zonas metropolitanas, urbanas y periurbana. Las cuales tienen tres características principales:

1. Manejo eficiente del recurso hídrico con técnicas de dosificación y reutilización, implementando planes de riego de cultivos con soluciones nutritivas
2. Uso eficaz y preciso de iluminación artificial, actualmente con mayor caso de uso de luces LED
3. Maximización de los espacios de cultivos con la implementación de cámaras de siembra en módulos verticales

Estos tres aspectos son pilares claves, pero aun así no abarcan todas las variables que se pueden potencializar, como es el caso del uso de CO₂ para maximizar el factor fotosintético, solo por citar un ejemplo.

Objetivos

Objetivo General

Diseño y fabricación de módulo PFAL en versión Mini, con sistema de control inteligente para la gestión eficiente del recurso hídrico e iluminación LED, con sistema embebido de interconectividad vía UBS y Bluetooth para control y monitoreo de variables en una Base de Datos Local con acceso WebService para el tratamiento de información remota.

Objetivos específicos

1. Diseño electrónico y programación de algoritmos de sistema embebido para control de las variables de crecimiento y alimentación de cultivos
2. Diseño de algoritmos orientados a objetos en programación de GUI en Sistema Operativo Windows y Aplicación Móvil con soporte Android, para interacción, ajustes, control, monitoreo de variables del sistema
3. Estudio mecánico de simulación de proyecto virtual por medio de simulación en SolidWorks para evaluación de pruebas de factibilidad

Materiales y Métodos

Se implementó la metodología de *Ingeniería de Software* para el trazado de diseño de los elementos de programación. Como primer paso se implementó el estudio de análisis de requerimientos, para examinar las necesidades de la arquitectura de programación del proyecto, para ello, se trazaron las características operacionales que se enlistan a continuación:

1. Programación de Interfaz gráfica de Usuario de alto nivel en lenguaje Visual Basic (VB)
2. Programación de microcontroladores (MCU) para instrumentación del sistema (control de bombas de agua, actuadores electromecánicos, intensidad luminosa, frecuencia onda electromagnética de luz visible, sensores, etc.)
3. Programación aplicación móvil en lenguaje JAVA para control de sistema con conectividad Bluetooth y programación XML FrontEnd que mantenga una interfaz dinámica y flexible
4. Diseño de Base de Datos con gestor de Access y SQL Server, con interconexión remota para vincular servicio web de SharePoint y Power Apps

Realizando la conjunción de modelado basado en clases en formato híbrido con diagramas de canal de modelo de caso de uso (Pressman, 2010), se procedió a realizar el mapeo y la estructuración del diagrama representativo general de la propuesta del proyecto, el resultado se puede apreciar en el *Diagrama 1* que se expone a continuación:

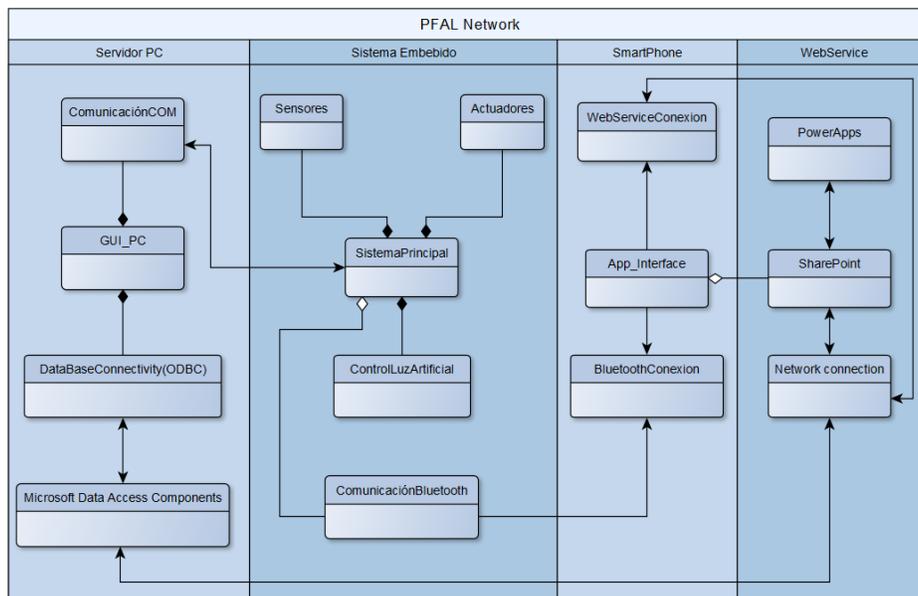


Diagrama 1. Modelo basado en clases con estructura de diagrama de canal, del sistema de programación de control para las variables e interconexión de datos entre PFAL, Servidor, Bases de datos, Aplicación Móvil y el Web Service.

Para el diseño mecánico se hizo uso del sistema CAD de la paquetería “SolidWorks” para realizar el trazo de piezas, ensambles, planos y estudio mecánico del Mini PFAL

Resultados y Discusión

Se plantea el diseño de un PFAL de 3 niveles con sistema de dosificación aeropónico, para alimentación de solución nutritiva, los niveles tienen una separación con respecto a la cama inferior de 35 cm, colocando 4 filas de luces LED tipo RGB para el suministro de luz artificial, la cámara inferior cuenta con un panel de repositorios de canastillas de crecimiento, dispersas en una matriz de 4x9, lo que permite cultivar 36 plantas, en una superficie de 54.5 x 29.5 cm, lo que equivale en sus tres niveles a un área de cosecha de 0.4823 m² efectivos, la propuesta de diseño se puede apreciar a continuación:

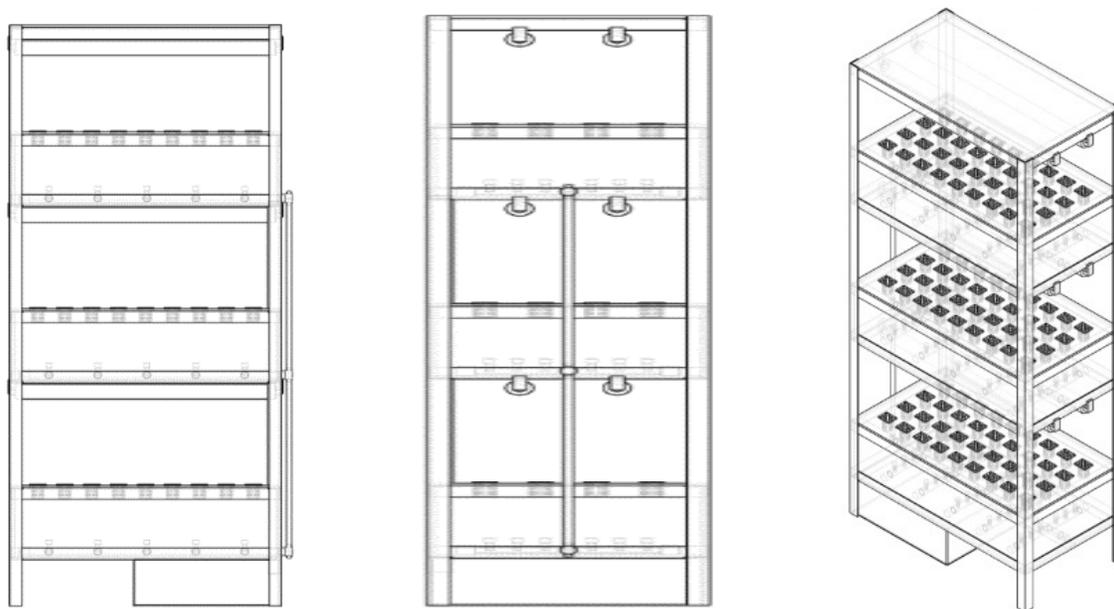


Figura 1. Propuesta de diseño de PFAL de 3 niveles, vista frontal, lateral e isométrica

El diseño está orientado al crecimiento del cultivo “*Lactuca sativa L*” mejor conocido como lechuga romana, por su fácil adaptación en los cultivos tipo vertical, aunque el sistema no se delimita a estos cultivos únicamente, por sus cualidades fisiológicas de producción son bastante adaptables a los sistemas hidropónicos, acuapónicos y aeropónicos.

Conclusiones

El estudio y análisis mecánico permite examinar la viabilidad del prototipo, con ello obtener las medidas previas y el adecuado cálculo de elementos para la creación de las listas de materiales y su fabricación, en conjunto con la metodología de análisis de requerimientos de software, se planea alcanzar en trabajos a futuros, un producto capaz de realizar la gestión de cultivos verticales con interconexión remota vía bluetooth y retroalimentación de datos WIFI, para la retrospectiva del análisis de variables como son la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), porcentaje de humedad relativa (%RH), intensidad luminosa (Lx), gasto hídrico (m^3), etc. Teniendo como interfaz operativa tanto la PC como un Smartphone, realizando la gestión con ayuda de la interconexión a Internet y la gestión de las variables en un gestor de bases de datos local. De esta forma llevando a la agricultura tradicional mexicana a los linderos de la agricultura 4.0, indagando los beneficios de los PFAL en la investigación, comercialización o la soberanía alimentaria en las zonas urbanas o periurbanas.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados forman parte de proyecto de transferencia de tecnológica, impulsados por los programas de investigación del Departamento de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mohapatra, P.K.J. (2010). *Software Engineering*. California: New Age International.
2. Pressman, R. (2010). *Ingeniería del software: un enfoque práctico*. Madrid: McGraw-Hill Interamericana.
3. Kozai, T., 2013. Plant factory in Japan: current situation and perspectives. *Chron. Horticul.* 53 (2), 8–11.
4. Kozai Toyoki, Fujiwara Kazuhiro, Runkle Erik. (2016) *LED Lighting for Urban Agriculture*. Springer, Singapore.
5. Kozai Toyoki, Niu Genhua, Takagaki Michiko (2015) *Plant factory: an indoor vertical farming system for efficient quality food production*. Academic. Springer, Singapore.

Sección: Reunión Nacional de Investigación e Innovación Agrícola. Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

METODOLOGÍA DEL DISEÑO DE UN SISTEMA PARA EL MONITOREO DE NIVELES DE AGUA

Azucena Ceniceros Gutiérrez*. Luis Tonatiuh Castellanos Serrano.

Universidad Autónoma Chapingo. azucg99@gmail.com

Palabras clave: Metodología, Red de sensores, Inalámbrico

INTRODUCCIÓN

En la actualidad existen diversas aplicaciones de sistemas inalámbricos en empresas del sector agrícola debido a las mejoras que han llegado a lograr en procesos que tradicionalmente se realizaban de forma manual, como el monitoreo y control de variables climáticas, riegos, encendido y apagado de bombas de agua, apertura y cierre de válvulas, entre otros.

La supervisión remota de estos procesos es posible al aplicar sistemas de comunicación inalámbrica, los cuales cumplen con las funciones de transmisión, recepción y procesamiento de información que son conformados por circuitos electrónicos capaces de enviar datos procesados de un sitio a otro (Tomasi, 2003). El tipo de comunicación de estos sistemas opera a través de redes que utilizan las ondas de radio para enlazar dispositivos en diferentes ubicaciones, por lo que no se requiere de un medio tangible como cables o fibra óptica para comunicarlos. (Salazar, 2015)

Una red de sensores inalámbricos (RSI) habilita dicha conectividad por medio de unidades autónomas constituidas por, un microcontrolador, una fuente de energía, un transceptor y un sensor, enlazadas inalámbricamente a otros elementos de procesamiento de información para lograr un fin específico. (Aakvaag y Frey, 2006)

El proceso objetivo de implementación de estas tecnologías fue el monitoreo de niveles de agua en reservorios distantes entre sí ubicados en una empresa dedicada a la agricultura protegida. Para ello se trazó como propósito la conformación de una metodología orientada a la definición de las etapas del diseño del sistema de monitoreo basado en la comunicación otorgada por una red de sensores inalámbricos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una estructura de funciones en la cuál se definen las tareas esenciales que debe satisfacer el sistema, así como las subfunciones que se derivan de estas. La estructura se presenta a manera de diagrama para mejorar la configuración del sistema y así fungir como una guía para la elaboración de la metodología deseada. El diagrama con su respectiva descripción se tiene a continuación:

Función Global: Las flechas indican la entrada y salida de la información que fluye en el sistema a manera de señales.

Subfunciones:

1. Inicialmente se debe captar la señal ajustada que indica el nivel de agua
2. Esa señal es adaptada en la forma adecuada para su envío
3. Se abren canales para la llegada de la señal a la última etapa.
4. La señal modificada es mostrada al usuario.
5. Se suministra energía eléctrica para el funcionamiento de los dispositivos

Figura 1. Función global del sistema

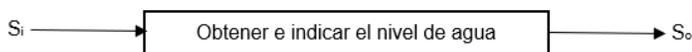
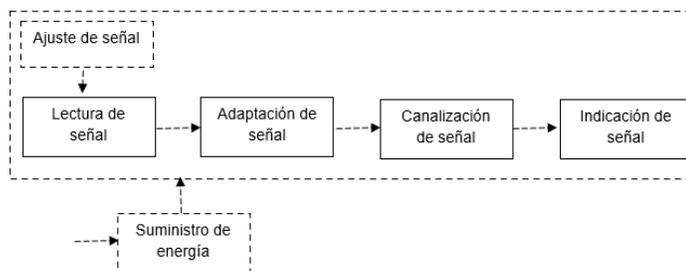


Figura 2. Estructura de funciones



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

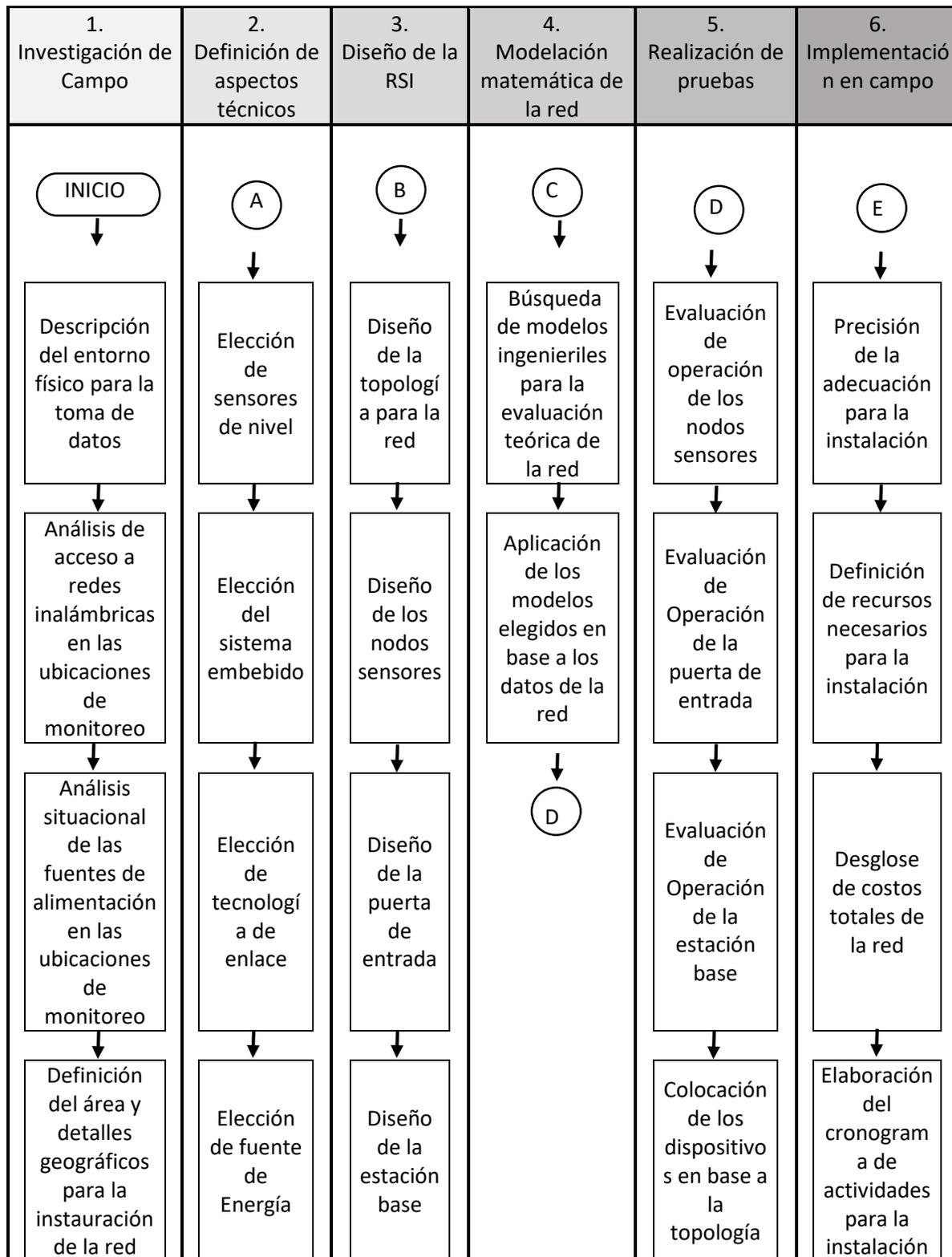
La figura precedente muestra la conformación de la metodología objetivo a manera de diagrama de canales, estos últimos inspirados en las etapas del diseño de una RSI propuestas por Pérez *et al.* (2014).

La bibliografía ofrece una guía compuesta de 7 pasos para dicho fin que a pesar de ser presentados de una manera muy general fueron convenientes para trazar los canales del diagrama en la figura 3, y como puede visualizarse en él, se redujeron a solo 6 puesto que las primeras 2 fases en el artículo se enfocaban en el estudio del entorno de trabajo.

Estos pasos posicionados en los canales son las etapas principales de la metodología que solo serán concluidas al seguir los procedimientos que se detallan en su interior, es por ello por lo que se encuentran unidos con los demás procesos, pero es evidente el inicio y fin de cada etapa.

Ahora bien, la configuración de una RSI descrita por Aakvaag y Frey (2006) fue de gran utilidad para llevar a cabo la secuenciación de las actividades dentro de las etapas 1, 2, 3 y 5 del diagrama, principalmente en la que se engloban los aspectos técnicos, haciendo referencia a los dispositivos que integran la red.

Finalmente, se recalca que las etapas principales también son consideradas como metas, lo que sirvió como referencia para proponer la secuencia de procesos en la 4ta y 6ta fase.



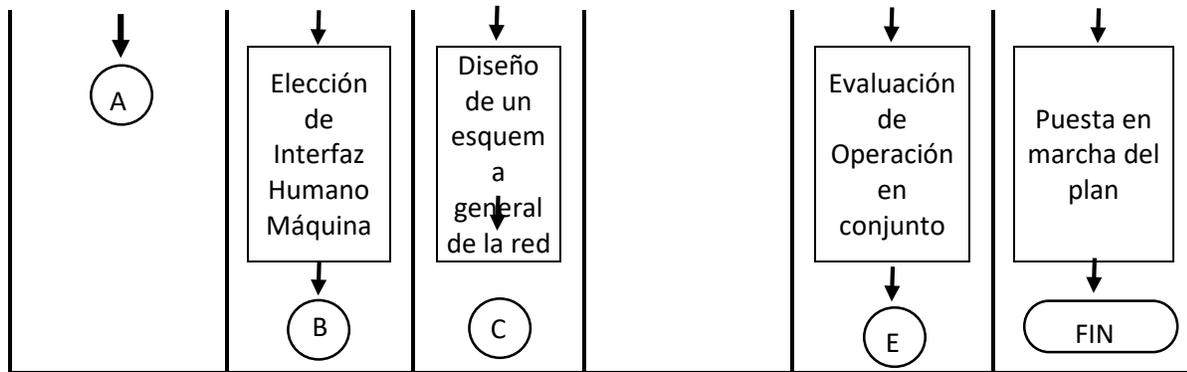


Figura 3. Diagrama de la metodología del diseño del sistema de monitoreo

CONCLUSIONES

Dada la complejidad del sistema es que resulta muy beneficioso el uso de un esquema como el que fue desarrollado ya que otorga al diseñador una visión integral de las labores desde el punto de vista de la configuración técnica y la estructura de funciones de una RSI. Además, facilita el cumplimiento de las metas esenciales al dividirlos en tareas de menor dificultad y evita desviaciones en el proceso de diseño.

Este diagrama será utilizado en la consecuente evolución del proyecto del que forma parte, por lo que sienta un precedente para investigaciones y diseños futuros.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIADORA

Esta metodología dirige al proyecto “Diseño de un sistema de automatización del llenado de depósitos de agua” realizado en la estancia preprofesional de la autora a la cuál se le otorga un apoyo económico por este concepto en la Universidad Autónoma Chapingo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aakvaag N. y Frey J. E. (2006). Redes de Sensores Inalámbricos. [en línea]. Revista ABB 2/2006. Disponible en: http://www.ie.com.co/pdf/ABB/02-2006/39-42%25202M631_SPA72dpi.pdf. P.p. 39-41
2. Salazar J. (2015). Redes Inalámbricas. [en línea]. Disponible en: https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100918/LM01_R_ES.pdf. P.p. 6-8.

3. Tomasi W. (2003). Sistemas de comunicaciones electrónicas. [en línea]. México: Pearson Educación. Disponible en: <http://fernandoarciniaga.com/books/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>. P. p. 1-2.
4. Pérez J., Urdaneta E. y Custodio A. (2014). *Metodología para el diseño de una red de sensores inalámbricos*. [en línea]. Revista Universidad, Ciencia y Tecnología. Vol. 18, N°70. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/uct/v18n70/art02.pdf>. P.p. 15-17.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS Y SOCIOECONÓMICAS DE LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN UNIDADES DE PRODUCCIÓN FAMILIAR EN EJUTLA, OAXACA

Rafael Rodríguez Hernández*1, Flavio Aragón Cuevas1, William Zárate Martínez1

1CE Valles Centrales de Oaxaca-CIRPAS-INIFAP

rodriguez.rafael@inifap.gob.mx

Palabras clave: Unidad de producción, productividad, maíz

INTRODUCCION

De acuerdo con los lineamientos del Programa de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura del gobierno federal y considerando el índice de marginación como uno de los criterios básicos (DOF, 2019), se definieron en el país las áreas prioritarias de atención denominadas territorios del Programa de Desarrollo Territorial (PRODETER) en donde se implementaron cuatro componentes: Desarrollo de Capacidades de los productores mediante capacitación y organización, Extensión y Asesoría Rural mediante la incorporación de técnicos en los territorios; Integración Económica de las Cadenas Productivas mediante la identificación de proyectos de inversión; Fortalecimiento de las Unidades de Producción Familiar mediante apoyos concretos de recursos para mejorar la producción en el corto plazo e. Investigación y Transferencia de Tecnología. Este último componente pretende articular la investigación con el extensionismo para promover la aplicación de componentes tecnológicos, así como atender problemas estructurales del medio rural o de las cadenas productivas. En el territorio Heroica Ejutla de Crespo, El INIFAP participó como Institución de Enseñanza e Investigación, por lo que se consideró como primera acción la realización de un diagnóstico técnico productivo de la Unidades de Producción Familiar (UPF), cuyo objetivo fue caracterizar tecnológicamente las Unidades de Producción Familiar (UPF) ubicadas en el territorio; Identificar la problemática productiva; y plantear alternativas con base en las tecnologías disponibles por INIFAP u otras instituciones superiores de educación/investigación. En este trabajo se presentan los resultados referentes al principal cultivo en el territorio, el maíz.

MATERIALES Y MÉTODOS

El PRODETER “Unión de campesinos de Ejutla” comprendió originalmente los municipios, H. Ciudad de Ejutla de Crespo, Coatecas Altas, La Compañía, San Miguel Ejutla, y San Vicente Coatlán, ubicados en el sur de la región denominada Valles Centrales del estado de Oaxaca. Se diseñó una encuesta en una aplicación móvil que constó de ocho módulos de recopilación de la información, y de acuerdo con (Snedecor y Cochran, 1967 citados por Rojas, 1979 y Donnet *et al.*, 2015) en 2020 se entrevistaron a 43 responsables de UPF que significaron el 15 % de los beneficiarios del Programa de un total de 273 seleccionadas mediante un procedimiento estadístico aleatorio. El concepto de UPF aquí utilizado corresponde al planteado por Cuanalo (2003). El cuestionario ubicado en una aplicación móvil diseñada para sistema operativo Android estuvo integrado por los siguientes módulos: Datos del productor, datos de la UPF, Información general de los cultivos en la UPF, Módulos específicos de cultivos (maíz), infraestructura, maquinaria y equipo, comercialización. La información recabada se vació a una base de datos en Excel y se analizaron mediante estadística no paramétrica. Para complementar la información se hicieron recorridos de campo con los beneficiarios para ver la situación de sus predios y sus cultivos, se tomaron algunas muestras de suelo y agua en predios donde fue posible hacerlo y además se realizaron asambleas con los productores beneficiarios pertenecientes al PRODETER.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados indicaron que, en cuanto a la edad del productor, el máximo valor fue de 85 años, mientras que el mínimo fue de 24, dando un promedio de 56 años, por lo que se podría decir que no es una población vieja sino más bien madura; en cuanto al número de integrantes de la UPF, el dato máximo fue de 11 y el mínimo de 1 integrante, por lo que el promedio de integrantes fue de 4.5 por UPF. Respecto al nivel de estudios de los responsables de las UPF, se encontró que la mayoría tiene la educación primaria (49 % de

los entrevistados), el 30 % tiene educación secundaria y el 19 % no tiene estudios; por lo que la mayoría de los integrantes del PRODETER sabe leer y escribir, lo cual puede determinar los medios en que puede hacerse llegar la información de mejoras tecnológicas y en general sobre capacitación. Respecto a las principales actividades económicas de la UPF, se encontró que la agricultura es la fuente de ingresos y ocupación de los integrantes en un 100 %. Un porcentaje menor se dedica a la ganadería como actividad complementaria (el 16 %) y solamente un 2 % reportó actividad comercial como preponderante. De esta situación se desprende que todas las UPF en el territorio tienen como principal actividad económica a la agricultura a la cual se dedican los integrantes de la familia. Dentro de la agricultura que se practica en la UPF, el maíz es el cultivo por excelencia ya que 38 de 43 UPF reportaron a este cultivo como el principal, mientras que el jitomate, frijol y calabacita fueron otros cultivos importantes. La mayoría de los productores cultivan el maíz criollo blanco (84 %), mientras que solo un 7 % manifestó cultivar maíz de color (ya sea amarillo, rojo o negro) y un 9 % no especificó el tipo de maíz. Esto quiere decir que los productores prefieren el maíz blanco por sus características propias para la alimentación como la elaboración de productos, dentro de ellos las tlayudas, atole, nicuatole, etc. Respecto al sistema de cultivo, el 72 % de los entrevistados practica el sistema milpa, esto quiere decir que al maíz le agregan otros cultivos propios del sistema como calabaza criolla (Chompa, Tamala y/o Guiche) y frijol enredador, así como se favorece la presencia de arvenses como los quelites; de esta forma, de la milpa obtienen sus complementos alimenticios. El rendimiento promedio estimado fue de 963 kg/ha de grano, el cual se considera bajo. Los productores manifestaron haber tenido algún grado de siniestro en su cultivo del año inmediato anterior, ya que el 84 % mencionó haber presentado pérdidas importantes en la producción de maíz y solamente el 16 % manifestó no haber tenido pérdidas. Cuando se les preguntó la causa de ese siniestro la mayoría respondió que fue la sequía la principal causa, señalando que no llovió lo suficiente como para garantizar una cosecha regular e incluso este problema se ha presentado de manera recurrente en la región, indicando que ya van dos años que no llueve. El 37 % de los entrevistados manifestó tener problemas con plagas de gusanos, dentro de los que se agrupan al gusano cogollero como el principal, seguido de gallina ciega en el suelo y el gusano elotero como el tercero en importancia. El 25 % manifestó tener presencia de otros insectos plagas, tales como Trips y arañas rojas en el cultivo y gorgojos en almacén. En cuanto a enfermedades solamente el 12 % manifestó tener problemas con el denominado "Chauistle", que es una enfermedad fungosa que ataca a la planta de maíz. El 50 % de los productores manifestó no realizar control alguno y solamente un 25 % manifestó realizar algún tipo de control. El costo de producción total promedio estimado fue de \$ 17,310.00/ha, en donde el 39 % se refiere a mano de obra, el 22 % corresponde a la preparación del terreno y el 20% corresponde a los insumos comerciables. El consumo de grano promedio por la UPF se estimó en 1514.7 kg/año. La unidad de producción de acuerdo a los datos de rendimiento y producción proporcionados, así como al tamaño de sus predios, produce anualmente 456.98 kg de maíz, lo que equivale al 30.17 % del consumo total, presentando un déficit de grano de 1057.72 kg que equivale al 69.83 % del consumo de la UPF. Este déficit es cubierto con compras fuera de la unidad de producción, generalmente en las tiendas DICONSA como son conocidas localmente los centros de abasto al consumidor, este grano proviene de los estados de Sinaloa y Jalisco principalmente, donde se producen maíces híbridos y variedades comerciales que no tienen las características del grano nativo. Considerando este escenario actual, se estimó que se requiere un rendimiento mínimo de 3191.97 kg/ha de grano para lograr la autosuficiencia de este alimento básico en el territorio. El rendimiento se puede ir incrementando con el empleo de componentes tecnológicos de manera integral como son: semillas más resistentes a la sequía y más rendidoras, especial atención al manejo del suelo para favorecer mayor retención de humedad y aprovechar al máximo la escasa precipitación en los meses críticos, lo que implica mejorar la estructura del suelo con mejoradores orgánicos; fortalecer y ampliar la superficie de riego para proporcionar riegos de auxilio en las etapas críticas de escasa precipitación (julio y agosto) y ampliar la superficie de riego en el ciclo otoño-invierno.

CONCLUSIONES

La productividad del maíz fue baja en el último ciclo de producción en el territorio, debido principalmente a irregularidad en el temporal, ocasionando pérdidas de rendimiento ya que la mayoría de los productores dependen del temporal. La producción de maíz lograda por los integrantes del PRODETER, no fue suficiente para cubrir las necesidades del consumo de grano por la población que integra el territorio, por lo que existe un déficit de grano equivalente a 168 t/año que se tienen que importar de otros estados. La insuficiente producción se debió al bajo rendimiento unitario debido principalmente al problema de sequía que se presentó en la etapa de floración y llenado de grano. En este PRODETER, existe un importante reservorio de recursos genéticos de variedades nativas de maíz, que se encuentran en riesgo de desaparición debido a la introducción de variedades e híbridos comerciales, lo que ha provocado un cruzamiento con los materiales locales degradando las características originales de los materiales nativos.

AGRADECIMIENTOS Y FUENTE FINANCIERA

Los resultados forman parte del proyecto: "Proyectos de Diagnóstico, Transferencia de Tecnología y Soporte Técnico para atender necesidades de los PRODETER" que contó con financiamiento de la Secretaría de Agricultura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cuanalo de la C.H. 2003. La unidad de producción familiar En: Desarrollo Social Contra la Pobreza. Red Mexicana de Proyectos de Desarrollo Social A.C. Mérida Yucatán. 170p.
2. Diario Oficial de la Federación. 2019. Lineamientos de Operación del Programa de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural para el ejercicio fiscal 2019. Cámara de diputados. 28 de febrero de 2019. Séptima Sección vespertina.
3. Donnet L., López D., Dominguez C. 2015. Encuesta de evaluación de las necesidades de los productores. En: Rodríguez H.R. y Donnet L. (Edts). Caracterización de la demanda de semillas mejoradas de maíz en tres agro-ambientes de producción de temporal en México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Santo Domingo Barrio bajo, Etna, Oaxaca, México. Libro Técnico No. 20, 190 p.
4. Rojas, S.R. 1979. Guía para realizar investigaciones sociales. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. Universidad Autónoma de México. México, D.F. 271 p.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

SITUACIÓN ACTUAL DE LA PRODUCCIÓN DE TUNA EN LA ZONA ORIENTE DEL ESTADO DE MÉXICO

Lorena Cortés Espinoza¹, Agustín Alejandro Aguilar Zamora¹

1CE Valle de México-CEVAMEX-INIFAP.

cortes.lorena@inifap.gob.mx

Palabras clave: Tuna, problemática, demandas.

INTRODUCCIÓN

La tuna en México es una fruta, que se ha aprovechado desde la época prehispánica y actualmente es un cultivo cuya producción se realiza en condiciones extremas de clima y suelo, en regiones áridas y semiáridas. México cuenta con 20 mil productores de la tuna (FIRCO, 2017), quienes para 2020 cosecharon en promedio 45 mil hectáreas y obtuvieron alrededor de 471 mil toneladas anuales (SIAP, 2021). De acuerdo con Ramírez *et al.* (2015), se utilizan 54 y 44 jornales por hectárea en Nopaltepec y Axapusco, Edo. de México, respectivamente; considerando el promedio de estas dos cifras y el número total de hectáreas sembradas a nivel nacional para 2020, la actividad tunera empleó más de 2 millones jornales en 16 estados de la república.

Los estados de México, Puebla y Zacatecas aportan el 86.6% de la producción nacional de tuna y el 71.7% de la superficie cultivada; el Estado de México contribuye con el 37.4% y 32.9% de la producción y superficie (Cuadro 1).

Cuadro 1. Producción promedio nacional de tuna para el periodo 2011 - 2020.

| Estado | Superficie Ha | Aportación % | Producción Ton | Aportación % | Rendimiento Ton/ha ⁻¹ |
|----------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Nacional | | | | | |
| | 50,539.9 | 100.0 | 468,832.8 | 100.0 | 10.1 |
| Edo. de México | 16,627.0 | 32.9 | 175,448.9 | 37.4 | 10.7 |
| Zacatecas | 14,445.5 | 28.6 | 124,158.9 | 26.5 | 9.0 |
| Puebla | 5,144.6 | 10.2 | 970,21.4 | 20.7 | 19.2 |
| Hidalgo | 4,947.3 | 9.8 | 215,66.5 | 4.6 | 5.1 |
| San Luis P | 3,050.0 | 6.0 | 13,496.3 | 2.9 | 7.1 |
| Jalisco | 2,101.0 | 4.2 | 11,990.8 | 2.6 | 5.7 |
| Guanajuato | 1,812.6 | 3.6 | 19,423.5 | 4.1 | 11.8 |
| Otros | 2,411.9 | 4.8 | 5,726.4 | 1.2 | 3.0 |

Fuente: Elaboración propia con estadísticas del SIAP, 2021.

Por lo anterior, se muestra que el Estado de México es importante por su contribución en la producción de tuna a nivel nacional; por lo que, es relevante identificar la problemática y las demandas de la producción de tuna en el oriente del Estado de México que permita planear, generar y realizar acciones que coadyuven a mejorar las condiciones de la cadena productiva de nopal tunero.

METODOLOGÍA

Esta investigación se realizó mediante varias herramientas metodológicas como la revisión bibliográfica, visitas a campo y entrevistas estratégicas con agentes claves. Las actividades de campo se llevaron a cabo en el periodo de octubre del 2019 a enero de 2020. Se utilizaron las estadísticas del SIAP (2021) del periodo de 2011 a 2020 y se calculó los promedios de la superficie sembrada, producción y rendimiento. Se entrevistaron a 35 productores que participaron en el curso (20 productores), que se realizó en la comunidad de San Felipe Teotitlán, municipio de Nopaltepec y en la demostración que se llevó a cabo en Cerro Gordo, municipio de San Martín de las Pirámides (15 productores); así también, se entrevistaron a productores líderes (dos productores cooperantes), cinco directores o encargados agropecuarios municipales de San Martín de las Pirámides, Nopaltepec, Axapusco y San Juan Teotihuacán, un agente clave de la Delegación Regional de SEDAGRO de San Juan Teotihuacán, y un técnico-; en total se recabo información de campo de 42 agentes claves. Después se procesó la información y se clasificó en tipología de productores, problemáticas de la producción de tuna y demandas de la producción de tuna.

RESULTADOS

Con respecto a la producción en el Estado de México en el Cuadro 2, se muestra que los municipios de San Martín de las Pirámides, Axapusco, Nopaltepec y Otumba son los principales productores de tuna y concentran el 80.3% de la producción estatal y el 80.5% de la superficie (SIAP, 2021). En el estado, la producción se concentra principalmente en la zona oriente, en donde es una de las principales actividades económica.

Cuadro 2. Producción promedio de tuna en el Estado de México para el periodo 2011-2020.

| Municipio | Superficie Ha | Aportación % | Producción Ton | Aportación % | Rendimiento Ton/ha ⁻¹ |
|-----------------------------|------------------|-----------------|-------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Estatal | 16,627.0 | 100.0 | 175,448.9 | 100.0 | 10.6 |
| San Martín de las Pirámides | 4,355.1 | 26.2 | 46,930.0 | 26.7 | 10.8 |
| Axapusco | 3,099.6 | 18.6 | 31,700.9 | 18.0 | 10.1 |
| Nopaltepec | 2,768.6 | 16.7 | 29,343.9 | 16.7 | 10.5 |
| Otumba | 3,155.5 | 19.0 | 32,878.8 | 18.7 | 10.5 |
| Temascalapa | 1,537.9 | 9.2 | 16,960.5 | 9.7 | 11.0 |
| Teotihuacán | 1,554.5 | 9.3 | 16,133.8 | 9.2 | 10.4 |
| Otros | 155.8 | 0.9 | 1,501.0 | 0.9 | 9.5 |

De acuerdo a la información recabada en campo, se identificó en la región tunera tres tipos de productores:

- a) Productores líderes, que producen en promedio 20 toneladas por hectárea con alta tecnología.
- b) Productores de mediana tecnología, que obtienen en promedio 12 toneladas.
- c) Productores de baja producción con seis toneladas por hectárea en promedio.

De acuerdo a la información recabada en campo se identificó la siguiente problemática:

- Actualmente, el 90.0 % de los productores son de edad avanzada o de la tercera edad.
- El 70.0 % de plantaciones tuneras tienen más de 45 años de establecimiento.
- Existe poco o nulo interés por parte de los pequeños productores en continuar con esta actividad agrícola; lo que genera un bajo interés por rehabilitar las huertas tuneras, que generan que más del 50.0 % de estos productores tienen en renta las plantaciones.
- Más del 80 % de las huertas no cuentan con un sistema de cajeteo o redondeo.
- En el 60.0 % de las huertas se realiza la poda inadecuadamente; sólo se realizan la poda de formación, dejando a un lado las de sanidad y fructificación.
- En más del 50.0 % de la superficie de las huertas de más de 40 años se presenta el problema del entrecruzado de las plantas, eliminando el espacio entre hileras y entre plantas.
- Alta incidencia (90.0%) de plagas y enfermedades, como la grana cochinilla, chinches, mal de oro y enfermedades bacterianas; lo que genera, un uso indiscriminado de agroquímicos como plaguicidas, fungicidas, herbicidas y fertilizantes.
- Las plantas en general presentan el problema de alternancia de producción, la cual consiste en una baja y alta producción entre años o ciclos de producción; así como, concentración fructificación en un periodo corto que va de julio y agosto; lo que, genera la caída de precios.
- Deficiencia en el corte y manejo postcosecha de frutos, que disminuye la vida de anaquel, la calidad y el precio del producto.
- Mano de obra escasa y precio alto del jornal (\$450.00/4 hora).
- Asesoría técnica insuficiente y de seguimiento discontinuado.
- Falta de créditos adecuados a las condiciones de los productores.

Demandas de la producción de tuna:

- Un programa estatal donde los productores reciban capacitación y apoyo financiero para el rejuvenecimiento, rehabilitación y mantenimiento de plantaciones.
- Un proyecto de investigación que identifique variedades de tuna que permitan ampliar el periodo de cosecha.
- Un proyecto de investigación para generar técnicas y tecnologías orgánicas con materiales de la zona.
- Un proyecto de investigación enfocado a identificar las condiciones que generan la diferencia del rendimiento entre los estados que va de 3 a 20 ton/ha⁻¹.
- Un programa de transferencia, adopción y seguimiento de tecnología orgánica, a largo plazo.
- Créditos financieros adecuados a las condiciones de los productores para mejorar las condiciones de la cadena productiva de nopal tuna.
- Desarrollo de infraestructura para el manejo postcosecha y para darle valor agregado a la tuna.
- Asesoría y capacitación para el establecimiento de un banco de material genético de la zona, donde los productores sean los responsables.

CONCLUSIONES

Debido a que los productores realizan un manejo agronómico inadecuado de las plantaciones tuneras; se sugiere generar y apoyar acciones de investigación, validación, transferencia de tecnologías con base en la problemática y demandas expuestas.

AGRADECIMIENTO Y FUENTE FINANCIADORA

Los resultados son parte del proyecto fiscal "Validación y transferencia de tecnología sustentable para aumentar la producción y ampliar el periodo de cosecha del nopal tunero en el centro de México".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ramírez, A. O. Figueroa, H. E. y Espinosa, T. L. E. 2015. Análisis de rentabilidad de la tuna en los municipios de Nopaltepec y Axapusco, Estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, vol. 36, enero-junio, 2015, Sociedad Mexicana de Administración Agropecuaria A.C. pp. 1199-1210.
2. FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido). 2017. La tuna, una fruta muy mexicana. <https://www.gob.mx/firco/articulos/la-tuna-una-fruta-muy-mexicana?idiom=es> f [consultado el 16 de junio de 2021].
3. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. https://www.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/15/15093.pdf [consultado el 15 de mayo de 2020].
4. SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2021. Anuario estadístico de la producción agrícola. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. f [consultado el 22 de junio de 2021].

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

VALIDACION DE LA FERTILIZACION FOLIAR EN EL CULTIVO DE FRIJOL DE TEMPORAL EN QUERETARO

Manuel Mora Gutiérrez¹, Cesar Ulises Mora Mora²
1Programa fertilidad de suelos; 2Colaborador de proyectos
Sitio Experimental Querétaro CIRCE-INIFAP
mora.manuel@inifap.gob.mx

Palabras clave: Fertilización frijol, frijol temporal, nutrición frijol

INTRODUCCION

En siembras de temporal, el cultivo de frijol en el estado ocupa el segundo lugar en importancia después del maíz. En el 2020 se sembraron 5361 ha. El rendimiento promedio fue de 0.34 toneladas por hectárea. La producción total fue 1670 toneladas, con un valor de la producción de 16.76 millones de pesos (SIAP 2020). La siembra de este cultivo en temporal por lo general no se fertiliza, debido en gran parte a la incertidumbre de la presencia de lluvias que garanticen su producción. Una alternativa para incrementar la producción es la aplicación de fertilizantes foliares una vez que ya se ha establecido el cultivo y que permite disminuir el riesgo de pérdida de cosecha. Se han realizado diversas investigaciones de diferentes tipos de fertilizantes foliares en frijol y en muchos casos su aplicación ha logrado mejorar los rendimientos (Trinidad y Aguilar, 1999; Osuna, *et al.* 2007). Los fertilizantes foliares son un complemento a la fertilización al suelo y debe conocerse la composición de los fertilizantes foliares a aplicar (Mora, 2016). En suelos ácidos por ejemplo se requerirán aquellos que tengan concentraciones mayores de calcio magnesio y fosforo, debido a que son nutrientes que en estos suelos están poco disponibles. En suelos alcalinos será conveniente aplicar foliares que contengan altas concentraciones de hierro, zinc, fosforo y manganeso, nutrientes de poca disponibilidad en estos suelos.

OBJETIVO.

Evaluar la aplicación de fertilización foliar en dos variedades del cultivo de frijol de temporal

MATERIALES Y METODOS

Descripción del sitio de la evaluación El trabajo se estableció durante los años 2016 y 2017 en el Modulo Demostrativo Regina, ubicado en el municipio de San Juan del Río, Querétaro. Las coordenadas del sitio son 20° 46' latitud norte y 99° 99' longitud oeste. La altitud es de 1920 m. La temperatura media anual promedio es de 17-18°C. La precipitación promedio es de 380 mm de mayo a octubre. El clima se clasifica como semiseco templado. El suelo del lugar de trabajo es un Feozem de 30 cm de profundidad, que tiene 56% de arena, 18% de arcilla, 26% de limo, el pH es de 8.0, la conductividad electrica es de 0.19 dSm⁻¹, materia orgánica de 2.4%, contenido de Ca de 40.7 Meq/100g, contenido de Mg de 4.13 Meq/100g, contenido de potasio de 2.02 Meq/100g. Este tipo de suelos predominan en 30% de la superficie total del estado. Esta condición de suelos indica que se pueden limitar el rendimiento si no se manejan adecuadamente. Manejo del cultivo. La siembra se realizó el 12 de julio, en una superficie de 2500 m², que fue dividida en franjas para las aplicaciones. Se utilizaron las variedades flor de junio Dalia y Pinto Saltillo en el 2016 y en el 2017 solo la variedad Dalia. La densidad de siembra fue de 40 kg/ha. La fertilización fue con 40 kg de nitrógeno y 20 kg de fosforo, utilizando como fuente de nitrógeno urea y como fuente de fosforo superfosfato de calcio simple. Se tomaron datos de días a floración, densidad de población, numero de vainas y rendimiento de grano. Los muestreos de rendimiento se realizaron en 2 surcos de 5 metros de largo, obteniendo 4 muestreos al azar por variedad. Fertilización foliar: Se realizaron 2 aplicaciones en el cultivo en el 2016, la primera fue el 23 de agosto y la segunda el 13 de septiembre. En el 2017 se aplicaron en 3 momentos, la primera aplicación se hizo el 28 de agosto, la segunda el 20 de septiembre y la tercera el 30 de septiembre. En ambos casos se dejó un testigo

sin fertilización foliar, solo con el fertilizante químico. Se realizaron aplicaciones de lersban para el control de mosquita blanca y chicharrita, el control de maleza fue manual. La cosecha se realizó el 31 de octubre.

RESULTADOS.

Enseguida se presenta la composición del fertilizante foliar seleccionado. Para tal selección se analizaron un gran número que existe en el mercado y se tomó la decisión de evaluar el que se consideró uno de los más completos para el propósito de esta evaluación.

Cuadro 1. Composición del fertilizante foliar

| Nutriente o sustancia | Cantidad |
|-----------------------|----------|
| Nitrogeno % | 10 |
| Fosforo (P2O5) % | 30 |
| Potasio (K2O) % | 15 |
| Azufre % | 2.2 |
| Fierro % | 0.099 |
| Zinc % | 7 |
| Manganeso % | 0.038 |
| Cobre % | 0.017 |
| Molibdeno % | 0.003 |
| Boro % | 0.06 |
| Oligosacaridos % | 15 |
| Aminoacidos % | 20 |
| Citocininas ppm | 3000 |
| Auxinas ppm | 600 |
| Giberelinas ppm | 100 |
| Cianocobalamina ppm | 0.01 |

Cuadro 2. Rendimiento de dos variedades de frijol (kg/ha) a la aplicación de fertilizante foliar. San Juan del Rio, Querétaro. 2106

| Numero aplicaciones | Dalia | Pinto Saltillo |
|---------------------|-------|----------------|
| Sin aplicación | 711 | 1301 |
| 1 aplicación | 793 | 1367 |
| 2 aplicaciones | 952 | 1269 |

La variedad de frijol flor de junio Dalia, mostro respuesta a la aplicación del fertilizante foliar, en tanto que la variedad Pinto Saltillo, no expreso respuesta. Por lo tanto la respuesta del cultivo también puede presentar diferencias de acuerdo a la variedad utilizada. Sera necesario medir otros aspectos como nodulación de cada variedad, pues es muy importante para explicar la respuesta observada.

Cuadro 3. Rendimiento de frijol Dalia, vainas por planta y cantidad de plantas por hectárea bajo la aplicación de diferentes cantidades de fertilizante foliar. San Juan del Rio, Querétaro. 2017

| Numero de aplicaciones | Rendimiento kg/ha | Numero de vainas por planta | Densidad de población (miles) |
|------------------------|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| Testigo | 978 | 14.2 | 119 |
| 1 aplicación | 838 | 12.2 | 125 |
| 2 aplicaciones | 1184 | 13.8 | 120 |
| 3 aplicaciones | 1019 | 12.5 | 115 |

Se aprecia que el tratamiento de mayor rendimiento correspondió a 2 aplicaciones y los rendimientos menores correspondieron al testigo sin aplicación de fertilizante foliar y el tratamiento de una sola aplicación; asimismo, no hubo diferencias entre aplicar 2 o 3 aplicaciones. El rendimiento se incrementó en un 21% entre el testigo y 2 aplicaciones. La cantidad de plantas por hectárea fue mayor en donde se aplicaron los foliares. En el número de vainas, no se apreció alguna tendencia por la aplicación de los foliares, puesto que el tratamiento de mayor numero correspondió a donde no se aplicó. Quizá el mayor número se puede explicar por la densidad de población.

CONCLUSIONES

La variedad de frijol flor de junio Dalia, expreso respuesta en rendimiento hasta en un 21% a la aplicación del fertilizante foliar, mientras que la variedad pinto Saltillo, no mostro respuesta en el rendimiento.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera 2020. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural.
 Mora, GM.; Mora, MCU. 2017. Evaluación de la fertilización foliar en el cultivo de frijol de temporal en Querétaro. Anuario Estadístico. Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado de Querétaro.
 Osuna CES.; J.S. Padilla RMA. Martínez, GE. Martínez MJA. Acosta GJ. 2007. Manejo integral del cultivo de frijol de temporal en el Altiplano de México. Campo Experimental San Luis. CIRNE-INIFAP. San Luis Potosi, México. Folleto Técnico No. 28. 28 p.
 Trinidad, SA.; Aguilar, MD. 1999. Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. TERRA. Volumen 17. Numero 3.

Sección agrícola: Socio economía, validación y transferencia de tecnología

ANÁLISIS SENSORIAL DE UN TALLARÍN ENRIQUECIDO CON HARINA DE COTILEDÓN DE FRIJOL

Blanca Sánchez Toledano^{1*}, Venancio Cuevas Reyes², Raquel Cruz Bravo¹, Jorge Zegbe Domínguez¹

¹INIFAP, Campo Experimental Zacatecas, Zacatecas, México. ² INIFAP, Campo Experimental Valle de México, Estado de México, México.

toledano.blancaisabel@gmail.com

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris*, atributos, innovación en productos agroalimentarios

INTRODUCCIÓN

En América Latina, México se posiciona entre los principales países con mayor prevalencia de obesidad. Del año 2000 al 2016, el aumento de obesidad en mujeres adultas fue de 28 % a 38.6 % y en hombres de 19 % a 27.7 % (Ruiz-Cota *et al.*, 2019). Esta condición está relacionada con una alta ingesta de productos con bajos niveles nutricionales y falta de actividad física, entre otros (Ramírez *et al.*, 2003).

De acuerdo con las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2003), una dieta sana debe contener frutas, hortalizas, legumbres, cereales y nueces. Sin embargo, en México el consumo de cereales procesados (sopa de pasta, cereal de caja, galletas, etc.) es alto (Togo-Luna *et al.*, 2016). El consumo per cápita de pasta en el país oscila en 3.2 kg al año (INEGI, 2019) y su preferencia por los mexicanos se debe a que es un alimento versátil, de fácil preparación, con precio accesible y larga vida de anaquel (Castillo *et al.*, 2016). En consecuencia, con el propósito de mejorar la calidad de las pastas, es necesario elaborar productos que contengan significativamente más fibra, proteína, capacidad antioxidante y menor contenido de grasas. Uno de los alimentos ricos en proteínas es el frijol, además, se sabe que la testa del frijol tiene un alto contenido de polifenoles, antocianinas, saponinas, y otros compuestos antioxidantes los cuales están relacionados, entre otros efectos benéficos, con la reducción del colesterol sérico e incremento de los niveles del colesterol HDL (colesterol bueno) (Chávez-Santoscoy *et al.*, 2013). Por lo anterior, la extracción de estos compuestos ha llamado la atención de la industria alimentaria, que ha hecho ensayos con flavonoides, antocianinas y saponinas extraídos de la testa del frijol negro y aplicados a harinas de maíz nixtamalizadas para elaborar tortillas con alto poder antioxidante (Chávez-Santoscoy *et al.*, 2016).

Por otra parte, los cotiledones del grano de frijol tienen un alto potencial nutracéutico debido a su contenido en proteínas, almidón resistente y fitoquímicos como inhibidores de tripsina, ácido fítico, lectinas e inhibidores de la α -amilasa (Reyes-Moreno *et al.*, 1993). En consecuencia, el objetivo de la investigación consistió en evaluar la aceptación por parte de consumidores en Zacatecas, México de una pasta tipo tallarín enriquecida con harina de cotiledón de frijol.

MATERIALES Y MÉTODOS

La información se obtuvo mediante una encuesta personalizada a consumidores, efectuada en centros comerciales y ferias en la ciudad de Zacatecas, México; entre julio y octubre de 2019. El cuestionario se aplicó a una muestra de 400 consumidores estratificados por edad. Se realizó un muestreo por conveniencia, el cual es usado en estudios exploratorios para poder tener una aproximación del objeto de estudio (Grande y Abascal, 2014).

Después de aplicar el cuestionario, también se llevó a cabo la evaluación sensorial. Para lo anterior, se prepararon las diferentes pastas (frijol y trigo) en agua hirviendo durante diez minutos, y posteriormente se enfriaron usando agua corriente a una temperatura externa de aproximadamente 20 ° C. Posteriormente, la pasta de tallarín fue dividida en porciones que contenía aproximadamente 5 gramos. Las muestras se prepararon únicamente con sal, sin ningún tipo de salsa. Además, las porciones se cubrieron con papel de aluminio para preservar los compuestos de olor. Los consumidores evaluaron en una condición ciega, la aceptabilidad de la pasta enriquecida con harina de cotiledón de frijol y la de trigo. La aceptación del panelista hacia el tallarín se evaluó basándose en la observación (aparición, color, aroma, tamaño) y en la prueba (sabor, textura, suavidad y consistencia). Las muestras se presentaron de forma monódica, siguiendo un diseño en bloque completo y equilibrado para evitar el sesgo producido por el efecto del orden de presentación de las muestras (Di Monaco *et al.*, 2004). Además, los consumidores se enjuagaron la boca entre cada muestra. Cada consumidor puntuó la aceptabilidad utilizando una escala de 5 puntos (1

"no me gusta nada", 2 "no me gusta", 3 "me gusta más o menos", 4 "me gusta", 5 "me gusta mucho"). Los datos de aceptabilidad global fueron analizados utilizando estadísticos descriptivos. La información fue procesada y analizada en el programa estadístico SPSS Statistics versión 21.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de los atributos extrínsecos (apariencia, color, aroma y tamaño), mostró que, en relación con la apariencia, la pasta de frijol tiene un aspecto visual más atractivo para los consumidores con un valor medio de 3.5 puntos en una escala de 1 a 5 (donde uno es indicativo de que no me gusta y 5 me gusta mucho). Lo anterior, pese a que al reducir el contenido de gluten algunos tallarines llegaban a deshacerse y perder firmeza (Granito y Ascanio, 2009).

El color y el tamaño fueron los atributos mejor valorados para la muestra de frijol con 3.7 y 3.5 puntos respectivamente. El color no se vio afectado a pesar de que se utilizó la variedad negro San Luis a la cual se le extrajo la testa, pero el proceso no fue 100 % eficiente y quedaron trazas de testa por lo que el color final del tallarín fue café oscuro. Sin embargo, los consumidores están acostumbrados a ver pastas tipo integral de color oscuro y no fue un atributo que afectara la decisión de compra. En cuanto al olor no hubo diferencias entre ambas muestras (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores medios de atributos extrínsecos antes de la degustación.

| Atributo | Pasta de trigo (M1) | Pasta de frijol (M2) |
|------------|---------------------|----------------------|
| Apariencia | 2.6 ^a | 3.5 ^b |
| Color | 2.7 ^a | 3.7 ^b |
| Aroma | 2.9 ^a | 3.0 ^a |
| Tamaño | 3.2 ^a | 3.5 ^b |

Fuente: Elaboración propia, $n = 400$. Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$)

En cuanto a los atributos evaluados después de la degustación, los resultados muestran que no hubo diferencias significativas entre las pastas en cuanto a sabor, textura, suavidad y conciencia (Cuadro 2). Lo anterior, beneficia la aceptación del tallarín elaborado a base de frijol en el mercado nacional. Estos resultados son similares con el estudio realizado por Shogren *et al.* (2006), quienes en una evaluación sensorial de espagueti fortificado con harina de soya encontraron que el espagueti enriquecido con un 35 % de harina de soya en general, no indicó diferencias significativas en sabor y textura en comparación con el control sin soya. De igual manera, en estudios sobre la elaboración de lentejas a base de trigo y soya encontraron que las pruebas de aceptabilidad por el consumidor (escala hedónica de 9 puntos) indicaron que no hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en la aceptación entre los productos elaborados base de trigo o soya y las lentejas como testigo (Abughoush *et al.*, 2015).

Algunos estudios han medido la aceptabilidad de pastas añadiendo salsa de tomate y mantequilla con perejil como aderezos y han encontrado resultados favorables (Granito and Ascanio, 2009). Sin embargo, en esta investigación únicamente se aderezó con sal porque añadir salsas u otro condimento no revela claramente la aceptación de los atributos en las pastas.

Cuadro 2. Valores medios de atributos intrínsecos de las pastas elaboradas a base de trigo y harina de cotiledón de frijol.

| Atributo | Pasta de trigo (M1) | Pasta de frijol (M2) |
|--------------|---------------------|----------------------|
| Sabor | 2.9 ^a | 3.2 ^a |
| Textura | 3.1 ^a | 3.3 ^a |
| Suavidad | 3.3 ^a | 3.4 ^a |
| Consistencia | 3.2 ^a | 3.6 ^a |

Fuente: Elaboración propia, $n = 400$. Superíndices diferentes en una misma fila indican diferencias significativas ($P \leq 0.05$).

De manera general, a los consumidores se les solicitó que calificaron los dos tipos de pastas. La pasta de frijol obtuvo la mejor calificación (siete); mientras que la pasta de trigo obtuvo una calificación de 6.2. Lo anterior, posiciona a la pasta enriquecida con harina de cotiledón de frijol con mayor potencial de aceptación en el gusto de los consumidores.

CONCLUSIONES

El análisis sensorial indicó, en promedio, que los parámetros extrínsecos como la apariencia, color y tamaño de la pasta elaborada con frijol fueron significativamente mejor calificados por los consumidores; mientras que los atributos intrínsecos (sabor, textura, suavidad y consistencia) de ambas pastas fueron calificados de manera similar por los consumidores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Castillo A., N. Montes, G. Velázquez, J. Télles, J. Jiménez J and O. Castilo (2016) Evaluacion sensorial de una pasta elaborada con harina de sorgo (*Sorghum bicolor*: (L) Moench: RB-Paloma) y transglutaminasa microbiana. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 2:501-505.
2. Chávez-Santoscoy A., A. Gutiérrez-Urbe, O. Serna-Saldivar and E. Perez-Carrillo (2016) Production of maize tortillas and cookies from nixtamalized flour enriched with anthocyanins, flavonoid and saponins extracted from black (*Phaseolus vulgaris*) seed coats. *Food Chemistry* 192:90-97, <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.06.113>.
3. INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2019) Encuesta nacional agropecuaria: Resultados generales. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Aguascalientes, Aguascalientes. <http://inegi.org.mx> (Enero 2019).
4. OMS, Organización Mundial de la Salud (2003) Régimen alimentario, nutrición y prevención de enfermedades crónicas: informe de una consulta mixta FAO/OMS de expertos. Organización Mundial de la Salud. Nueva York. <https://www.who.int/es> (Enero 2020).
5. Ruiz-Cota, P., M. Bacardí-Gascón and A. Jiménez-Cruz (2019) Historia, tendencias y causas de la obesidad en México. *Journal of Negative and No Positive Results* 4:737-745, <https://doi.org/10.19230/jonnpr.3054>.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología

PREFERENCIAS HACIA EL CHILE JALAPEÑO DESDE LA PERSPECTIVA DEL CONSUMIDOR SONORENSE

Blanca Sánchez Toledano^{1*}, Venancio Cuevas Reyes², Rubén Góngora Pérez³, Jaime Mena Covarrubias¹

¹INIFAP, Campo Experimental Zacatecas, Zacatecas, México. ² INIFAP, Campo Experimental Valle de México, Estado de México, México. ³ INIFAP, Campo Experimental Chetumal, Quintana Roo

toledano.blancaisabel@gmail.com

Palabras clave: atributos de los chiles, preferencias expresadas, consumidor.

INTRODUCCIÓN

México es uno de los principales países productores de chile, con una producción de poco más de 3 millones de toneladas ocupa la segunda posición en el ámbito mundial (FAOSTAT, 2020). En el contexto nacional el cultivo cuenta con una superficie sembrada de 152 mil hectáreas y un valor de producción de 32 millones de pesos (SIAP, 2019). En el caso de Sonora, los volúmenes de producción alcanzados lo han posicionado entre los diez principales estados productores de chile a nivel nacional, y como tercero en importancia en el noroeste del país. De acuerdo con la planeación agrícola nacional 2017-2030 (SAGARPA, 2017), el estado se ubica entre las regiones estratégicas e históricas en la producción de chile jalapeño, observándose un incremento anual de la producción del 2.61 % en los últimos tres años. De tal manera, que se pasó de 187,470 toneladas en 2017 a 192,365 toneladas en 2019 (SIAP, 2020). Sin embargo, el mercado es altamente competitivo y el consumidor tiene una amplia diversidad de chiles verdes a los que puede acceder. De acuerdo con Pindyck y Rebinfield (2001), los consumidores asignan sus ingresos a la adquisición de los diferentes bienes y servicios para maximizar su bienestar. En esta asignación las variables importantes son el precio de los bienes y el ingreso. Debido a que este último es limitado, y en concordancia con los precios de los bienes, limitan la cantidad de los distintos satisfactores a adquirir; pero, además de las variables señaladas, en una función de demanda existen otros factores como la educación, salud, escolaridad y número de integrantes de la familia que actuaran como desplazadores de la demanda, y que afectaran, finalmente las cantidades compradas de los distintos bienes. Es por ello que el objetivo principal de esta investigación es conocer desde la perspectiva del consumidor sonorenses sus hábitos de compra y consumo de chile jalapeño, así como las actitudes y atributos que más valoran.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de alcanzar el objetivo principal se aplicó una encuesta en la ciudad de Hermosillo, Sonora, ubicada en el noroeste de México y con una población de 884 273 habitantes (INEGI, 2015). La obtención de la muestra fue probabilística, se utilizó la fórmula de poblaciones infinitas y se calculó un muestreo aleatorio simple con un error del 7 %, obteniéndose una muestra de 200 encuestas. Las personas que respondieron la encuesta tenían 18 años o más, y no obtuvieron ningún tipo de compensación económica por su participación. La recolección de la información se realizó en los meses de enero y febrero de 2020. Los datos se analizaron en el programa IBM SPSS 20.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados muestran que la mayor parte de los participantes son mujeres (52 %), que las ocupaciones más recurrentes son el de administrativo u oficinista (29.5 %), seguido de estudiante y quienes se dedican a labores del hogar, con un 16.5 y 15.0 % respectivamente. La mayor proporción de los encuestados cuenta con estudios universitarios y de bachillerato, 59.0 y 26.0 % en cada caso. Las edades con más representación oscilan de 18 a 34 años de edad (52.0 %), seguidos por los mayores de 60 años (10.0%). Los ingresos más habituales se sitúan en el rango de los 5 a 10 mil pesos mensual (33.0 %), seguidos de los de 10 a 15 mil pesos (28.5 %), mientras que en los rangos de ingresos mayores a 20 mil pesos mensuales la proporción disminuye de manera significativa (4.0%). Entre los motivos de consumo el sabor es el más destacado (44.8 %), así como la multifuncionalidad en los usos (18.5 %) y el gran picor que tienen (14.2 %).

En cuanto a la frecuencia de consumo predomina el que se realiza algunos días entre semana con un 51.5 % del total, le sigue el que se efectúa diariamente, de lunes a viernes (20 %). Posteriormente se encuentra

el consumo que se realiza los fines de semana (15 %) y menos de una vez al mes (13.5 %). Las cantidades de consumo más frecuente en el 78.5 % de los casos son inferiores a medio kilo, y el 19.0 % consume de medio kilo a un kilo, en tanto que el consumo superior se realiza en menor medida (2.5 %). Respecto a los atributos del chile jalapeño que son más importantes para los consumidores se advierte que fue la ausencia de daños fisiológicos, en tanto que el color externo, el grado de picor y la consistencia también se revelan como atributos altamente valorados por los consumidores con puntuaciones medias de 4.03 en los dos primeros y de 4.01 en el último. Con valores por encima de la media pero inferiores a los atributos principales, se encuentra el tamaño (3.87), la forma del chile (3.65), el aroma (3.57), el ancho y el peso (3.47 y 3.04, respectivamente).

De las distintas características que puede tener el chile jalapeño, el color preferido por el 90 % de los consumidores es el verde esmeralda oscuro brillante, otras opciones como el amarillo medio y rojo anaranjado son significativamente menos escogidos, con un 5.5 y 4.5 % respectivamente. En cuanto al tamaño predomina la preferencia hacia el chile jalapeño medio (64.5 %) que va de 5 a 7.5 cm, la consistencia deseada más recurrente es alta al tacto (53.0 %), en tanto que la anchura que más se prefiere es la mediana (66.0 %), con un peso de 25 a 30 gr. (70.0 %), mientras que el rayado más buscado es el que va del 0 al 10 %, el cual prefieren el 69.5 % de los consumidores.

La disposición a pagar por chile jalapeño que el 42 % de los consumidores considera adecuada para promover su consumo es de 10 a 15 pesos por kilo, seguida de 15 a 25 pesos (34.5 %).

CONCLUSIONES

Se identificó que para el consumidor es importante que en el aspecto exterior del chile no se observen daños o golpes, y que prefieren el chile en color verde oscuro sobre otras presentaciones. Hay una marcada tendencia hacia el tamaño, peso y anchura mediana, con un rayado discreto inferior al 10 %. Asimismo, se advierte que hay una disposición a pagar intermedia que oscila entre los 10 y 20 pesos por kilo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAO. (2020). Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO). Acceso julio 2021, available at <http://faostat.fao.org>
2. INEGI (2015). Información por entidad, número de habitantes. Recuperado en julio de 2020 de: <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Son/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=26>.
3. Pindyck, R. S. y L. Rubinfeld (2001) Microeconomía. España, Quinta edición, Pearson-Prentice Hall.
4. SAGARPA 2017. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Chiles y pimientos Mexicanos. Recuperado en julio de 2020 de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257072/Potencial-Chiles_y_Pimientos-parte_uno.pdf.
5. SIAP. 2019. Anuario estadístico de la producción agrícola: producción agrícola: <http://nube.siap.gob.mx/cierre-agricola/>(consultado 14 de julio 2020).

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

INCREMENTO EN EL INGRESO NETO DE LOS PRODUCTORES DE DURAZNO QUE UTILIZAN LA TECNOLOGÍA PROPUESTA POR INIFAP

Blanca Isabel Sánchez Toledano^{1*}, Mercedes Borja Bravo², Venancio Cuevas Reyes³, Alejandra Vélez Izquierdo⁴, José Antonio Espinosa García⁴, Valentín Melero Meráz¹

¹CE Zacatecas CIR NORTE-INIFAP; ²CE Pabellón; ³CE Valle de México CIRCE-INIFAP; ⁴CENID Fisiología-INIFAP

toledano.blancaisabel@gmail.com

Palabras clave: Adopción, beneficios, innovaciones tecnológicas

INTRODUCCIÓN

En México el volumen de producción de frutas y hortalizas pasó de 19 millones de t anuales en 1994 a 37 millones de t en 2017 (FAOSTAT, 2018). La fruticultura mexicana es una de las actividades agropecuarias más rentable del sector agropecuario, ya que la superficie cosechada con frutales representa 6.4 % de la superficie nacional y el valor de su producción equivale al 20.7 % del total de la producción mexicana. Lo anterior, significó que cada hectárea cultivada con frutales fuese tres veces más rentable que el promedio del resto de los cultivos (Schwentenius y Sangerman, 2014). Zacatecas se caracteriza por aportar al consumo de otras entidades más de 772 mil t de productos agrícolas diversos, entre los que destacan el frijol, chile seco, hortalizas diversas, guayaba, tuna, vid y durazno (Sánchez-Toledano y Rumayor, 2010). La producción de durazno en Zacatecas es de 11,676.42 t, con un rendimiento de 2.21 t ha⁻¹ bajo condiciones de temporal y con un valor de la producción de \$146,064.5 (SIAP, 2018). El duraznero que se cultiva en el estado es de tipo amarillo criollo de hueso pegado y se propaga sexualmente (Zegbe y Esparza, 2007).

La producción de durazno en Zacatecas se ha constituido como una actividad estratégica en términos socioeconómicos y de competitividad (Sánchez-Toledano *et al.*, 2013), siendo una fuente importante de ingreso para la población de escasos recursos, así como un incentivo para el crecimiento del comercio regional. Los sistemas de producción de durazno en la entidad se caracterizan por poseer bajo volumen de producción, frutos con baja calidad y mano de obra familiar (Araque *et al.*, 2010).

El INIFAP, como institución responsable de apoyar el desarrollo agropecuario nacional, afronta el reto de buscar nuevas tecnologías de producción, validarlas, transferirlas y promover su adopción en beneficio de los productores agropecuarios y forestales. De manera específica, en 2009 en el Campo Experimental Zacatecas se dio a conocer una tecnología denominada “mejora de la vida de anaquel del durazno con aplicaciones de calcio, fungicida y manejo de la temperatura”. Esta tecnología busca alargar la vida postcosecha y disponer de alternativas para proveer durazno fresco de alta calidad. Lo anterior, a través de la aplicación precosecha de calcio y potasio vía foliar en el cultivo. Lo que constituye una barrera física y química que regula la liberación de agua y por tanto reduce la pérdida de peso del fruto. En las evaluaciones experimentales de la tecnología de producción, la cantidad promedio de peso perdido por tonelada fue de 90 kg con un aumento potencial hasta de siete días para incrementar la vida postcosecha en los frutos. En consecuencia, la mejora en la calidad del fruto representa una mejora en el precio de venta y, por tanto, mejores ingresos para los productores que la utilizan. El objetivo central de esta evaluación fue determinar el incremento en el ingreso neto de los productores de durazno que utilizan la tecnología propuesta por INIFAP para su cultivo, haciendo una comparación con la tecnología tradicional del productor.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para recopilar la información se aplicó una encuesta estructurada dirigida a productores de durazno en el Estado de Zacatecas que utilizaron la tecnología propuesta por Inifap durante el ciclo agrícola 2018 y 2019. Para determinar el tamaño de la muestra de los agricultores se utilizó la fórmula de poblaciones finitas con un nivel de significación (α) al 5 % y 5 % como nivel máximo de error permisible (Sánchez-Toledano *et al.*, 2013). Se consideró una población objetivo de 30 productores de durazno que utilizan la tecnología, el tamaño de muestra n estimada fue de 28 encuestas; sin embargo, se realizaron las 30 encuestas en total; que representan el 100 % de los productores que utilizan la tecnología de INIFAP.

Los costos de producción calculados consideran los precios observados en el ciclo primavera-verano 2018. Con base en Ayala *et al.* (2014), González y Fuentes (2013) y Swenson y Haugen (2013) los costos fueron divididos en: a) Costos directos que contabilizan el pago por fertilizantes químicos y orgánicos, plaguicidas, fungicidas, herbicidas, pago por labores mecanizadas y manuales y; b) Costos indirectos que incluyeron los gastos generales como el combustible ocupado en el acarreo de la producción y costo de oportunidad de la inversión. Para estimar el ingreso por ha se utilizó el precio de venta durazno en 2018 y el rendimiento promedio reportado por los productores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 90 % de los encuestados fueron hombres y sólo un 10 % fueron del sexo femenino. Los productores, en promedio, tenían una edad de 53 años y se ubicaron en un rango entre los 28 y 85 años. El 33.3 % de los entrevistados tiene estudios de primaria, 30 % de secundaria, 13.3 % de preparatoria, 13.3 % estudios de licenciatura y 6.6 % otros. Del total de productores encuestados solo el 43.3 % tiene algún miembro que ha realizado o realiza estudios universitarios. Los productores tienen en promedio 19.4 años produciendo durazno. Así mismo, estos productores tienen en promedio cuatro integrantes en su familia. La formación agraria proviene en un 100 % de la experiencia práctica, aunque en algunos casos estos se complementaron con formación profesional (16.6 %) y cursos y conferencias (20 %). Del total de sus ingresos el 73 % proviene de la agricultura y sólo el 33 % del cultivo de durazno. Es importante mencionar que el 60 % de los agricultores pertenecen de manera activa en una organización y el 40 % elabora algún producto con valor agregado de durazno.

Con respecto a las unidades de producción, el 50 % de las parcelas de los entrevistados pertenecen al régimen de pequeña propiedad y 46.6 % son ejidales. Los productores del estado siembran de 2 a 24 hectáreas, en promedio 8.8 ha. El rendimiento de las unidades de producción con la tecnología tradicional de los productores fue de 7.4 tha^{-1} y con la tecnología de Inifap fue de 8.6 tha^{-1} .

Los costos de producción del cultivo de durazno con tecnología tradicional, fue en promedio de 28,254 \$ ha^{-1} y de 28,653 \$ ha^{-1} con tecnología INIFAP, lo cual representó un incremento de costos de 1.41 %. El aumento del costo se debe a la compra de insumos de calcio; mientras que, con la tecnología tradicional no se utilizan.

En la región donde se realizó la evaluación, los productores reportaron que con la tecnología tradicional obtuvieron un rendimiento promedio de 7.36 tha^{-1} ; sin embargo, con la tecnología INIFAP, los productores obtuvieron en promedio 8.62 tha^{-1} , es decir, 17.12 % más de producción.

En el Cuadro 1 se observan las diferencias que surgieron entre las tecnologías. Con la tecnología testigo del productor, el costo de producir una tonelada de durazno fue de \$4,598.5, pero con el uso de la innovación tecnológica el costo disminuye a \$3,776.4 t. El costo unitario menor refleja que con la tecnología INIFAP se incrementa la productividad en el cultivo, ya que logra disminuir costos unitarios de producción y elevar el rendimiento.

Cuadro 1. Costo unitario e ingreso de la tecnología testigo y la tecnología INIFAP.

| Variable | Tecnología testigo | Tecnología INIFAP | Diferencia |
|--|--------------------|-------------------|------------|
| Costo total de producción (\$ ha ⁻¹) | 28,254 | 28,653 | 399 |
| Costo unitario (\$ t ⁻¹) | 4,598.5 | 3,776.4 | 822.1 |
| Rendimiento (t ha ⁻¹) | 7.36 | 8.62 | 1.26 |
| Precio de venta (t kg ⁻¹) | 8,523 | 10,119 | 1,596 |
| Ingreso Bruto (\$ ha ⁻¹) | 62,732 | 87,195 | 24,463 |
| Ingreso Neto (\$ ha ⁻¹) | 34,478 | 58,542 | 24,064 |

Fuente: Elaborado con datos obtenidos en campo, 2019.

El precio de venta promedio del área de estudio osciló entre 6,000 Y 12,000 \$t⁻¹, pero con la tecnología de Inifap la calidad del fruto mejora y esto se ve reflejado en el precio de venta. El precio de venta de la tecnología Inifap fue de \$10,119 por tonelada. El incremento en el precio fue de \$1,596 en comparación con el precio pagado por el fruto cultivado con la tecnología tradicional.

Considerando el rendimiento y el precio, se obtuvo como resultado que con la tecnología testigo, los productores obtuvieron un ingreso bruto de 62,732 \$ ha⁻¹; mientras que, con el uso de los componentes tecnológicos para el cultivo de durazno en el estado de Zacatecas el ingreso por hectárea fue de 87,195 \$ ha⁻¹; es decir, con el uso de la innovación tecnológica, los productores de durazno recibieron 39 % más de ingresos brutos.

CONCLUSIONES

La innovación tecnológica para el cultivo de durazno está diseñada para zonas productoras de durazno criollo en el estado de Zacatecas, en los DDR's de Zacatecas, Jerez, Fresnillo y Río Grande. Sin embargo, se puede implementar en todos los estados productores del país.

Los productores señalan que la aplicación de calcio y fungicida antes de la madurez del fruto genera beneficios que se pueden apreciar de manera física. Esto puede explicarse de la siguiente forma; la suplementación foliar con calcio es importante debido al rol que juega en la cementación estructural de los tejidos. En consecuencia, se puede reducir hasta 17% la pérdida de peso de fruta solo por efecto de la aplicación foliar de calcio o carvendazim en condiciones de temperatura ambiente y que además aquellos frutos cultivados de manera tradicional pierden su valor comercial a los tres o cuatro días de cosechado por efecto de deshidratación o presencia de hongos, contra seis y siete días de frutos tratados en precosecha.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2016. Disponible en: <http://faostat.fao.org> (acceso 9 Julio 2021).
2. Sánchez-Toledano B. y Rumayor A. 2010. Evaluación del entorno para la innovación tecnológica en Zacatecas: identificación de las cadenas productivas relevantes. Publicación Especial No.18. Campo Experimental Zacatecas. CIRNOC-INIFAP. 20 p.

3. Sánchez-Toledano, B., Zegbe, J., & Rumayor, A. (2013). Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. *Rev. Mex. Cienc. Agríc*, 4(6): 855–868.
4. Schwentesius R. y Sangerman D. M. 2014. Desempeño competitivo de la fruticultura mexicana, 1980-2011. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5(7): 1287–1300.
5. Zegbe J. y Esparza G. 2007. Poda de ramas mixtas y raleo de frutos: Prácticas culturales independientes en durazno “Victoria”. *Revista Chapingo serie Horticultura*13:121-126.

Sección: Socioeconomía, validación y transferencia de tecnología.

RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE LA HIGUERILLA EN AGUASCALIENTES

Mercedes Borja Bravo^{1*}, Sergio Arellano Arciniega¹, Ernesto Martínez Reyes¹ y Rigoberto Rosales Serna².

¹CE Pabellón CIRNOC-INIFAP. ²CE Valle del Guadiana CIRNOC-INIFAP

borja.mercedes@inifap.gob.mx

Palabras clave: Costos, ingreso, ganancia.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial ha crecido la producción de biocombustibles, fomentada por la necesidad cada vez mayor de energéticos, reducción en las reservas de petróleo, emisiones de gases de efecto invernadero y la búsqueda de alternativas agrícolas en los países en desarrollo. En México existen algunos cultivos para la generación de bioenergéticos, entre ellos la higuera.

La higuera es un arbusto que se adapta a diversos ambientes, aunque es típica de las regiones tropicales. Esta planta ha generado expectativas para su producción comercial, ya que el aceite extraído de las semillas es apreciado en la industria automotriz, farmacéutica, cosmetológica, química, aeronáutica y médica. También, se utiliza en la producción de fertilizantes, pesticidas y como fuente alternativa para la producción de biodiesel y bioturbosina (Benavides *et al.*, 2007; Sepúlveda, 2012). Según el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), la higuera se puede cultivar en 30 estados del país en una superficie de 10 millones de ha, de las cuales el 38 % son de alto potencial productivo y el resto es de potencial medio y bajo (Rico *et al.*, 2011).

En Aguascalientes, a partir de 2018 se ha promovido un programa de reconversión productiva, apostando a cultivos que demanden una menor cantidad de agua y sean más rentables para los productores. Es así como surge el interés de validar el potencial productivo y económico del cultivo de la semilla de higuera en el estado y con ello incursionar en la industria de los biocombustibles. Sin embargo, para poder brindar una recomendación efectiva a los tomadores de decisiones y productores, la información agronómica debe ser acompañada de información económica. Es así que el objetivo de este trabajo fue estimar la rentabilidad del cultivo de higuera en el estado de Aguascalientes, con la finalidad de proporcionar información económica a los tomadores de decisiones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para cumplir el objetivo se estableció en las instalaciones del Campo Experimental Pabellón de INIFAP en Aguascalientes, localizado a los 22°09'34" latitud norte y 102°17'39" longitud oeste, a 1912 msnmm, donde el suelo presenta una textura franco arenosa (Osuna-Ceja, *et al.*, 2019). En el experimento se sembraron un híbrido y cuatro variedades de higuera. La fecha de siembra fue el 13 de abril de 2020 y se establecieron parcelas de 15x10 m con tres repeticiones por variedad, la distribución de plantas fue a marco real con separación de 80 centímetros, el riego fue por goteo con cintilla y se realizó una fertilización a los 30 días después de la siembra con una dosis 60-00-00. El control de malezas y cosecha se hizo de manera manual. En el Cuadro 1 se muestra la información referente a la semilla de higuera utilizada en el experimento, el tamaño y los kilogramos que se utilizan para una hectárea.

Cuadro 1. Características de las variedades de higuierilla consideradas en la evaluación agronómica en Aguascalientes.

| Variedad | Tipo de semilla | Tamaño de la semilla | Cantidad de semilla (Kg ha⁻¹) |
|-----------------|------------------------|-----------------------------|---|
| ROSITA | Variedad | Mediano | 7.7 |
| H-K855 | Híbrido | Mediano | 5.9 |
| MEX OIL | Variedad | Grande | 12.6 |
| GUANAJUATO OIL | Variedad | Mediano | 6.3 |
| FERRERIA | Variedad | Pequeño | 1.5 |

Los costos de producción se calcularon considerando los precios observados en el ciclo primavera-verano 2020. Los costos fueron divididos en: a) Costos directos que contabilizan el pago por fertilizantes químicos y orgánicos, costo de la semilla, agua de riego y pago por labores mecanizadas y manuales y; b) Costos indirectos que incluyeron los gastos generales como gastos de acarreo y el costo de oportunidad del dinero.

Para estimar el ingreso total se consideraron los rendimientos de cada variedad e híbrido evaluado. El precio de venta se obtuvo a partir de un monitoreo de precios en la industria aceitera realizado en 2020, y se consideró un promedio de \$8 kg. Finalmente, se calculó la Relación Beneficio-Costo (*RBC*) de la producción de higuierilla. La evaluación de la rentabilidad del cultivo se realizó considerando los costos de producción e ingresos obtenidos en una hectárea para cada variedad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 2 se observan los costos directos e indirectos en lo que se incurre con el establecimiento de una hectárea para la producción de semilla de higuierilla, cabe destacar que se realizó el mismo manejo agronómico a los cinco materiales consideradas en el experimento. El costo de los insumos agrícolas fueron los más elevados, esto fue por el gasto en el mantenimiento del sistema de riego y fertilización. A lo anterior se sumaron las labores mecanizadas y las labores manuales. Cabe destacar que el mayor gasto de mano de obra se realizó en la cosecha de la semilla. Según Valderrama *et al.* (1994) la dificultad en la cosecha de la semilla es una de las desventajas más notorias que tiene el cultivo.

Cuadro 2. Costos de producción de semilla de higuierilla en Aguascalientes.

| Concepto | |
|--------------------------------------|--------------------------|
| | Costos directos |
| Labores mecanizadas | 2,700 |
| Labores manuales | 2,200 |
| Insumos | 9,311 |
| | Costos indirectos |
| Costo de oportunidad de la inversión | 1,063 |
| Acarreo | 150 |

El costo total de producción fue, en promedio, de \$15,231, tal como se observa en el Cuadro 3. El costo fue diferente para cada variedad de semilla empleada en la cosecha, debido a que algunas fueron variedades como la Rosita y Ferreria que son materiales criollos con un precio más bajo, mientras que, Guanajuato Oil y Mex Oil fueron variedades registradas de INIFAP, HK855 fue un híbrido comercial con un mayor precio. Según lo expresado por Rico *et al.* (2011) se recomienda de 7 a 10 kg de semilla ha⁻¹ para una densidad baja (2,500 plantas); mientras que, para densidades de 10,000 plantas o más se utilizan entre 13 y 16 kg. El costo de la semilla es variable, ya que depende de la densidad que se quiera obtener, de la variedad o híbrido comercial que se utilice y el tamaño de semilla.

Cuadro 3. Rentabilidad de la producción de semilla de higuierilla en Aguascalientes, México.

| Variedad | Costo de producción | Ingreso | Ganancia | Relación Beneficio Costo |
|---------------------|---------------------|---------|----------|-----------------------------|
| | | Bruto | | |
| \$ ha ⁻¹ | | | | |
| ROSITA | 15,197 | 21,668 | 7,063 | 1.48 |
| HK855 | 15,221 | 21,600 | 6,970 | 1.48 |
| MEX OIL | 15,438 | 19,726 | 4,880 | 1.33 |
| GUANAJUATO OIL | 15,234 | 17,910 | 3,266 | 1.22 |
| FERRERIA | 15,063 | 14,894 | 421 | 1.03 |
| Promedio | 15,231 | 19,159 | 3,929 | 1.26 |

Para estimar el ingreso bruto se consideraron los rendimientos obtenidos en cada una de las variedades e híbridos evaluados; el rendimiento mayor se obtuvo de la variedad Rosita y el híbrido H-K855 con 2.4 t por ha; mientras que, las variedades Mex Oil y Guanajuato Oil se ubicaron entre 1.9 y 2.2 t por ha. La Ferreria fue la variedad con menor rendimiento y registro 1.6 t por ha de producción de semilla. El precio de venta del productor durante el 2020 también se utilizó para estimar el ingreso bruto, mismo que fue estimado en \$9 por kg. En el Cuadro 3 se observan los ingresos brutos, que en promedio fueron de \$19,159 por ha. Al descontar los costos de producción a los ingresos brutos se obtuvo la ganancia, que fue en promedio de \$3,929. Sin embargo, la variedad Rosita y el Híbrido H-K855 son los que mayores ganancias registraron debido al mayor rendimiento obtenido.

La variedad Rosita y el Híbrido H-K855 fueron las que obtuvieron la mayor relación beneficio costo (1.48), lo que significa que por cada peso invertido en la producción de semilla se obtuvo una ganancia de 48 centavos, igual a una rentabilidad de 48%. La variedad Ferreria fue la de menor rendimiento y rentabilidad. Una de las limitantes de este trabajo fue que se realizó la evaluación considerando solo un año de producción, por lo que es importante continuar con la validación en campo para registrar la información necesaria que permita ampliar los resultados económicos, mismos que deben considerar la característica perenne del cultivo y evaluar a través de un análisis financiero la infraestructura, principalmente el sistema de riego. No obstante, los resultados obtenidos permiten vislumbrar información productiva y económica para los tomadores de decisiones sobre el cultivo de la higuierilla en Aguascalientes.

CONCLUSIONES

La higuierilla es un cultivo con capacidad de adaptación comercial en Aguascalientes, los costos de producción implican un mayor costo en insumos y pueden variar a partir del tipo de semilla que se utilice, ya sea variedad o híbrido comercial. Este cultivo es rentable y representa una opción para los productores de Aguascalientes.

Es recomendable continuar con la evaluación agronómica y económica de higuierilla en el estado, ya que esto brindará información completa sobre el comportamiento del cultivo en diversos ambientes y buscando un mayor aprovechamiento al tratarse de un cultivo perenne.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Benavides, A.; P. Benjumea; V. Pashova. 2007. El biodiesel de aceite de higuierilla como combustible alternativo para motores diésel. Dyna. 74(153): 141-150.

- Osuna-Ceja E. S.; Garibaldi-Márquez, F. y García-Hernández, R. V. 2019. Desempeño de un subsolador integral biomimético para laboreo sustentable de suelos agrícolas. *Acta Universitaria*. 29(2019): 1-14.
- Rico P., H. R.; L. M. Tapia V.; R. Teniente O.; A. González A.; M. Hernández M.; J. L. Solís B.; A. Zamarripa C. 2011. Guía para cultivar higuierilla (*Ricinus communis* L.) en Michoacán. CIRPAC-INIFAP-Campo Experimental Valle de Apatzingán. Michoacán, México. 42 p.
- Sepúlveda G., I. 2012. Bioturbosina. Producción de cultivos energéticos para la aviación comercial. *Revista Mexicana de Ciencia Agrícolas* 3(3): 579-594.
- Valderrama, J.; A. Mery; F. Aravena. 1994. La higuierilla y su principal producto, el aceite de ricino. Parte 1. Aspectos generales. *Información Tecnológica*. 5(1): 87-90.

INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE TRANSFERENCIA EN LA ADOPCIÓN DE INNOVACIONES TECNOLÓGICAS DEL INIFAP

Mercedes Borja Bravo^{1*}, Sergio Arellano Arciniega¹ y Alejandra Vélez Izquierdo².

¹CE Pabellón CIRONOC-INIFAP. ²CENID Fisiología y Mejoramiento Animal, INIFAP.

borja.mercedes@inifap.gob.mx

Palabras clave: Transferencia de tecnología, adoptantes, productores agrícolas.

INTRODUCCIÓN

La adopción de innovaciones tecnológicas es un tema de importancia para las instituciones de investigación del sector agropecuario. La adopción de una innovación tecnológica se define como el proceso por el cual el productor agropecuario sustituye una práctica de uso común por otra novedosa; esto implica un proceso de aprendizaje y cambio del sistema de producción (Sánchez *et al.*, 2013). El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha generado por años tecnologías que han impactado en la forma de producir de los productores; sin embargo, para tomar decisiones sobre el proceso de adopción de las tecnologías del instituto, es necesario conocer la forma en la que las diversas actividades que se realizan, así como los actores que intervienen y los medios por los que se da a conocer la tecnología influyen en la decisión del productor para aplicar innovaciones tecnológicas en su sistema de producción.

En este trabajo se planteó el objetivo de identificar la influencia que tienen las actividades que se realizan en el proceso de transferencia de la tecnología que se genera en INIFAP en los productores que han adoptado alguna tecnología del instituto; si mismo, conocer la motivación y limitantes que tienen los productores que utilizan la tecnología.

MATERIALES Y MÉTODOS

El método utilizado en la investigación fue exploratorio y la información se obtuvo mediante una encuesta estructurada a 107 productores seleccionados mediante muestreo no probabilístico y el criterio de selección de los encuestados fue que hubiesen adoptado tecnologías de INIFAP. Los productores se ubicaron en los estados de Colima, Michoacán, Aguascalientes, San Luis Potosí y Zacatecas y se realizaron en los meses de agosto de 2018 a agosto de 2019.

La encuesta fue estructurada para captar información referente a edad, escolaridad y tiempo de dedicarse a la agricultura. También se preguntó sobre el proceso de conocimiento y adopción de la tecnología por los productores, las limitantes que tienen los productores para usar la tecnología y las razones por las cuales la utilizan. Las encuestas fueron aplicadas durante los años de 2018 y 2019. La información fue capturada en una hoja de cálculo de Office Excel 2016 y analizada mediante estadística descriptiva.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La edad promedio de los productores encuestados fue de 51 (± 14.4) años de edad, el 2.4 % dijo no tener estudios, 30.6 % estudio hasta el nivel primaria, 22.4 % la secundaria, 18.8 % preparatoria y 25.9 % tiene una carrera universitaria. Los productores encuestados dijeron tener experiencia en la producción agrícola, ya que en promedio tuvieron 22 (± 15) años de dedicarse a las actividades agrícolas. Los análisis de estas variables son de importancia porque son características de los productores que se asocian de forma significativa en el modo de cultivar y la disponibilidad de adoptar nuevas tecnologías (Vilboa y Díaz, 2009). Los productores que han adoptado tecnologías generadas en el instituto tienen de uno a cinco años de conocer la tecnología, solo el 14 % mencionó que tiene más de cinco años de conocerla. El 29 % de los encuestados tienen un año de utilizar la tecnología, 15 % dos años, el 30.8 % tiene entre 3 y 5 años de aplicar la tecnología INIFAP y 14% más de cinco años.

Para saber sobre cómo influyen las actividades de transferencia de tecnología que realiza el INIFAP en el proceso de adopción, se cuestionó sobre si los productores habían recibido capacitación por parte del Instituto, a lo cual el 37.2 % contestaron que sí y el resto no recibieron. También se cuestionó sobre su asistencia a eventos de promoción de la tecnología (platicas, demostraciones, cursos y talleres) donde el 51.4 % menciono que si y el resto (48.6 %) mencionó que no habían asistido.

Existen diferentes formas en como los productores conocieron la tecnología que adoptaron, en la Figura 1 se observa la gráfica A, donde se visualiza que el 41.1 % de los productores mencionaron que conocieron la tecnología por recomendación de un técnico, le siguen las parcelas demostrativas de INIFAP y porque la utilizaba otro productor. Solo el 15 % la conoció a través de folletos y 11.2 % por información proporcionada por investigadores del INIFAP. Estos resultados vislumbran la importancia que tienen los técnicos para la promoción de las tecnologías, además fortalecen la importancia de seguir buscando la cooperación de productores para motivar la adopción de innovaciones tecnológicas.

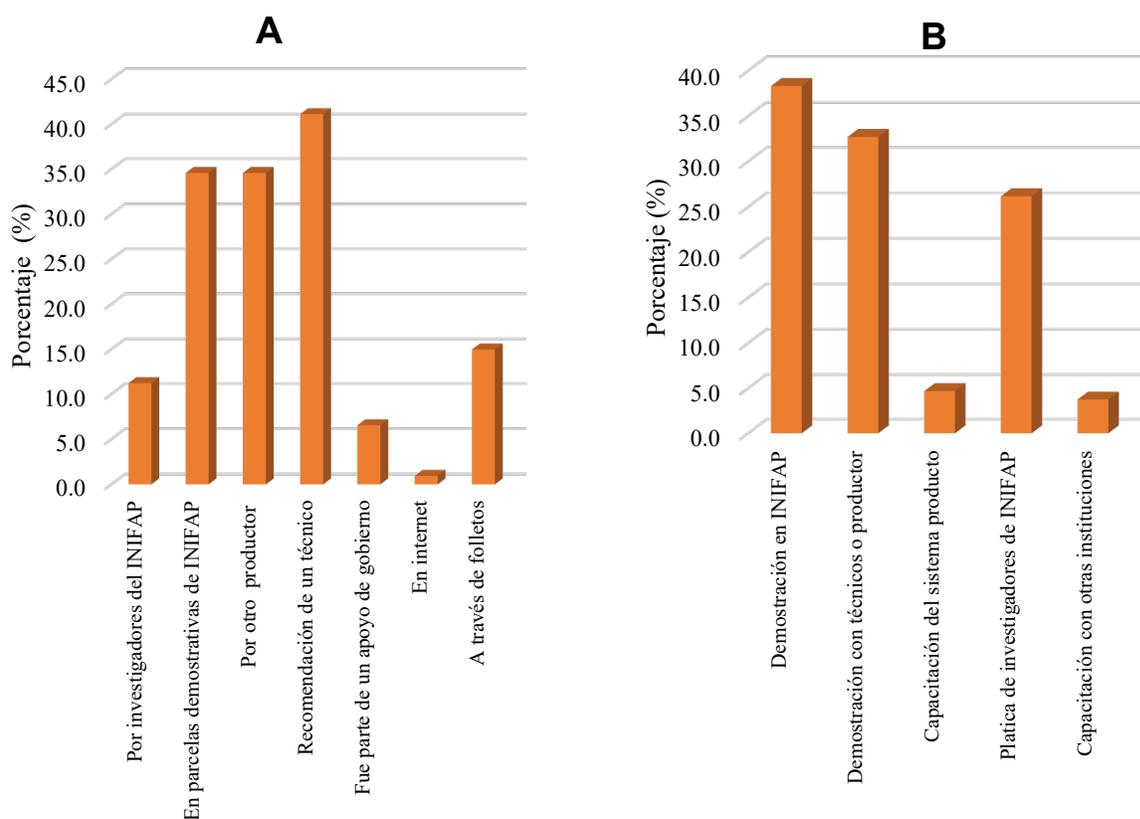


Figura 1. A) Medio por el que conoció el productor la tecnología. B) Tipo de evento al que asistieron los productores.

Fuente: elaboración propia con información obtenida de la encuesta.

En la Figura 1, grafica B se observa que el 38.3 % de los productores asistieron a una demostración de la tecnología, el 32.7 % asistieron a una demostración con técnicos y productores, el 26.2 % recibieron una plática de investigadores de INIFAP. Fue muy bajo el porcentaje de productores que mencionaron que asistieron a capacitación por parte de los sistemas producto y otras instituciones.

Con la intención de indagar sobre los motivos que influyen en los productores sobre él porque utilizan la tecnología INIFAP, se encontró que el 51.4 % de los productores la utilizan como una forma de incrementar los rendimientos, 44.9 % para aumentar los ingresos y 32.7 % porque confían en la tecnología de INIFAP. Las principales limitantes que los productores tienen para el uso de la tecnología es la falta de apoyos gubernamentales, seguido de la falta de maquinaria adecuada y recursos económicos (Cuadro 1). Finalmente, se cuestionó a los productores sobre si recomendarían la tecnología que utilizan a otros productores, a lo cual el 64.5 % contestó que es muy recomendable y 33.6 % que es recomendable.

Cuadro 1. Motivos y limitantes para el uso de innovaciones tecnológicas.

| Pregunta | Frecuencia | Porcentaje (%) |
|--|-------------------|-----------------------|
| <i>¿Cuál fue el motivo por el cual decidió utilizar tecnología?</i> | | |
| Para incrementar los rendimientos | 55 | 51.4 |
| Para obtener mayores ingresos | 48 | 44.9 |
| Confió en la tecnología de INIFAP | 35 | 32.7 |
| Un amigo productor me lo recomendó | 12 | 11.2 |
| Me gusta innovar en la forma de producir | 32 | 29.9 |
| <i>¿Cuáles son las limitantes que enfrenta para utilizar la tecnología?</i> | | |
| Falta de asesoría técnica | 31 | 29.0 |
| Financiamiento o crédito | 30 | 28.0 |
| Falta de apoyos gubernamentales | 44 | 41.1 |
| No tengo maquinaria adecuada | 39 | 36.4 |
| Es costoso hacer practicas | 24 | 22.4 |
| Falta de recursos económicos | 39 | 36.4 |
| <i>¿Recomendaría esta tecnología a otros productores?</i> | | |
| Para nada recomendable | 1 | 0.9 |
| Poco recomendable | 0 | 0.0 |
| Me es indiferente | 1 | 0.9 |
| Recomendable | 36 | 33.6 |
| Muy recomendable | 69 | 64.5 |

CONCLUSIONES

La mayor cantidad de productores que han adoptado tecnología INIFAP tienen más de tres años de conocer la innovación. Se destaca la influencia que tienen los técnicos como promotores de las tecnologías, también se destacó la importancia de las parcelas demostrativas en el instituto y con productores cooperantes, ya que poco más de la mitad de los productores adoptantes asistió a este tipo de eventos, además de asistir a pláticas de investigadores del instituto. Lo anterior, refuerza la importancia de realizar dichas actividades por parte de INIFAP a conocer y transferir las innovaciones tecnológicas.

La motivación que tienen los productores para adoptar innovaciones es incrementar el rendimiento de sus cultivos y los ingresos obtenidos en la producción. Un tercio de los productores adoptantes tienen amplia confianza en la tecnología del instituto. La principal limitante que los productores visualizan para implementar la tecnología es la falta de apoyo gubernamental, la falta de maquinaria adecuada y en ocasiones la falta de recursos económicos.

El INIFAP debe seguir promoviendo las actividades de transferencia de tecnología, ya que son un medio fiable para promover las innovaciones tecnológicas. A la par, los investigadores deben mantener o incrementar sus alianzas con técnicos y productores cooperantes, ya que son alianzas importantes para propiciar la adopción de tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Sánchez T. B. I.; Zegbe D. J. A. y Rumayor R. A. F. 2013. Propuesta para evaluar el proceso de adopción de las innovaciones tecnológicas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4(6): 855-868.
- Vilboa, A. J. y Díaz, R. P. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los sistemas ganaderos en siete municipios del estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*. 27(4):427-436.
- Cáceres, D., Silvetti, F., Soto, G., Rebolledo, W., y Crespo, H. (1997). La adopción tecnológica en sistemas agropecuarios de pequeños productores. *Agro Sur*. 25(2):123-135.

BIOENERGÍA

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

FERMENTACIÓN DE HIDROLIZADOS LIGNOCELULOSICOS DE *Jatropha curcas* PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOACEITE

Biaani Beu Martínez Valencia¹, Carmen Yadira Soto Aguilar², José Luis Solís Bonilla¹
¹CE Rosario Izapa CIRPAS-INIFAP, ²Tecnológico Nacional de México-Campus Tapachula.

martinez.biaani@inifap.gob.mx

Palabras clave: biodiesel, levaduras oleaginosas, residuos agrícolas.

INTRODUCCIÓN

Los desechos lignocelulósicos de la silvicultura, la agricultura y la agroindustria son abundantes y relativamente baratos, no se utilizan para la alimentación y son atractivos como materias primas porque son fuentes ricas de polisacáridos con uso potencial para la producción de aceites microbianos mediante procesos de fermentación utilizando microorganismos (Martínez et al., 2017). La lignocelulosa se compone principalmente de lignina y dos polisacáridos: celulosa y hemicelulosa. Existen diversos trabajos de investigación donde estudian la conversión de diversos productos de desecho e hidrolizados utilizando microorganismos oleaginosos para la obtención de aceite. Sitepu et al., (2014) menciona que el biodiesel de "tercera generación" se encuentra en proceso de desarrollo utilizando microorganismos acumuladores de aceite como microalgas, bacterias, levaduras y hongos. Los aceites unicelulares (SCO), o sistemas microbianos que producen y almacenan aceite han atraído recientemente una atención significativa en la investigación, principalmente en respuesta al aumento de la demanda de energía. Los microorganismos oleaginosos pueden convertir sustratos como dióxido de carbono, azúcares y ácidos orgánicos en aceites unicelulares. Huang et al. (2013), enumera ejemplos de materias primas utilizadas para la producción de aceite unicelular e incluyen materias primas de la industria alimentaria (desperdicio de tomate, extractos de sorgo dulce, etc.), materiales hidrofílicos (melaza) y materiales hidrofóbicos (aceites vegetales, grasas industriales). Debido a que las levaduras carecen de una actividad celulolítica significativa, el material lignocelulósico debe ser pretratado e hidrolizado por tratamientos químicos, físicos o enzimáticos, para liberar azúcares libres antes de la conversión en lípidos por los microorganismos. Durante el manejo agronómico y cosecha de los cultivos de las plantaciones de *Jatropha curcas*, se genera una gran cantidad de biomasa, que pueden incorporarse al suelo o con fines energéticos como los biocombustibles, bioproductos, entre otros. En el cultivo de piñón mexicano durante las podas se generan más de 5 toneladas por hectárea (datos obtenidos durante las podas anuales de las variedades liberadas de *J. curcas*) de residuos lignocelulósicos que pueden ser aprovechados para la generación de hidrolizados con alto contenido de azúcares fermentables. Por tal razón, el presente trabajo tuvo como objetivo producir y caracterizar aceite microbiano a partir de levaduras oleaginosas utilizando hidrolizados provenientes de la biomasa lignocelulósica de la *J. curcas*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las ramas obtenidas de las podas se obtuvieron de las parcelas experimentales de *J. curcas*, ubicado en el Campo Experimental Rosario Izapa en Tuxtla Chico, Chiapas. La biomasa se secó en una estufa de flujo cruzado a 65 ° C durante 72 h y se almacenó en bolsas de poliuretano a temperatura ambiente para evitar la degradación biológica. Caracterización fisicoquímica. Las ramas de *J. curcas* fueron caracterizadas y se les determinó contenido de azúcares, cenizas, humedad, lignina. Proceso de hidrolisis. Las ramas se trituraron entre 0.84 y 0.35 mm y luego se mezclaron con ácido sulfúrico diluido (1,5%, p/p) para dar una mezcla con una carga sólida del 10% (p / p). La mezcla se colocó en una autoclave a 125 ° C durante 15 min y la fracción líquida se separó por filtración al vacío después de enfriar y se almacenó a 4 ° C antes de su uso. Cultivo de *Rhodotorula mucilaginosa* con hidrolizado de ramas de *J. curcas*. Se realizaron cultivos de *R. mucilaginosa* para evaluar los hidrolizados. Las fermentaciones se realizaron en matraces Erlenmeyer de 250 mL, contenían 100 mL de medio a base de hidrolizado y suplementado con 2 g/L de (NH₄)₂SO₄, 3 g/L de MgSO₄ · 7H₂O, 0.5 g/L de KH₂PO₄, 0.1 g / L de CaCl₂ · 2H₂O a pH de 5.5. Los cultivos se realizaron por triplicado. Los matraces se inocularon con 10% (v/v) de *R. mucilaginosa*, que se precultivo durante 48 h en un

medio sintético. Los matracas se incubaron a 30 ° C durante 4 días y 120 RPM. Después del cultivo, se tomaron muestras para calcular el rendimiento y la concentración de lípidos, todo se realizó por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Derivado de la caracterización fisicoquímica de las ramas de la *J. curcas*, contienen un 18 % de hemicelulosa, 44.9 % de celulosa, 15.5 % de lignina, 6.37 % de cenizas y 15.23 % que corresponden a otros compuestos no determinados. En el cuadro 1, podemos observar que los datos obtenidos son similares a bagazo de caña y ramas de la palma de aceite residuos que han sido estudiados para su aprovechamiento en la obtención de bioproductos. Estos resultados nos indican que contamos con mas de 60 % de azucares disponibles para aprovecharlos como sustratos de bajo costo en el crecimiento y producción de metabolitos primarios y secundarios como puede ser el etanol, aceites, bioplásticos, entre otros.

Cuadro 1. Composición química de residuos lignocelulósicos.

| Tipos de residuos | | Celulosa (%) | Hemicelulosa (%) | Lignina (%) | Cenizas (%) | Otros |
|-------------------------------|--|--------------|------------------|-------------|-------------|-------|
| Bagazo de Caña* | | 50 | 25 | 25 | ---- | ---- |
| Ramas de palma de aceite.** | | 34.9 | 28.1 | 15.93 | 3.35 | ---- |
| Ramas de <i>J. curcas</i> *** | | 44.9 | 18 | 15.5 | 6.37 | 15.23 |

Fuente: Huang et al. 2012*; Martínez et al., 2017**; Autor***

Con respecto a la producción de aceite, se puede observar en el cuadro 2, que se obtuvo una biomasa de 5.11 g/L y un contenido de aceite de 0.88 g/L a partir de hidrolizados ricos en azucares provenientes de la hemicelulosa de las ramas de la *J. curcas*. La baja obtención de aceite se puede derivar por diferentes factores uno de ellos es la relación de c/n en el medio el tipo de especie de levadura usada, las fuentes de nitrógeno, tiempo entre otras variables de proceso. En este trabajo se usó NH₂SO₄ como fuente de nitrógeno de bajo costo para la producción de lípidos, con 15 g/L de azucares del hidrolizado. Kraisintu et al., (2010) midieron la masa celular y la producción de lípidos de una cepa de *R. toruloides* en varias condiciones, incluida una relación C/N variable, encontraron que la fuente de nitrógeno, el nivel de glucosa y la relación C/N tenían efectos significativos. De acuerdo con informes anteriores, el aumento de la relación C/N disminuyó la masa celular, pero aumentó el contenido de lípidos. La productividad total de lípidos se incrementó sólo ligeramente en las relaciones molares C/N más altas de 115 y 140, con un contenido máximo de lípidos celulares de 62,3% en la relación C/N de 140. Por lo tanto, es necesario realizar procesos de optimización para obtener la mayor cantidad de aceite que pueda producir la levadura estudiada variando relación de C/N y tiempo principalmente.

Cuadro 2. Obtención de aceite y biomasa a partir de *Rhodotorula mucilaginosa* utilizando diferentes fuentes de carbono.

| Fuente de carbono | Biomasa microbiana (g/L) | Lípidos (g/L) | Lípidos (wt.%) | Producción de lípidos (g/L ¹ h) |
|--|--------------------------|---------------|----------------|--|
| Glucosa | 5.24 ± 0.149 | 1.38 ± 0.077 | 26.38 ± 0.728 | 0.014 ± 0.008 |
| Xilosa | 3.76 ± 0.141 | 0.673 ± 0.032 | 23.905 ± 0.177 | 0.007 ± 0.0003 |
| Hidrolizado de ramas de <i>J. curcas</i> | 5.11 ± 0.255 | 0.88 ± 0.066 | 17.26 ± 0.339 | 0.010 ± 0.0006 |

CONCLUSIONES

Los hidrolizados obtenidos a partir de residuos lignocelulósicos de *Jatropha curcas* mediante un proceso de hidrólisis química, son potenciales fuentes de sustratos de bajo costo para la producción de aceite microbiano, obtenido a partir de un proceso de fermentación. Es necesario realizar más trabajos de investigación para definir los parámetros que aumenten el contenido de aceite en tiempos más cortos, aseguren la sustentabilidad y reducir los costos de producción.

AGRADECIMIENTOS A LA FUENTE FINANCIERA

Los resultados son parte del proyecto fiscal “Investigación, desarrollo e innovación en piñón mexicano (*Jatropha curcas* L.) para la producción agroindustrial y bioenergética en México”.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Huang C, Chen X-F, Xiong L, Chen X-D, Ma L-L, Chen Y. (2013). Single cell oil production from low cost substrates: the possibility and potential of its industrialization. *Biotechnol Adv.* 31:129-39.
2. Kraisintu P, Yongmanitchai W, Limtong S. Selection and optimization for lipid production of a newly isolated oleaginous yeast, *Rhodospiridium toruloides* DMKU3-TK16. *Kasetsart J (Nat Sci)* 2010;44:436–45.
3. Martínez, V.B.B. (2017). Oleaginous yeasts for biodiesel: study on the single cell oil production from low cost substrates. Tesis Doctoral.
4. Sitepu I.R., Luis A. Garay, Ryan Sestric, David Levin, David E. Block, J. Bruce German, Kyria L. Boundy-Mills (2014). Oleaginous yeasts for biodiesel: Current and future trends in biology and production. *Biotechnology Advances.* 32:1336–1360.

Sección: bioenergía.

ÍNDICE DE AUTORES

Aburto González Circe Aidin 375
Acosta Díaz Efraín 76, 428, 432, 629
Acosta Gallegos Jorge Alberto 415, 541, 586, 637, 640, 832, 890
Aguado Santacruz Gerardo Armando 269, 273
Aguilar Rincón Víctor Heber 560
Aguilar Tirado Margarita de Jesús 367
Aguilar Zamora Agustín Alejandro 943
Aguirre Gómez José Alfonso 307, 860, 915
Aguirre Gutiérrez Carlos 43
Aguirre Uribe Luis Alberto 763
Ake Be Jesús Abraham 815
Albarrán Tamayo Froylán 157
Alcalá Rico Juan Samuel Guadalupe Jesús 836
Alcaraz Tapia Paulo Alejandro 472
Alejo Santiago Gelacio 239, 375
Alemán Chávez Isabel 253
Alemán de la Torre Ivone 439, 590, 615
Alfaro Reyna Teresa 43
Alia Tejacal Iran 730
Almaraz Valle Víctor Manuel 723, 726
Almeyda León Isidro Humberto 182, 428, 432, 484, 839, 843
Altamirano Hernández Uriel 47
Altamirano Tinoco José Andrés 342
Alvarado Padilla Jorge Iván 490, 508, 583, 597
Álvarez Cilva Marcelino 472
Álvarez Hernández Juan Carlos 355, 387, 395
Álvarez Holguín Alan 22, 346
Álvarez Ojeda María Genoveva 182, 432
Álvarez Vázquez Juan Ángel 930
Anaya López José Luis 586, 640, 744, 832
Andueza Noh Rubén 621
Antúnez Ocampo Oscar Martín 222, 304, 436
Anzures Olvera Filiberto 222
Apaez Barrios Maricela 355
Aragón Cuevas Flavio 940
Aragón Magadán Marco Antonio 94
Aragón Magadán Marco Aurelio 150, 625
Aranda Lara Ulises 461, 557, 580
Araujo Díaz Rogelio 371
Arellano Arciniega Sergio 359, 959, 963
Arellano Martín Fernando 864

Arellano Vázquez José Luis 572, 576, 922
Argumedo Delira Rosalba 132, 751
Arias Aragón Adalit 196
Arias Macías Brayan Esaú 142
Arias Reyes Cristian Daniel 825
Arios Caro Liliana 730
Arista Cortés Juan 58
Arjón Rubí García 249
Armijo Martínez Luis Fernando 839, 843
Arredondo Moreno Tulio 43
Arreguín Centeno Honorato 770
Arreguín Centeno José Honorato 741
Arriaga Manuel Jerónimo 524, 528, 535
Arrieta Ramos Beatriz Guillermina 375
Arteaga Garibay Ramón Ignacio 229, 737
Arteaga Ramírez Ramón 58
Ascencio Hernández Roberto 58
Ascencio Luciano Guillermo 10, 687
Avenidaño Arrazate Carlos Hugo 55, 219, 321
Ávila Perches Miguel Ángel 113, 117
Ávila Salazar Jesús Manuel 541
Ayala Aguilera Líder 644
Ayala Arcipreste María Esther 852
Ayala Garay Alma Velia 196, 451, 697, 878, 886, 894
Ayala Hernández Diana Daniela 120, 124
Ayala Sánchez Alejandro 882
Azpeitia Morales Alfonso 161, 618
Báez Pérez Aurelio 192, 257
Baeza Guzmán Yajaira 367
Balderas Alba Itzel Abigail 601
Balderas Palacios Feliciano Gerardo 601
Bañuelos Hernández Bernardo 157
Barbosa Moreno Finlandia 31, 80, 300
Barrios Díaz Benjamín 39, 350
Barrios Díaz Juan Manuel 39, 350
Barrios Gómez Edwin Javier 545, 549, 648, 651
Basto Pool Carolina Isabel 498
Bautista Pérez Cristóbal Ervi 10, 102
Bautista Ramírez Edgardo 439, 464, 590, 615
Beltrán Morales Félix Alfredo 818
Barrera Rojas Miguel Ángel 918
Betancourt Galindo Rebeca 594, 759
Bojórquez Quintal Emanuel 516

Borbolla Ibarra Saúl 712
Borbón Gracia Alberto 423, 508, 583
Borja Bravo Mercedes 359, 955, 959, 963
Borrayo Ernesto 98
Bravo Gómez Felipe de Jess 285, 289
Briones Reyes Dolores 186, 476
Bucio Aguilar Yamir 175
Bugarín Montoya Rubén 239
Bújanos Muñiz Rafael 681, 684
Bustamante Brito Rafael 625
Cabral Glaucia Barbosa 102
Cabrera Torres José Eduardo 871
Cadena Iñiguez Pedro 229
Calderón García Luis Alberto 847
Calvillo Aguilar Fabián Francisco 586, 640
Calvillo Aguilar Francisco Fabián 98, 516, 553, 568
Camposeco Montejó Neymar 594
Canales Islas Enrique I. 442
Canepa Pérez Ileana Mercedes 852
Cano García Miguel A. 18
Cantú Almaguer Miguel Ángel 442, 445
Canul Ku Jaime 648, 651
Castañeda Armenta Manuel 367
Castañeda Hidalgo Ernesto 55
Castellanos Potenciano Blanca Patricia 673
Castellanos Serrano Luis Tonatiuh 930, 935
Castellanos Suárez José Alfredo 930
Castillo Aguilar Crescencio de la Cruz 621
Castillo Reyes Francisco 839
Castro Angel Epifanio 759, 763
Catalán Valencia Ernesto Alonso 383
Cauich Cauich Rodrigo Armando 338
Cecilia Rocío Juárez Rosete 335
Ceniceros Gutiérrez Azucena 935
Cerna Chávez Ernesto 763
Cervantes Preciado Jeovani Francisco 472
Chacón Hernández Julio Cesar 759, 763
Chávez Aguilar Griselda 461
Chávez Cortés Julio Cesar 355
Chávez Díaz Ismael Fernando 625, 737, 784
Chávez Hernández Claudia 911
Chávez Solís Adán Ulises 520
Chávez Villalba Gabriela 490, 583

Chiquini Medina Ricardo Antonio 621
Chiquito Almanza Elizabeth 586, 640, 744, 832
Cibrián Tovar Juan 90
Cisneros López Hugo Cesar 781
Cisneros López María Eugenia 62, 277, 557, 580
Cobas Sánchez Zamir 911
Constante García Vicenta 2
Contreras Hinojosa José Rafael 31, 80
Coria Ávalos Víctor Manuel 178, 200, 712
Coria Mora Rosa Gabriela 200, 712
Corona Torres Tarsicio 560
Coronado Partida Leonardo Daniel 105
Corrales Suastegui Arturo 6
Cortazar Ríos Matilde 601
Cortés Cruz Moisés A. 94, 150
Cortés Espinoza Lorena 886, 943
Cortés Penagos Consuelo de J. 629
Cortez Mondaca Edgardo 502, 693, 700
Cortinas Escobar Héctor Manuel 415, 417, 508
Coutiño Estrada Bulmaro 538, 531
Covarrubias Prieto Jorge 136
Cristóbal Alejo Jairo 338
Cruz Bravo Raquel K. 324, 950
Cruz Cárdenas Carlos Iván 94, 98, 150, 516, 553, 568
Cruz López Jesús Alberto 825
Cruz López Leopoldo 733
Cruz Vázquez Arturo 6
Cubedo Ruíz Edgar Adalberto 709
Cuellar Villarreal Eutimio 508
Cuéllar Zambrano Carlos 741, 770, 781
Cueto Wong José Antonio 31, 80
Cuevas Reyes Venancio 950, 953, 955
de la Cruz Torres Eulogio 580
de la Garza Caballero Manuel 875
de la Mora Orozco Celia 363
del Ángel Pérez Ana Lid 878
Delgado Balbuena Josué 43
Delgado Díaz Ma. Fernanda 629
Delgado Ramírez Gerardo 76
Díaz Ceniceros Huizar Leonardo 490, 508, 583, 597
Díaz Espino Luis Febronio 262
Díaz Fuentes Víctor Hugo 18
Díaz García Luis Antonio 186, 476, 655

Díaz Huacuz Rocío S. 903
Díaz Martínez María Esther 132
Díaz Padilla Gabriel 716
Díaz Plaza Raúl 498, 797, 900
Díaz Zorrilla Gustavo Omar 55
Domínguez Vázquez María Fatima Vianey 132
Emicete Salas Susana 350
Espinosa Calderón Alejandro 379
Espinosa García José Antonio 955
Espinosa Ramírez Martín 62, 277, 407, 411
Espinosa Vázquez Gonzalo 720, 723, 726
Espitia Rangel Eduardo 216, 232, 505, 512, 564, 604, 608, 612, 697,
894
Esquivel Esquivel Gilberto 439
Estévez Martínez Yoxkin 196
Estrada Campuzano Gaspar 371
Felipe Victoriano Moisés 687, 836
Fernández Herrera Ernesto 777
Fernández Montes Mario Rafael 493
Fernández Sosa Rogelio 51, 379, 457, 867, 922
Fierros Leyva Gustavo Adolfo 541
Figueroa Rodríguez Rosa Itzel 825
Figueroa Viramontes Uriel 225
Flores Aviña Laura Gabriela 355
Flores López Hugo Ernesto 225, 363
Flores Velázquez Jorge 72
Flores Zárate Manuel 454
Flota Bañuelos Carolina 342
Fraire Cordero Silvia 342
Franco Franco Jazmín 94
Fu Castillo Agustín Alberto 311, 314
Gálvez Marroquín Luis Antonio 825
Gámez Cardoza Víctor Daniel 331
Gámez Vázquez Francisco Paúl 915
Garay Martínez Jonathan R. 557
García Alejandro Hernán 47
García Bolívar Elco Humberto 597
García Estrada Yesenia 673
García Gutiérrez Cipriano 139
García Hernández Gustavo 371
García Herrera Francisco 930
García León Elizabeth 423, 490, 508, 583, 847
García Mariscal Karina de la Paz 828

García Mayoral Luis Eduardo 399
García Moya Edmundo 269, 273
García Pérez Faustino 651
García Pérez Miguel 51, 922
García Preciado José Concepción 828
García Rodríguez Juan José 257, 915
García Sandoval José Ángel 420
García Silva Rubén 204, 235
García Vara Araceli 146
García Zavala J. Jesús 560
Garrido Ramírez Eduardo 704
Garruña René 621
Garza Ramírez Diego 716
Gasca Rangel María del Carmen 273
Gayosso Barragán Odilón 43, 461
Gómez Águila María Victoria 930
Gómez Carreño Paola Carolina 307
Gómez Godínez Lorena Jaqueline 142, 178, 229
Gómez Martínez Susana 265
Gómez Meléndrez Adalberto 335
Gómez Montiel Noel Orlando 442, 445
Gómez Rodríguez Víctor 747
Gómez Ruíz Jaime 733
Gómez Saldivar Angélica 72
Gómez Saldivar Aracely 72
Góngora Pérez Rubén Darío 864, 871, 953
González Acuña Irma Julieta 225, 363, 601
González Barrios José Luis 2
González Brambila Silvia Beatriz 755
González Chávez Octavio 239
González Chavira Mario Martín 154, 171, 480, 801
González Estrada Adrián 856
González Figueroa Sarahyt Santamaria 520, 528
González Gaona Ernesto 629, 821
González González Miguel Angel 6, 451, 690
González Hernández Héctor 85
González Jasso Luis Antonio 6, 69
González Mateos Ricardo 704
González Molina Lucila 216, 232, 697, 894
González Pérez Enrique 262, 293, 878
González Preval Jorge 751
Govea Huerta Gerardo 43
Grageda Cabrera Oscar Arath 535

Grageda Grageda José 26, 34, 311, 314
Granados Argüello Rafael Iván 399
Guajardo Panes Rafael Alberto 31, 80, 399, 716
Guerra Ramírez Priscila 242
Guerrero Aguilar Brenda Zulema 154, 171, 229, 480, 541, 801
Guevara Acevedo Luis Patricio 136
Guevara Acevedo Luis Patricio 781
Guevara González Ramón G. 171
Guillén Patiño Diana Laura 164
Guillén Sánchez Dagoberto 730
Guillermo García Danari 331
Gutiérrez Gutiérrez Obed Gabriel 502
Gutiérrez Hernández Germán Fernando 572, 576
Gutiérrez Llanos María Margarita 464, 468
Gutiérrez Martínez Porfirio 105, 282, 665, 669
Gutiérrez Pérez Erasmo 700
Gutiérrez Ramírez José Ángel 759
Gutiérrez Soto Guillermo 693
Guzmán Olea Ismaela 304
Guzmán Rodríguez Luis Felipe 94, 98, 150, 487, 516, 553, 568
Haas Sandoval Daniel Antonio 342
Hernández Acosta Arely 594
Hernández Arenas Marianguadalupe 245, 804
Hernández Bautista Sergio Eduardo 808
Hernández Bello Manuel 146
Hernández Carmona Gustavo 139
Hernández Cruz Andrés 128, 157
Hernández Fuentes Luis Martín 828
Hernández Galeno César del ngel 442, 445
Hernández Hernández Aidé 423
Hernández Hernández Raúl 200
Hernández Juárez Agustín 759, 763
Hernández Montiel Luis Guillermo 253, 282
Hernández Pérez Anselmo 208, 212
Hernández Pérez Mirna 391
Hernández Rivera Norma del Carmen 618
Hernández Santos Fantino Daniel 825
Hernández Valencia Adelaida Stephany 208, 212
Hernández Vélez Josafath Omar 926
Herrera Castro Navidad Delfina 304
Herrera Cool Gilbert José 871
Herrera Domínguez Jazibe 697
Herrera Hernández María Guadalupe 113, 117

Herrera Mayra Denise 317
Herrera Parra Elizabeth de los Ángeles 338
Herrera Solano Agustín 47
Honorato Salazar José Amador 926
Huerta Espino Julio 490, 505, 508, 512, 564, 583, 690, 847
Huerta Zurita Ramón 113, 117, 867
Ibarra Pérez Francisco Javier 898
Illescas Riquelme Carlos Patricio 723
Inzunza Ibarra Marco Antonio 65, 383
Iracheta Donjuan Leobardo 219, 321
Ireta Moreno Javier 747
Irizar Garza Martha B. G. 216, 232
Isaac Márquez Angélica Patricia 852
Isaac Márquez Ricardo 852
Islas Gutiérrez Fabián 886
Jiménez Ambriz Sergio 808
Jiménez Becerril María Fernanda 684
Jiménez Castro José Luis 47
Jiménez Jiménez Sergio Iván 14, 65
Jiménez López José Daniel 864
Juárez Cruz Alejandro 618
Juárez Juárez Ángela 767
Juárez López Porfirio 730
Juárez Méndez José Miguel 788
Juárez Rosete Cecilia Rocío 239
Juárez Verdayes Marco Adán 109
Ladea Rodríguez José L. 253
Lara Capistrán Liliana 253
Lara Macías Carlos R. 22
Larios Guzmán Antonio 178, 208, 212
Larqué Saavedra Bertha Sofía 878, 886
Lechuga Paredes Pablo 90
Ledesma Miramontes Alejandro 439, 590, 615
Ledesma Ramírez Lourdes 285, 289, 520, 528, 524, 535, 794
Leroy Chloé 677
Lima Aragão Francisco José 102
Llamas Gloria Vidrio 225, 363
Llaven Valencia Genny 423, 660, 847
Loaiza Meza Alfredo 502
Loeza Kuk Emiliano 811, 815
Lomas Barrié Claudia Tania 811, 815
López Alba Pedro Luis 157
López Arroyo J. Isabel 716, 720, 839, 843

López Castilla Lucero del Carmen 621
López Córdova Juan Pedro 777
López Delgado Humberto Antonio 120, 124
López Díaz Rafaela 733
López Guillén Guillermo 733
López Guzmán Jesús A. 502
López López José S. 216, 232
López Martínez Víctor 730
López Miguel Ángel 693
López Morgado Rosalío 399, 926
López Pecina Eleazar 182
López Pérez Luis 164
López Rodríguez Yarami Guadalupe 604, 608
Lorenzi María Cristina 677
Loya Ramírez José Guadalupe 818
Lozada García José Armando 751
Lozano Contreras Mónica Guadalupe 338
Lozano Trejo Salvador 55
Luna Rodríguez Mauricio 751
Luna Vicente Héctor 168
Macías Cervantes Jaime 14
Macías Navarro Martha Olivia 655
Macías Rodríguez Hilario 383
Macías Valdez Luis Martín 69, 448
Maciel Pérez Luis Humberto 69, 448
Magaña Alejandro Miguel Alberto 673
Magaña Lira Natanael 168
Maldonado Moreno Nicolás 10, 687, 836
Mandujano Bueno Andrés 915
Manjarrez María 726
Manzanarez Jiménez Lucía Araceli 139
Manzanilla Ramírez Miguel Ángel 297, 720, 723, 828
Manzo Sánchez Gilberto 828
Marcial Mariana de Jesús 14, 65
Mariles Flores Verónica 18
Mariscal Amaro Luis Antonio 520, 524, 744, 794, 832
Marroquín Morales José Ángel 461, 597
Martínez Bautista Aracely 545
Martínez Bolaños Misael 55, 704
Martínez Cerón Roxana Jaquelin 808
Martínez Cruz Eliel 490, 505, 508, 512, 564, 583, 612, 794
Martínez Loperena Raquel 747
Martínez Martínez Talina Olivia 113

Martínez Medina Juan 76, 484
Martínez Mendoza Joceline 335
Martínez Reyes Ernesto 359, 959
Martínez Reyna Juan Manuel 265
Martínez Romero Esperanza 142, 625
Martínez Rueda Carlos Gustavo 371
Martínez Ruíz José Antonio 926
Martínez Solís Juan 168
Martínez Trejo Guillermina 878, 886
Martínez Valencia Biaani Beeu 968
May Balam José Malaquíás 864
Mayo Hernández Juan 759, 763
Medina García Guillermo 26, 34
Medina Méndez Juan 391
Mejía Mendoza Mario A. 629
Melero Meráz Valentín 324, 493, 955
Melgoza Villagómez Claudia María 502, 700
Mena Covarrubias Jaime 821, 953
Méndez Aguilar Reinaldo 560
Méndez Pérez Rosaura 726
Mesta Nevarez Daniel Alejandro 2
Metz Mark A. 733
Meza Lázaro Rubi N. 677
Miguel Valle Enrique 76
Miranda Conde José 212
Miranda Marin Rogelio 245
Montalvo González Efigenia 105
Montaño Leyva Beatriz 669
Montero Tavera Víctor 285, 289, 535
Montes García Noé 277, 681, 684
Montoya Reyes Francisco 871
Mora Avilés María Alejandra 136, 154
Mora Gutiérrez Manuel 890, 947
Mora Herrera Martha Elena 120, 146
Mora Mora Cesar Ulises 890, 947
Moreno Gallegos Tomas 502
Moreno Hernández Cristina Lizbeth 665
Moreno Lara Josefina 808
Moreno Yolanda Salinas 439
Munguía Rosales Ricardo Alfredo 811
Muñiz Reyes Erica 216, 232, 697, 894
Muñoz Flores H. Jesús 175, 200, 712
Murillo Hernández Juan Eduardo 297, 720, 723, 726

Narro Sánchez Jesús 781
Narváez Mendoza Mario Primitivo 6
Narváez Rodríguez Ángel Ismael 839
Nava Padilla Raymundo Javier 637
Nava Reyna Erika 2
Navarrete Maya Rosa 808
Navejas Jiménez Jesús 818
Neri Cacho Ulises 109
Noperi Mosqueda Linda Citlalli 346
Noriega Cantú David Heriberto 704
Núñez Colín Carlos 480
Ochoa Rivero Jesús Manuel 22, 346
Olivares Aguilar Juan Manuel 146
Olvera Martínez Fernando 157
Oropeza Salín Carlos 673
Orozco Santos Mario 297, 828
Ortega Murrieta Pedro Francisco 541
Ortiz Cháirez Flor Elena 62, 277, 407, 411
Ortiz Curiel Simitrio 219, 321
Ortiz García Carlos Fredy 673
Osorio Alcaláy Leodegario 300, 512, 564
Osorio Osorio María Estela 545
Pacheco Covarrubias Juan José 709
Padilla Ramírez José Saúl 428, 629, 655
Padilla Valenzuela Isidoro 541
Palacio Martínez Víctor 704
Parola Contreras Ixchel 171
Patishtan Pérez Juan 545
Paul Lachaud Jean 677
Pecina Becerril Andrea 681, 684
Pecina Quintero Víctor 681, 684
Pedraza Gervacio Diana Elva 801
Peinado Fuentes Luis Alberto 660
Peña Carrillo Kenzy Iveth 677, 843
Peña Lomelí Aureliano 168
Peña Ramos Alfonso 186, 476
Pereyda Hernández Juan 704
Pérez Barraza María Hilda 375
Pérez Chávez Carlos 597
Pérez Evangelista Emilia Raquel 76
Pérez Fiallo Juan Gabriel 911
Pérez González Salvador 493
Pérez Lamas Juan 911

Pérez Márquez Jesús 502
Pérez Marroquín Guillermo Jesuita 39, 350
Pérez Mendoza Claudia 454, 644
Pérez Netzahualcoyotl Mayek 684
Pérez Reyes María Cristina 808
Pérez Rodríguez Miguel Ángel 109
Pérez Rosales Alejandro 196
Pérez Ruíz Elizabeth 342
Pérez Vivar Marcelino Aurelio 930
Pichardo González Juan Manuel 98, 516, 553, 568
Ponce García Omar Cástor 22, 346
Pons Hernández José Luis 154, 171, 480, 648, 801
Poot Pech Mario Antonio 811
Poteaux Chantal 677
Preciado Ortiz Ricardo Ernesto 660
Puente Valenzuela Cristo Omar 22
Puente Valenzuela Cristo Omar 249
Quevedo Nolasco Abel 58, 192
Quezada Viay Martha Yolanda 808
Quijano Carranza Juan Ángel 741, 770, 781, 860
Quintana Camargo Martín 98, 516, 553, 568, 586, 640
Quintanar Olguín Juan 926
Quiñones Aguilar Evangelina Esmeralda 164
Ramírez Bustos Irene Iliana 777
Ramírez Casimiro Luis A. 442
Ramírez Díaz José Luis 439, 590, 615
Ramírez Meráz Moisés 560
Ramírez Pimentel Juan Gabriel 136
Ramírez Ramírez Aquilino 528, 535
Ramírez Valadez María Gabriela 788
Ramírez Vega Humberto 225, 363, 747
Ramírez Vega Martha 204
Ramos Bell Surelys 282
Ramos Castro Ma. Eugenia 204
Ramos Cruz Carlos Miguel 76, 432, 484
Ramos Garza Juan 625
Ramos Hernández Eder 673
Ramos Martínez Eder 161
Rangel Estrada Sandra Eloísa 648, 651
Raya Pérez Carlos 136
Regalado García Cristina 175
Rendón Poblete Edgar 915
Reveles Torres Luis Roberto 317, 788

Reyes Estrada Claudia Araceli 317
Reyes Maya Oscar Iván 918
Reyes Reyes Ana L. 18
Reyes Reyes Lorenzo 918
Rico Aguilar Juan Carlos 164
Rico Ponce Héctor Rómulo 549
Rincón Enríquez Gabriel 164
Rincón Espinosa David 538
Rincón Sánchez Froylán 265
Ríos Sánchez Raúl 926
Rivas Valencia Patricia 493, 767, 774, 815
Rivera Torres Abigail 2
Robledo Torres Valentín 109
Robles González Marciano Manuel 297, 828
Robles Yerena Leticia 767, 774
Rodríguez De de la O José Luis 168
Rodríguez García María Florencia 451, 505, 508, 512, 564, 690, 847
Rodríguez Guerra Raúl 136, 767, 774, 839, 843
Rodríguez Guzmán Carlos A. 669
Rodríguez Hernández Rafael 940
Rodríguez López Karem Oriana 161
Rodríguez Mariana Espinosa 304, 436
Rodríguez Mercado Daniel 781
Rodríguez Moreno Víctor Manuel 26, 34, 51
Rodríguez Nuñez Rubén 744
Rodríguez Pérez Enrique 648
Rodríguez Quibrera Cynthia Guadalupe 182
Rodríguez Vera Ana Paulina 285, 289
Rodríguez Villarreal Raúl Asael 767, 774
Rodríguez Zermeño Lidia Alejandra 524, 528
Rojas Martínez Israel 51, 379, 457, 867, 922
Romero Ramírez Denisse Galilea 687
Romero Sánchez Minerva 51
Rosales Martínez Verónica 342
Rosales Serna Rigoberto 359, 959
Rubén Caudillo Félix 755
Ruiz Espinoza Francisco Higinio 818
Ruiz Muñoz Adolfo Ignacio 14
Ruiz Ramírez Santiago 907
Ruiz Rivas Magali 175, 178, 200, 229, 712
Ruiz Sáenz Diana Rocio 120, 124
Ruiz Torres Norma Angélica 265
Ruvalcaba Jorge Ernesto Mauricio 26

Sabino López Juan Elías 304, 436
Sáenz Reyes J. Trinidad 175
Salas Lumbreras Gabriela Citlalli 317
Salas Muñoz Silvia 788
Salinas Moreno Yolanda 464, 468, 590, 615, 747
Salinas Paniagua Fernando 930
Sánchez Carrillo Román 242
Sánchez Cohen Ignacio 80
Sánchez García Bertha María 136
Sánchez Hernández Gabriela 808
Sánchez Lima Alejandra D. 625
Sánchez Martínez Guillermo 655
Sánchez Muñoz D. Valeria 175
Sánchez Toledano Blanca Isabel 950, 953, 955
Sánchez Viveros Gabriela 132
Sandoval Cancino Gabriela 487, 568, 737
Sandoval Gaona Rosario 774
Sandoval Rangel Alberto 594
Sandoval Villa Manuel 436
Sangabriel Conde Wendy 367
Santa Rosa René Hortelano 490, 505, 508, 512, 564, 583
Santacruz García Vicente 192
Santamaría Basulto Felipe 498
Santana Omar Iván 186
Santiago Hernández Francisco 560
Santiago López Ulises 560
Santiago Martínez Gisela Margarita 55
Santos Cárdenas María Verónica 375
Santos de la Cruz Juan Luis 317
Santos Echeverría Rubén 222
Secundino Valladares Erik 445
Sedas Larios Laura Elena Irene de Jesús 882
Segura León Obdulia Lourdes 85, 90
Servín Palestina Miguel 317
Sesma Hernández Fernanda 612
Sesma Luisa Fernanda 604, 608
Sifuentes Ibarra Ernesto 14
Silva Barranco Javier 196
Solano Hernández Salomón 451, 690
Solís Alma 733
Solís Bonilla José Luis 968
Solís Martínez Martín 222
Solís Moya Ernesto 285, 289, 508, 512, 520, 524, 528, 535, 564, 794

Soria Ruíz Jesús 741
Soriano Avendaño Luis Arturo 930
Sosa Pérez Gabriel 22
Sosa Rubio Edgar Enrique 871
Soto Aguilar Carmen Yadira 968
Soto Parra Juan Manuel 346
Soto Rocha Jesús Manuel 391
Suárez Díaz Georgina 915
Suárez Espinosa Javier 560
Suaste Franco María del Pilar 520, 524
Tadeo Robledo Margarita 442
Tapia Naranjo Alfredo 890
Tapia Vargas Luis Mario 178, 208, 212, 355
Tarazón Dorame Norma Guadalupe 777
Tarhuni Navarro Daniela Huda 864
Tavitas Fuentes Leticia 644
Terán Gladis Morales 342
Tierrablanca Plaza Diana Yaret 480
Tijerina Chávez Leonardo 58
Tirado González Deli Nazmín 461
Tirado Pérez Bibiana 487
Torres Huerta Brenda 85, 90
Torres Pimentel Hector 797, 898, 900
Torres Valdés Yamile 124
Tovar Gómez Ma. del Rosario 454
Trejo Aguilar Dora 367
Trejo López Carlos 120
Trinidad Cruz Jesús Rafael 164
Trujillo Campos Alberto 804
Tun Dzul José de la Cruz 403
Tun Suárez José María 338
Tut Pech Felipe de Jess 498
Ugalde Acosta Francisco Javier 637, 900
Ugalde Bandera Athziri Jaqueline 269
Urbina Muñiz José Guadalupe 681
Urrieta Velázquez José Alberto 72
Uzcanga Mortera Ebandro 120
Uzcanga Pérez Nelda Guadalupe 856
Valadez Gutiérrez Juan 557
Valadez Ramírez Antonio 915
Valderrama Bravo María del Carmen 808
Valdez Reyes Diana Laura 464, 468
Valdez Rodríguez Yerica Renata 597

Valdivia Ramírez Gabriel 47
Valencia Juárez María Concepción 293
Valenzuela Herrera Víctor 417, 541
Valenzuela Lagarda Javier 709
Valverde Ramos Miriam Gabriela 604, 608, 612
Vargas Ruvalcaba Yara Nohemí 490, 583
Vázquez Cruz Fabiel 39
Vázquez Martínez Lauriel 47
Vázquez Murrieta Soledad 625
Vázquez Ortega Antonio 741, 770
Vázquez Ortíz Romualdo 454
Vázquez Peña Mario Alberto 58
Vázquez Villamar Mirna 304
Vega León Michely 911
Vega Loera Mario Antonio 464
Velázquez Estrada Rita María 105, 282, 665, 669
Velázquez González Julio César 90
Velázquez Juárez Yolanda 58
Velázquez Monreal José Joaquín 297, 828
Velázquez Vázquez Luciano 39
Vélez Izquierdo Alejandra 955, 963
Vidal Martínez Víctor Antonio 590, 615
Villa Castorena Ma. Magdalena 383
Villalobos González Antonio 420
Villalobos Reyes Salvador 154, 235, 262, 293, 480
Villaseñor Mir Eduardo 856
Villaseñor Mir Héctor Eduardo 490, 505, 508, 512, 564, 583, 690, 597
Villegas Monter Ángel 297
Villordo Pineda Emiliano 801
Virgen Vargas Juan 379
W. Brown John 733
Wei Lihua 109
Yáñez López Ricardo 741, 770, 781
Zacamo Velázquez Norma Yadira 747
Zaldívar Martínez Pablo 39
Zaldívar Riverón Alejandro 677
Zambada Martínez Andrés 882
Zambrano Zaragoza María de la Luz 665
Zamora Díaz Mauro Refugio 113, 867
Zamora Martínez Marisela Cristina 192
Zamora Morales Bertha Patricia 192, 257
Zamora Salgado Sergio 818
Zárate Martínez William 940

Zavala Arce Rosalio 700

Zavala León Manuel Jesús 498

Zavala Ruíz Jesús 755

Zavala Vega Juan Antonio 744, 794

Zegbe Domínguez Jorge Artemio 192, 327, 324, 493, 950

Zelaya Molina Lily Xochilt 487, 625, 737, 784

Zulueta Rodríguez Ramón 253

20
21

REUNIONES
científicas

10, 11 Y 12 NOV
CIUDAD DE MÉXICO

REUNIONES NACIONALES DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
PECUARIA, AGRÍCOLA, FORESTAL Y ACUÍCOLA PESQUERA

Ciencia para vivir



MODALIDAD VIRTUAL

<http://reunionscientificas2021.inifap.gob.mx/>

10, 11 y 12 NOVIEMBRE 2021 // MODALIDAD VIRTUAL

