

1. **SIMPOSIO: ENFERMEDADES DEL** **AGUACATE**

1.1. ESPECIES DE *Phytophthora* OCASIONANDO CANCRO DE TRONCO Y PU- DRICIÓN DE RAÍZ DE AGUACATE EN MICHOACÁN

[*Phytophthora* species causing trunk canker and root rot of avocado in Michoacán]

Alejandro Soto-Plancarte¹, Sylvia P. Fernández-Pavía^{1*}, Gerardo Rodríguez-Alvarado¹, Alejandra Mon-
dragón-Flores². ¹Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, UMSNH. ²Instituto Nacional de
Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Unidad Uruapan.

*Correspondencia: patricia.pavia@umich.mx

El oomiceto *Phytophthora* es uno de los patóge-
nos del aguacate más importantes a nivel mundial,
ya que ocasiona cancro del tronco, pudrición del
fruto y de la raíz. El cancro del tronco se mani-
fiesta como una pudrición oscura acompañada de
exudados blanquecinos y/o anaranjados. Por otra
parte, la pudrición de la raíz, que ocasiona la “tris-
teza del aguacatero”, provoca defoliación, clorosis
y marchitamiento. Ambas enfermedades reducen
el vigor del árbol y dan lugar al desarrollo de fru-
tos pequeños y de baja calidad. La identificación
de los agentes causales requiere experiencia tanto
en el aislamiento como en el desarrollo de estruc-
turas reproductoras en medios de cultivo. El re-
conocimiento de estas estructuras debe realizarse
utilizando literatura especializada y herramientas
disponibles en línea. Sin embargo, para una identi-
ficación precisa de las especies de *Phytophthora*, es
necesario realizar análisis moleculares, incluyendo

la secuenciación de varios genes y análisis filoge-
néticos. En Michoacán, *P. cinnamomi* se ha asocia-
do principalmente con la pudrición de raíz, mien-
tras que *P. heveae* y, más recientemente, *P. men-
gei*, se han relacionado con el cancro del tronco.
No obstante, ocasionalmente *P. cinnamomi* puede
causar cancro, y *P. mengei*, pudrición de raíz. In-
cluso se han detectado ambas especies en un mis-
mo árbol: *P. cinnamomi* en la raíz y *P. mengei* en
el tronco, lo que complica aún más el manejo de
estas enfermedades. Las estructuras reproductivas
sexuales de *P. heveae* y *P. mengei* pueden formarse
en los exudados del tronco, por lo que se recomien-
da evitar mojar las lesiones con el riego. Para el
control de *Phytophthora*, se recomienda un manejo
integrado que incluya el uso de portainjertos resis-
tentes, evitar el estrés hídrico (exceso o escasez de
agua), una adecuada nutrición y riego, podas sani-
tarias, aplicación alternada de fosfito de potasio y
metalaxil-M, así como el uso de materia orgánica.

1.2. LAS ESPECIES AMBROSIALES (CURCULIONIDAE: SCOLYTINAE Y PLATYPODINAE) ASOCIADAS AL AGUACATE EN MÉXICO

[Ambrosial species (Curculionidae: Scolytinae and platypodinae)
associated with avocado in Mexico]

Armando Equihua Martínez,¹ Edith Guadalupe Estrada Venegas^{1*}. ¹Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados, Km. 26.5 Carretera México-Texcoco, Montecillo, municipio de Texcoco, edo. de México CP. 56264. *Correspondencia: edith_ev@yahoo.com.mx

Las especies ambrosiales de las subfamilias Scolytinae y Platypodinae (Curculionidae) se asocian a hongos ectosimbiontes y en casos muy raros los hongos pueden ser patogénicos a las plantas. De manera general la mayoría de las especies con estos hábitos de alimentación se asocian con madera muerta, plantas moribundas y en casos raros a plantas vivas. Durante las últimas décadas se han documentado casos de especies agresivas en cultivos agrícolas, forestales y aun en zonas urbanas. En México se han realizado pocos estudios sobre estos insectos asociados al aguacate; por ejemplo, Angel-Restrepo *et al.* (2022) reportan seis especies ambrosiales asociadas a plantaciones del aguacate en Michoacán y de estas los hongos de los géneros: *Rafaella*, *Ambrosiozyma*, *Wickerhamomyces*, *Ceratocystiopsis*, *Esteya*; en Colima Castrejón *et al.* (2019) reportan dos especies de *Xyleborus* asociadas al aguacate, aunque no se estudiaron sus hongos asociados. Otros estados que reportan la presencia de especies ambrosiales en aguacate son Jalisco, Puebla (no publicado) sin embargo sus asociaciones con los hongos ectosimbiontes no han sido estudiados. Es importante destacar que los casos de especies ambrosiales agresivas en aguacate en México se han reportado al patrón de los árboles y no a los injertos de variedades mejoradas (Angel-Restrepo *et al.*, 2022). En tiempos más recientes se han reportado ataque de los insectos en troncos y ramas; sin embargo, en estos últimos casos no se han estudiado los hongos asociados a la muerte

de los árboles. Bajo éstas consideraciones es importante estudiar las asociaciones insectos-hongos, particularmente en donde son capaces de causar la muerte de los árboles en cada zona productora de nuestro país. En este último caso se debe contar con la colaboración de productores para realizar éstos estudios antes de su destrucción.

Literatura Citada. 1. Ángel-Restrepo M, Ochoa-Ascencio S, Fernández-Pavía S, Vazquez-Marrufo G, Equihua-Martínez A, Barrientos-Priego A, F *et al.* 2019. Identificación de escarabajos ambrosiales (Coleópteros: Curculionidae) asociados a árboles de aguacate en Michoacán, México. *Folia Entomológica Mexicana* (nueva serie) 5(2): 80-88. 2. M Ángel-Restrepo, P P Parra, S Ochoa-Ascencio, S Fernández-Pavía, G Vázquez-Marrufo, A Equihua-Martínez, A F Barrientos-Priego, R C Ploetz, J L Konkol, J R Saucedo-Carabez, R Gazis. 2022. First Look Into the Ambrosia Beetle–Fungus Symbiosis Present in Commercial Avocado Orchards in Michoacán, Mexico, *Environmental Entomology*, Volume 51, Issue 2, Pages 385–396, <https://doi.org/10.1093/ee/nvab142>. 3. Castrejón-Antonio JE, Montesinos-Matías R, Acevedo-Reyes N, Tamez-Guerra P, Ayala-Zermeno MA, Berlanga-Padilla AM and Arredondo-Bernal HC. 2017. Especies de *Xyleborus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) asociados a huertos de aguacate en Colima, México. *Acta Zool. Mex.* 33:146–150.

1.3. PANORAMA ACTUAL DE LAS ENFERMEDADES DEL AGUACATE EN MÉXICO: AVANCES EN DIAGNÓSTICO Y ESTRATEGIAS DE CONTROL

[Current status of avocado diseases in Mexico: advances in diagnosis and control strategies]

Salvador Ochoa-Ascencio

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez'.

Uruapan, Michoacán

Correspondencia: salvador.ochoa@umich.mx

La producción de aguacate (*Persea americana*) es una de las actividades agrícolas más importante para México, y es el eje económico de Michoacán, en donde se concentra la mayor superficie plantada. Sin embargo, la presencia de enfermedades a lo largo del ciclo productivo representa una limitante significativa, causando pérdidas tanto en campo como en poscosecha. Entre las principales enfermedades que afectan al aguacate en México se encuentran la pudrición de la raíz por *Phytophthora cinnamomi*, que es especialmente severa, ya que puede causar la muerte del árbol y reducir significativamente la producción. Por otra parte, la antracnosis causada por un complejo de especies de *Colletotrichum*, y que se encuentra presente en todas las zonas productoras, afecta la calidad del fruto tanto en campo como en poscosecha, y es el principal objetivo de control por parte de los productores. La roña (*Elsinoe perseeae*) se puede presentar con alta incidencia en huertos con manejo agronómico deficiente y la pudrición basal del fruto (*Phytophthora heveae*) se presenta de forma severa bajo condiciones de alta temperatura y humedad relativa. Por otra parte, enfermedades de madera ocasionadas por *Botryosphaeria dothidea* y *Lasiodiplodia theobromae* han incrementado en los últimos años, así como el complejo de hongos del suelo (*Armillaria*, *Cylindrocarpon*, *Fusarium*,

Rhizoctonia, *Rosellinia*) causantes de pudrición de raíces y marchitez. Las pudriciones de fruto en poscosecha causadas por *Phomopsis*, *Colletotrichum* y *Lasiodiplodia* impactan las exportaciones a mercados distantes. Además, se observan en varias zonas productoras, patologías emergentes como el cancro de tronco por *Phytophthora* y el cancro de ramas por *Neopestalotiopsis*. Respecto al diagnóstico, las técnicas moleculares como la PCR, la secuenciación de ADN y los métodos de análisis filogenético, han sido fundamentales para entender mejor los complejos de especies de patógenos responsables de estas enfermedades. Estas herramientas también pueden ser utilizadas en la detección temprana de infecciones en frutos, lo que reduciría los riesgos de pudriciones poscosecha. Las estrategias de control han adoptado un enfoque integrado que combina métodos químicos, biológicos y culturales. El uso de portainjertos resistentes (Duke 7, Dusa), biofungicidas (*Trichoderma* spp., *Bacillus* spp.) y prácticas como el manejo eficiente del riego y las podas sanitarias, han complementado el uso de fungicidas químicos. La aplicación de compuestos que activan las respuestas de defensa de la planta es una práctica que también comienza a ser utilizada, junto con la implementación de programas de monitoreo constante para la detección temprana de infecciones. Bajo el principio de la exclusión de pató-

genos, se requiere urgentemente regular y certificar la producción de plantas en vivero, para garantizar su calidad fitosanitaria. En conclusión, México ha avanzado significativamente en la investigación y control de las enfermedades del aguacate. No obs-

tante, es esencial fortalecer la transferencia de tecnología, la vigilancia epidemiológica y la colaboración entre sector público, privado y académico. Esto garantizará la sostenibilidad del cultivo ante las presiones del cambio climático y las exigencias de los mercados internacionales.

2. SIMPOSIO: LOS ERYSIPHALES DE MÉXICO

2.1. BIODIVERSIDAD, HOSPEDANTES, Y DISTRIBUCIÓN DE LOS ERYSIPHALES (cenicillas) DE MÉXICO

[Biodiversity, hosts, and distribution of the Erysiphales (powdery mildew) in Mexico]

María de Jesús Yáñez-Morales*, Felipa Castillo Hernández. Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. *Correspondencia: yanezmj@colpos.mx

La biodiversidad de especies de Erysiphales (Ascomycota; hongos fitopatógenos obligados biotróficos ectofíticos) en el mundo, es de ~900 especies en cultivos anuales, perennes, y arvenses. Por las afectaciones económicas que causan destacan: *Blumeria graminis* en países con cereales (trigo, cebada, etc.); y especies de *Erysiphe* (~450; Lectotipo: *E. polygoni*) como las más citadas (género reclasificado en secciones y subgéneros). *Erysiphe necator* en vid, restringió en 1850 la industria vitivinícola en Francia, y actualmente causa 100 % de pérdidas sin control oportuno (control en ± 50 millones de dólares por año en CA, USA). Dado que México es el quinto país megadiverso en flora, entonces: ¿Cuál es la biodiversidad de especies de cenicillas? Un análisis de ± 50 artículos, indicó que, en México, solo se conoce el 7.5 % de las especies de cenicillas. Aun así, México ha contribuido a la biodiversidad con nuevas especies, y la distribución de otras numerosas especies entre países. Las descripciones de Erysiphales se basan en la morfología vegetativa, asexual, sexual (preferencial),

observaciones citológicas, y de ultraestructuras; más los análisis filogenéticos. Los hospedantes son guía clave para la identificación. En México los cultivos más perjudicados son árboles y arbustos de frutales, forestales, hortalizas (incluye cultivos emblemáticos), leguminosas, medicinales, oleaginosas, ornamentales, etc., y arvenses; y las especies identificadas se han distribuido en 24/32 entidades federativas (EF). La mayor biodiversidad es en: estado de México (40 especies), Michoacán y Sinaloa (14 c/u), Puebla (12), Cd. de México (11), Guanajuato (9), Morelos (7), e Hidalgo y Veracruz (6 c/u). Las especies más distribuidas son *Erysiphe polygoni* (13 EF), *Podosphaera macularis* (11), *Podosphaera pannosa* (8), *Erysiphe necator* y *Leveillula taurica* (6 c/u), y *Erysiphe cichoracearum* y *Podosphaera xanthii* (5 c/u). Para contribuir a la biodiversidad de especies en México, se creó una Red de Colaboración Nacional, y que además ampliara el conocimiento biológico, ecológico, e interacciones, para futuras perspectivas amigables del control de cenicillas.

2.2. LOS ERYSIPHALES DE SINALOA: ESPECIES, HOSPEDANTES Y DAÑOS

[The Erysiphales of Sinaloa: Species, hosts, and damages]

Rubén Félix-Gastélum^{1*}, Karla Yeriana Leyva-Madrigal¹ Rosa María Longoria-Espinoza², Gabriel Herrera-Rodríguez³. ¹Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Los Mochis, ²Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Guasave, Sinaloa. ³Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte.

*Correspondencia. ruben.felix@uadeo.mx

Sinaloa es el principal productor de hortalizas en México durante el otoño-invierno. Las enfermedades fungosas limitan la producción y calidad de las cosechas donde resaltan las cenicillas. Se presentan las principales enfermedades causadas por miembros de la familia Erysiphaceae, sus hospedantes, y su impacto en la producción. Para la identificación de los agentes etiológicos se ha recurrido a estudios morfológicos y moleculares y rango de hospedantes. En todas las especies se ha recurrido al anamorfo, excepto en la cenicilla (*Podosphaera xanthii*) de las cucurbitáceas, donde ocurre el anamorfo y teleomorfo del patógeno. Las pérdidas causadas por cenicilla en cucurbitáceas pueden alcanzar el 25 %. *P. xanthii* también ataca al tomatillo donde causa daños del 5 al 7 %. En frijol, la cenicilla (*Erysiphe diffusa*) puede causar daños hasta del 10 % en los tipos pintos y negros, mientras que las variedades tipo azufrado son afectadas en forma leve. En mango la cenicilla (*Pseudoidium anacardii*) alcanza incidencias de 50 al 60 % y puede destruir el

30 % de las inflorescencias y frutos de menos de 1.0 cm de diámetro. La cenicilla (*Oidium* (= *Euoidium*) *leucoconium*) del rosal es común, pero se desconoce su efecto en la producción y calidad del cultivo. El tomate es atacado por *Oidiopsis taurica* su impacto en la producción también se desconoce. Se han identificado a *Phyllactinia chubutiana* y *Golobinomyces spadiceous* en “cacaragua” y girasol silvestre, respectivamente. Líneas futuras de investigación deben emprenderse con énfasis en el manejo de las cenicillas, donde se aborden estudios sobre la ecología de agentes causales.

Literatura Citada. Félix-Gastélum R, Maldonado-Mendoza IE, Beltran-Peña H, Apodaca-Sánchez MA, Espinoza-Matías S, Martínez-Valenzuela MC, Longoria-Espinoza RM, Olivas-Peraza NG. 2017. Powdery mildews in agricultural crops of Sinaloa: Current status on their identification and future research lines. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35: 106-129. DOI: 10.18781/R.MEX.FIT.1607-4

2.3. ERYSIPHALES: INFLUENCIA DE LOS FACTORES CLIMÁTICOS EN LA INCIDENCIA Y ESTRATEGIAS PARA EL MANEJO INTEGRADO

[Erysiphales: influence of climatic factors on disease incidence and strategies for integrated management]

Felipa Castillo-Hernández*. Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México.

*Correspondencia: castillo.felipa@colpos.mx

La incidencia de las enfermedades causadas por los Erysiphales está ligada a factores climáticos (entre otros), y que influyen de forma directa en el progreso de la enfermedad en cultivos agrícolas y arvenses. Con el objetivo de determinar las condiciones que favorecen la incidencia de cenicillas, y las actuales estrategias de manejo integrado, se efectuó una revisión de literatura y complementada con experiencias de muestreos en regiones del Estado de México. De las condiciones, por ejemplo (p. ej.), en calabaza, manzano, y tomate, se reporta a la temperatura y humedad relativa (HR) como los factores que favorecen la enfermedad. En Cucurbitaceas, *Podosphaera xantii* se desarrolla de forma óptima en temperaturas entre 20-23 °C (y en ocasiones de 19-26 °C), y requiere baja HR: 50 % a 60 %. En manzano, *Podosphaera leucotricha* es propiciada desde bajas temperaturas de 10-25 °C (óptima de 19-22 °C), y HR >70 %. Por el contrario, en tomate, *Leveillula taurica* se adapta a temperaturas entre 10 °C hasta 35 °C, y HR desde 0% a 100%.

Estos factores inducen la germinación de conidios y refuerzan la infección. Otros factores como la acción del viento y la radiación (p. ej., luz ultravioleta) también influyen en la incidencia de las cenicillas. Por ello se han implementado modelos predictivos como “TOMATO.TM” (en jitomate en invernadero) basados en las condiciones ambientales, para diagnosticar y controlar preventivamente la enfermedad. Del control, actualmente el 100 % del manejo de las Erysiphales en los campos agrícolas se basa en el control químico. Es importante integrar otras alternativas como el control biológico (p. ej. *Ampelomyces quisqualis*, disponible comercialmente; se discutirá), cultural, genético, etc. Así, es fundamental comprender la interacción que se tiene entre las especies de cenicilla, el hospedante, y el ambiente. Esto para proponer estrategias de manejo integrado de enfermedades más efectivas, y con menor impacto ambiental; y paralelamente, para minimizar las pérdidas económicas, elevar la producción agrícola, y disminuir costos.

2.4. ESTADO ACTUAL DE LA BIOLOGÍA MOLECULAR EN ERYSIPTALES

[Current status of molecular biology in Erysipales]

Candelario Ortega-Acosta. Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados-Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. *Correspondencia: ortega.candelario@colpos.mx

Los Erysipales (cenicillas) son un grupo de patógenos importantes en plantas cultivadas y silvestres en México y el mundo. Se estima que infectan a más de 10,000 especies de plantas en todo el mundo. Son uno de los fitopatógenos más importantes a nivel mundial, con un estimado de 870 especies dentro de 18 géneros y varias tribus. La taxonomía de este grupo se ha estudiado tradicionalmente por morfología, sin embargo, en años recientes se ha avanzado en el uso de herramientas moleculares. Desde el descubrimiento de la PCR (reacción en cadena de la polimerasa) revolucionó el diagnóstico molecular, permitiendo la caracterización de hongos fitopatógenos por secuenciación directa de genes. Para el caso de los Erysipales, principalmente la secuencia ITS (espaciador transcrito interno), y si es necesario, el ADNr 28S, son marcadores genéticos ampliamente utilizados para delimitar especies. Asimismo, estos marcadores pueden ser complementados con la secuenciación de las regiones CAM (calmodulina), GAPDH (gliceraldehído-3-fosfato deshidrogenasa), GS (gluta-

mina sintetasa) y RPB2 (segunda subunidad más grande de la ARN polimerasa II) para profundizar en el análisis evolutivo y filogenético. Sin embargo, la secuenciación de cenicillas plantea desafíos particulares. Por su naturaleza parasítica obligada, durante la extracción de ADN, por ejemplo, puede co-extraerse material genético de la planta hospedante u otros hongos no deseados. Por ello, la extracción de ADN de las cenicillas es un punto crítico, por lo que, generalmente se realiza con mini kits, CTAB, y el método Chelex. En la parte genómica, actualmente existen 42 genomas de Erysipales en el NCBI, y se espera que, en los próximos años, el número de genomas aumente significativamente gracias al uso de tecnologías de secuenciación de segunda generación (Illumina) y tercera generación (PacBio y Nanopore), que ofrecen ventajas considerables. Finalmente, la alta biodiversidad de plantas en México representa un desafío para documentar la diversidad de especies de Erysipales tanto en plantas cultivadas como en ambientes silvestres.

3. SIMPOSIO: ENFERMEDADES DE PAPA

3.1. MÉXICO, ORIGEN Y SOLUCIÓN AL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA

[México, origin and the solution to the potato late blight]

Héctor Lozoya Saldaña. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 56230. *Correspondencia: picti87@gmail.com

A finales de la década de los 1940's, el Dr. John S. Niederhauser, Fitopatólogo de la Oficina de Estudios Especiales en México, no entendía porque no se sembraban papas en el altiplano mexicano, considerando la presencia del excelente clima, los buenos suelos y la confiabilidad del temporal. Los agricultores le decían “es porque se queman”. Después de varios estudios entendió que el causante de la quemazón era el oomiceto *Phytophthora infestans* y que la solución estaba en los materiales genéticos “inmunes” norteamericanos. Los enfrentó bajo condiciones naturales y al final del ciclo se habían muerto 130 de 132 de esos materiales genéticos “inmunes” debido al tizón, lo que lo llevó a observar que “las variedades resistentes se atizonaron tan rápido y severamente como las susceptibles. Por lo menos una raza virulenta, además de la raza común de otros países, está presente en México”. Un segundo parteaguas en la historia de la fitopatología había emergido. El primero fue con la hambruna irlandesa. Casi de inmediato se esta-

bleció un Programa Internacional de la Papa (PIP) por el mismo Dr. Niederhauser en el valle de Toluca, en el que básicamente se dedicó a probar clones internacionales para la resistencia a la enfermedad y a preparar los recursos humanos necesarios para seguir investigándola. Se identificaron todas las razas fisiológicas propuestas por Black y los dos grupos de compatibilidad (A1 y A2, relación 1:1) del patógeno que conducían a su gran variabilidad genética. Además, se evidenció una relación directa de la distribución geográfica de dichos grupos con la de las especies silvestres de *Solanum* en el altiplano y sur del país. Muchas de ellas coexistiendo con el microorganismo en la naturaleza gracias a su resistencia genética natural al patógeno. En años recientes las ventajas comparativas del valle han favorecido a la cooperación mutua en los estudios del tizón por diversas agencias internacionales (CIP, PRECODEPA, GILB, CEEM, PICTIPAPA, USDA, y empresas de agroquímicos)

3.2. INDICADORES PARA EVALUAR LA EFECTIVIDAD DE LA APLICACIÓN DE LA NOM 040 FITO 2002 PARA EL MANEJO FITOSANITARIO EN LA REGIÓN PAPERERA DE COAHUILA Y NUEVO LEÓN

[Indicators to evaluate the effectiveness of the application of NOM 040 FITO 2002 for phytosanitary management in the potato growing regions of Coahuila and Nuevo León]

Gustavo Alberto Frias Treviño¹, Ilse Yazmin Domínguez Acosta¹. ¹Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Correspondencia: acostailse22@gmail.com

Se estimó la efectividad de la aplicación de medidas fitosanitarias para evitar la dispersión de las plagas reglamentadas de la papa, *Meloidogne chitwoody* y *Golboderia rostochiensis* durante la producción y comercialización de papa para consumo en la región paperera de Coahuila y Nuevo León. Se utilizaron tres indicadores que estiman el cumplimiento de las medidas fitosanitarias especificadas en la NOM 040 FITO 2002 “requisitos y especificaciones para la producción y movilización nacional de papa comercial” (NOM 040). Los indicadores se diseñaron para evaluar el cumplimiento de los requisitos en tres etapas: 1 siembra, 2 cosecha y 3 movilización de tubérculos. El indicador 1, % ha Certificadas se calculó dividiendo el número de ha con registro de predio (Certificadas) entre las ha sembradas y multiplicando el cociente por 100. El indicador 2, % de Cosecha Muestreada, se calculó dividiendo [las ha muestreadas*rendimiento] / [ha sembradas * rendimiento] y multiplicando

el cociente por 100. El indicador 3, % de Embarques de Papa Certificadas se calculó dividiendo las ton Amparadas por Certificados Fitosanitarios de Movilización Nacional-CFMN entre las ton producidas y multiplicando el cociente por 100. Los resultados indican una efectividad del 80 % para los indicadores 1 y 2: % de Ha Certificadas y % de Cosecha Muestreada, mientras que la efectividad del indicador 3, % de embarques Certificados fue de 35.55 %. Estos resultados indican que el 64.45 % de la papa que se moviliza desde los cultivos de papa en Coah y NL no cumple con los requisitos de la NOM 040. Para corregir esta irregularidad en la aplicación y vigilancia de la NOM 040 se requiere diseñar una estrategia que debe incluir: vigilar el ingreso a las industrias y el ingreso y egreso a Centrales de Abasto y Centros de Acopio, que son los lugares de destino de la papa que se moviliza ilegalmente.

3.3. EL TIZÓN TARDÍO DE LA PAPA

[Potato late blight]

Héctor Lozoya Saldaña. Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México 56230. *Correspondencia: picti87@gmail.com

El surgimiento de la fitopatología como una especialidad de la ciencia se dio a mediados del siglo XIX, cuando se descubrió que la hambruna irlandesa era causada por el oomiceto *Phytophthora infestans*. Cien años después se descubrió un centro geográfico de diversidad genética del microorganismo, en el altiplano mexicano, coincidente con la distribución de especies silvestres de *Solanum* resistentes a la enfermedad, aceptándose el valle de Toluca como el lugar de origen del tizón. En este lapso (1850-1950) se logró el conocimiento de la morfología del patógeno y el ciclo biológico de su fase asexual, que genera esporangios y zoosporas. Con la identificación de los grupos de compatibilidad (A1 y A2) se dilucidó el ciclo sexual y la generación de oosporas como estructuras de sobrevivencia. Los intentos de clasificación de las variantes hasta ahora no guardan relación entre ellos, pues la patogenicidad sugerida por Black *et al.* es independiente de biotipos, haplotipos etc. Y su presencia varía entre ciclos en los valles altos de

México. Las condiciones ideales para el desarrollo del patógeno en un ciclo de 24 h son días nublados, con temperaturas de 10 a 25 °C y humedad relativa superior a 85 %, a cualquier edad de la planta y puede acabar con el cultivo en término de dos a tres semanas. La mayoría de las variedades de papa generadas en el extranjero y que se etiquetan como resistentes al tizón no lo son en el centro del país en siembras de temporal o de riego por aspersión. Por otro lado, los programas mexicanos de mejoramiento genético de la papa en los últimos 60 años han seleccionado materiales con excelente comportamiento aplicando solo una o dos aspersiones durante el ciclo (más de 20 variedades). No obstante, los productores consideran que el tizón no es problema para sus variedades susceptibles toda vez que se cuenta con fungicidas altamente efectivos, que han tenido que pasar por estudios de efectividad biológica en el valle, si son efectivos ahí lo serán en el resto del mundo.

3.4. ENFERMEDADES DE FOLLAJE Y TUBÉRCULO EN EL CULTIVO DE LA PAPA

[Foliar and tuber diseases in the potato crop]

Rubén Félix-Gastélum¹, Karla Yeriana Leyva-Madrigal¹, Rosa María Longoria-Espinoza², Gabriel Herrera-Rodríguez³. ¹Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Los Mochis, ²Universidad Autónoma de Occidente Unidad Regional Guasave, Sinaloa. ³Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte.

Correspondencia: ruben.felix@uadeo.mx

Sinaloa es el principal productor de papa durante el ciclo otoño-invierno en México las enfermedades limitan la producción y calidad de esta solanácea. El objetivo es presentar las principales enfermedades de la papa, donde resaltan: el tizón tardío (*Phytophthora infestans*) y el tizón temprano (*Alternaria protenta* y *A. grandis*) enfermedades que pueden causar pérdidas del 80 y 35 %, respectivamente. El moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) causa pudrición en todas las partes aéreas de la planta y en los tubérculos; las pérdidas ser de 20 al 30 %; la pudrición de raíz y costra negra (*Rhizoctonia solani*), la incidencia en raíz puede alcanzar 6 a 8 %, mientras la incidencia de la costra negra no ocurre o si se presenta su incidencia y severidad son muy muy leves. La pudrición blanda (*Sclerotium rolfsii*) puede afectar al 5% de los tubérculos sobre todo en cosechas de principios de mayo al igual que la pudrición seca de los tubérculos (*Fusarium* spp.). En ciclos agrícolas recientes el paño de la papa (*Colletotrichum cocodes*) ha cobrado im-

portancia pues afecta la calidad de los tubérculos y ha alcanzado incidencias del 5 al 8 %. Dentro de las enfermedades bacterianas resaltan la roña común (*Streptomyces scabies* y *S. acidiscabies*), la pierna negra y pudrición de tubérculos (*Pectobacterium polaris* y *P. atropsepticum* y *P. caratovorum*) las pérdidas por estas enfermedades bacterianas varían del 3 al 15 %. Por otro lado, la incidencia de la marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) es esporádica y ocurre en incidencia es muy baja, lo cual se debe seguramente al uso de semilla certificada; sin embargo, la alta incidencia de pudrición de tallos (25-30 %) causada por *P. polaris* en lotes de papa sometidos a riegos por aspersión en ciclos agrícolas recientes ha sido motivo de preocupación para los productores. Además, estudios de invernadero indican que la bacteria mostró potencial para atacar, calabaza, zucchini y tomate; por lo tanto, estudios futuros deberán incluir estrategias para el manejo de la enfermedad.

3.5. USO DE *Trichoderma* spp. EN EL CULTIVO DE PAPA PARA EL MANEJO DE ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS DEL SUELO

[The use of *Trichoderma* spp. for controlling diseases caused by soil-born pathogens in potato]

Gabriel Herrera-Rodríguez^{*1,3}, María Belén Irazoqui-Acosta¹, Sara Elodia Armenta-López¹, Gabriel Antonio Lugo-García², Rubén Félix-Gastélum³, Rosa María Longoria-Espinoza³, Marco Antonio Magallanes-Tapia⁴. ¹Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte. ²Universidad Autónoma de Sinaloa, Colegio de Ciencias Agropecuarias, Facultad de Agricultura del Valle del Fuerte. ³Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Los Mochis, Departamento de Ciencias Naturales y Exactas. ⁴Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa.

*Correspondencia: gabrielherrera44@hotmail.com

La papa (*Solanum tuberosum*) es afectada por hongos del suelo que dañan raíces, tallos, tubérculos, flores y hojas, ocasionando pérdidas de hasta 30 % en Sinaloa y otras regiones del país. El objetivo de este estudio fue evaluar en campo el efecto de la aplicación de una mezcla de *Trichoderma azevedoi*, *T. afroharzianum*, *T. asperellum* y *T. asperelloides*, fungicidas sintéticos y la combinación de ambos sobre la incidencia y severidad de moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) y pudrición blanda (*Sclerotium rolfsii*), así como su impacto en la producción de tubérculos. El estudio se realizó en Sinaloa durante 2021 y 2022, utilizando los tratamientos mencionados en parcelas semi comerciales de papa. Las aplicaciones se realizaron al tubérculo semilla, en riegos por aspersión y aspersiones aéreas. Se midió incidencia de las enfermedades y rendimiento. Los datos se analizaron mediante ANOVA y prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). En 2021, la incidencia de moho blanco en plantas fue menor en parcelas con la combinación de los *Trichoderma* (66 %) en comparación con fungicidas (93.3 %). En 2022, la incidencia fue de 55.6 y 75.6 %, respectivamente. En tubérculos, la menor incidencia

en ambos años se logró con *Trichoderma* spp. (1.6 % en 2021 y 1.3 % en 2022). La pudrición blanda de tubérculos en 2022 mostró 0.7 % de incidencia con *Trichoderma* spp., y un 2.5 % con fungicidas. El rendimiento siguió la misma tendencia y en el 2022 se presentó la mayor producción en parcelas que recibieron la combinación de *Trichoderma* spp. (52.9 t ha⁻¹), superando a los fungicidas (44.5 t ha⁻¹) y a la combinación de ambos tratamientos (48.3 t ha⁻¹). El uso de *Trichoderma* spp. o su combinación con fungicidas fue eficaz en la reducción de la incidencia de moho blanco y pudrición blanda, además de mejorar el rendimiento del cultivo. Estos resultados sugieren que los hongos benéficos pueden ser una alternativa viable al uso exclusivo de fungicidas químicos.

Literatura Citada. Félix-Gastélum R, Herrera-Rodríguez G, Ávila-Alistac N y León E. 2024. *Sclerotinia sclerotiorum* en frijol y papa en Sinaloa: Etiología, epidemiología y alternativas de manejo. Revista Mexicana de Fitopatología 42(3): 29. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2404-6>.

4. SIMPOSIO: ENFERMEDADES DEL BANANO

4.1. LA RAZA 4 TROPICAL DE *Fusarium* DE LAS MUSÁCEAS: SITUACIÓN ACTUAL Y LA EXPERIENCIA COLOMBIANA

[*Fusarium* tropical Race 4 of the musaceae: current situation and the colombian experience]

Mónica Betancourt Vásquez, Gustavo Adolfo Rodríguez Yzquierdo, Mauricio Soto Suarez, Rommel Igor León Pacheco, Juan Camilo Gómez Correa, Sandra Lorena Carmona Gutiérrez¹. ¹Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria–AGROSAVIA. Correspondencia: mbetancourt@agrosavia.co.

El marchitamiento de las musáceas, provocado por *Fusarium oxysporum* f sp. *cubense* (*Fusarium odoratissimum*) se considera el patógeno más importante de las musáceas y específicamente en el banano de exportación tipo Cavendish es una amenaza creciente para toda la región de América Latina y El Caribe. En Colombia este patógeno se reportó por primera vez en el 2019 y en la actualidad se ha encontrado en 20 predios de producción de banano de exportación en los departamentos de La Guajira y Magdalena. La presencia de la enfermedad en el país generó la necesidad de articular a todos los sectores en la búsqueda de alternativas para prevenir, manejar y mitigar el riesgo de dispersión de la enfermedad. Se cuenta con un análisis detallado de la susceptibilidad de tierras frente al patógeno en el país y el análisis de los factores predisponentes edafoclimáticos de la enfermedad. Se desarrollaron nuevos métodos de diagnóstico basados en PCR digital para la detección en muestras ambientales (suelo y agua), además se han evalua-

do estrategias de bioseguridad y control biológico frente a su impacto en la reducción de la incidencia de la enfermedad. Uno de los programas más exitosos ha sido la introducción de materiales de banano con promesa de resistencia a Foc R4T provenientes de diferentes países. Se han introducido materiales de: Brasil (EMBRAPA), CIRAD (Francia); Galiltec (Honduras), Tropic (Inglaterra) con diferentes fuentes y formas de resistencia frente a *Foc* R4T. Los materiales una vez pasan una fase de cuarentena pos-entrada vigilada por el la ONPF – ICA, son evaluados por su resistencia frente al patógeno en condiciones controladas y en predios afectados; a la fecha se cuenta con tres materiales que han presentado resistencia y aunque no son materiales tipo Cavendish, pueden ser considerados dentro de las estrategias de prevención y como alternativas para la seguridad alimentaria en sistemas de pequeños productores, de consumo local de fruta para nuestra región.

4.2. MOKO: IMPACTO EN LA BANANICULTURA MEXICANA Y EXPERIENCIAS DE MANEJO

[Moko: impact on mexican bananiculture and management experience]

Luciano Martínez-Bolaños¹, Mario Orozco-Santos², Gilberto Manzo-Sánchez³, Danna Montserrat Martínez-Bolaños⁴.¹Universidad Autónoma Chapingo, Centro Académico Regional sede Oaxaca. INIFAP, Campo Experimental Tecomán. ³FCBA, Universidad de Colima. ⁴Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Parasitología Agrícola.

Correspondencia: lmartinezb@chapingo.mx

El moko bacteriano (*Ralstonia solanacearum* raza 2) es una enfermedad de importancia cuarentenaria, la cual se ha distribuido en diferentes zonas productoras de plátanos y bananos del mundo, en donde ha estado causando alto impacto tanto por las afectaciones directas a las plantaciones como restricciones en la movilización de la producción. En México, se ha confinado a algunas zonas del estado de Tabasco y Chiapas. La bacteria afecta a todos los tejidos de la planta y puede penetrar a través de las raíces e inflorescencias, o por heridas ocasionadas por herramientas contaminadas con *R. solanacearum* raza 2. El manejo del Moko bacteriano, se basa en la capacitación y reconocimiento de síntomas ocasionadas por la enfermedad, y en el desarrollo de prácticas profilácticas para excluir, controlar y erradicar la enfermedad. La exclusión implica aplicar normativas legales e implementar

protocolos de bioseguridad en el ingreso y movilidad de las personas en las plantaciones, así como el establecimiento de materiales sanos; por otra parte, el control y erradicación del Moko bacteriano, implica el aislamiento y eliminación de plantas enfermas en los focos de infección, considerando al menos 5 m de diámetro, mediante la inyección de un herbicida sistémico y la aplicación de tratamientos supresores de bacterias como nanopartículas de cobre y sales cuaternarias de amonio; sin embargo, ante los nuevos paradigmas de la agricultura, bajo una dinámica de manejo sostenible de plantaciones de plátanos y bananos, es importante la aplicación de microorganismos benéficos como *Bacillus subtilis* y aplicación de metabolitos secundarios derivados de plantas con acción biofumigante y antibactericida.

4.3. SIGATOKA NEGRA: MANEJO INTEGRADO BASADO EN EL CONOCIMIENTO DEL PATOSISTEMA

[Black sigatoka: integrated management based on pathosystem knowledge]

Mario Orozco-Santos, Gilberto Manzo-Sánchez², Luciano Martínez Bolaños³, Manuel de Jesús Bermúdez-Guzmán¹. ¹INIFAP, Campo Experimental Tecomán. ²FCBA, Universidad de Colima. ³Universidad Autónoma Chapingo. Correspondencia: orozco.mario@inifap.gob.mx

La sigatoka negra (SN, *Pseudocercospora fi-jjensis*) es la enfermedad más importante que afecta el follaje de bananos y plátanos en el mundo. Su manejo se basa principalmente en el control químico y alternativo (fungicidas, aceites, biológicos, extractos vegetales e inductores de resistencia) y apoyado con el uso de prácticas culturales. El manejo integrado de SN es apoyado por el conocimiento del patosistema (hospedero, patógeno/enfermedad y clima). El control cultural es una parte importante en el manejo de la enfermedad. Esta herramienta está orientada a reducir las condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo del patógeno, inducir el vigor de las plantas, establecer barreras físicas y/o eliminar fuentes de inóculo dentro de la plantación. Se han sugerido numerosas prácticas de cultivo dentro de un programa de manejo integrado de la enfermedad, como es el caso de la remoción de hojas afectadas o porciones de éstas (cirugía), poda temprana; la aplicación de urea y desecantes para acelerar su descomposición, así como la eliminación rápida de plantas cosechadas. Adicionalmente, otros componentes del manejo agronómico del cultivo son: densidad de plantación, deshije, sistemas de drenaje, métodos de riego, control de maleza, fertilización química y biológica, control de plagas y nemátodos. Una práctica alternativa es el “minicomposteo”, que consiste en colocar

la hojarasca en pequeños montones para su rápida degradación, lo cual permite reducir el inóculo e incorporar nutrientes al suelo. Además, es importante monitorear periódicamente la plantación para conocer el comportamiento de la enfermedad (incidencia, severidad y/o estado evolutivo) y obtener información que auxilie en la toma de decisiones. El control químico es la herramienta más usada para el combate de sigatoka negra. El número de aplicaciones varía de acuerdo a las condiciones climáticas de cada zona de producción. Las aplicaciones se hacen principalmente con fungicidas de contacto o protectantes (mancozeb y otras moléculas) y en menor proporción sistémicos. Ocasionalmente se incluyen algunos productos biológicos (*Bacillus* y extractos vegetales), aceites minerales e inductores de resistencia. El elevado número de ciclos de aspersión de fungicidas sistémicos ha generado pérdida de sensibilidad del hongo a diferentes ingredientes activos, así como problemas de contaminación ambiental y de salud humana. El fungicida mancozeb es parte fundamental en el manejo de la enfermedad. Sin embargo, el futuro de este ingrediente activo es incierto, por posibles restricciones en algunos países importadores (mercados internacionales), por lo que es prioritario la búsqueda de alternativas para substituir esta molécula.

4.4. SIGATOKA NEGRA: EXPERIENCIA EN EL MANEJO DE FUNGICIDAS

[Black Sigatoka: Experience in fungicide management]

Gilberto Manzo-Sánchez, ²Mario Orozco-Santos, ²Manuel de Jesús Bermudez-Guzmán, ¹Marco Tulio Buenrostro-Nava. ¹Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Colima. ²INIFAP Campo Experimental Tecomán. Correspondencia: gmanzo@ucol.mx

La Sigatoka negra (SN) de bananos es una de las principales limitantes en la producción del cultivo, ya que causa una defoliación extensa que, a su vez, induce una maduración prematura de la fruta, haciéndola inadecuada para el transporte a mercados del extranjero. El principal método de control es con aplicaciones de fungicidas sintéticos, ya sea de acción protectante (contacto) o penetrante (sistémica). Sin embargo, el uso indiscriminado puede provocar contaminación ambiental, problemas a la salud humana y el desarrollo de resistencia. Por lo anterior, se recomienda que las aplicaciones se intercalen con diferentes moléculas y que éstas sean guiadas por parámetros/indicadores biológicos de la enfermedad, los cuales son importantes para la toma de decisiones en el uso de fungicidas y la

evaluación de la eficacia de las estrategias de control de la SN, esto permite minimizar el impacto ambiental. Aunado a lo mencionado, es importante conocer la biología y epidemiología del patógeno, esto con el propósito de lograr implementar diferentes estrategias de manejo de la enfermedad. En base a lo anterior, se han llevado a cabo estudios que nos ha permitido conocer los niveles de sensibilidad de muestras de SN de las distintas regiones productoras de banano en México, esto ha determinado la presencia de cepas resistentes hacia algunos grupos químicos, por lo que se recomienda el uso de otras moléculas químicas para el control de la enfermedad. El monitoreo continuo de la resistencia a los fungicidas es clave para un pronóstico y control oportuno y preciso de la enfermedad.

5. SIMPOSIO: VIRUS FITOPATÓGENOS

5.1. MECANISMOS DE DEFENSA DE PLANTAS MEDIANTE COMPARACIÓN DE HERRAMIENTAS MOLECULARES COMO EL SILENCIAMIENTO GÉNICO MEDIADO POR VIRUS (VIGS) Y EL SILENCIAMIENTO GÉNICO MEDIADO POR ASPERSIÓN DE RNAi (SIGs) EN *N. benthamiana* Y *C. chinense*

[Study of plant defense mechanisms by comparing molecular tools such as virus-mediated gene silencing (VIGS) and RNAi spray-mediated gene silencing (SIGs) in *N. benthamiana* and *C. chinense*]

Oscar A. Moreno-Valenzuela, Yereni Minero-García, Nathalia Lázaro-Santos, Orlando Osorio-Pinelo, Yuri Gabriela Santiz-López, Cecilia Hernández-Zepeda. Unidad de Biología Integrativa, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. Unidad de Ciencias del Agua, Centro de Investigación Científica de Yucatán A.C. *Correspondencia: oamv@cicy.mx

En este trabajo se analiza el papel de genes clave de mecanismos de defensa de las plantas y la eficiencia de estrategias moleculares para controlar al hongo fitopatógeno *Fusarium* sp. y al virus Pepper golden mosaic virus (PepGMV), utilizando plantas de *Capsicum chinense* Jaq, mediante la comparación de la eficiencia de herramientas moleculares como el silenciamiento génico mediado por virus (VIGs) y el silenciamiento génico mediado por RNAi (SIGs). La Respuesta Sistémica Adquirida (RSA) comienza con la síntesis del ácido Salicílico (AS) y el ácido N-hydroxyhipocotónico (NHP). Hasta el momento no se ha establecido el papel del NHP en la respuesta de las plantas a la infección patógena. Para estudiar el papel de este metabolito, se silenciará el gen *Lys amino transferasa AGD2-LIKE DEFENSE RESPONSE PROTEIN1* (ALD1) en infecciones simples con un hongo, *Fusarium*

sp. y un virus, el *Pepper golden mosaic virus* (PepGMV). Además, en el proyecto se silenció el gen de la Quitina sintasa 4 (CH4) del hongo *Fusarium* sp. mediante VIGs y el gen AC1 del PepGMV por SIGs para analizar el efecto del silenciamiento sobre el control de estos patógenos. En un análisis transcriptómico se observó que chile habanero responde a la infección de *Fusarium* sp. con el aumento en la expresión de los genes de defensa NPR1, PR1, PR3 y PR4, sin embargo, la planta no es capaz de resistir la infección del hongo y muere a los 14 días después de la infección. Cuando se silenció el gen CH4 del hongo, la planta mostró síntomas de tolerancia pero finalmente muere. Al momento se está analizando el efecto del silenciamiento por SIGs y VIGs del gen AC1, del gen CH4 y del gen ALD1 para realizar la comparación de la eficiencia de ambos métodos.

5.2. USO DE SECUENCIACIÓN MASIVA PARA LA DETECCIÓN DE VIRUS EN PLANTAS: RETOS Y OPORTUNIDADES

[Use of high-throughput sequencing for plant virus detection: challenges and opportunities]

Candelario Ortega Acosta. Posgrado en Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, México. Correspondencia: ortega.candelario@colpos.mx

La detección temprana y precisa de virus en plantas es fundamental, dado que las infecciones suelen ser permanentes. Históricamente, la identificación viral se basaba en síntomas, plantas indicadoras y microscopía electrónica de transmisión. Posteriormente, la detección serológica y molecular, junto con la secuenciación Sanger, revolucionaron nuestra comprensión de estos patógenos, incluyendo su rango de hospedantes y vectores. No obstante, la principal limitación de estos métodos radica en que solo permiten la detección de virus conocidos, aquellos para los cuales existen plantas indicadoras, anticuerpos y oligos específicos, lo que impide identificar infecciones emergentes. Actualmente, la secuenciación masiva (Next-generation sequencing, NGS) representa un avance sin precedentes en el descubrimiento y la caracterización de virus. Esta tecnología se ha explorado extensivamente en plantas cultivadas y no cultivadas para determinar la diversidad viral, identificar

nuevas variantes, especies emergentes, infecciones mixtas y nuevos hospedantes. México, con su gran diversidad de flora cultivada y silvestre, presenta un enorme potencial para la aplicación de la NGS en el descubrimiento y caracterización de virus conocidos y especies sin descubrir. Sin embargo, es crucial que los resultados obtenidos con NGS se validen siempre con métodos independientes como la RT-PCR, y se complementen con pruebas biológicas, incluyendo estudios de rango de hospedantes, posibles vectores y microscopía electrónica de transmisión. No obstante, a pesar de los rápidos avances en genómica y ciencias computacionales, la adopción de esta tecnología podría verse limitada en algunas regiones debido al costo y a la disponibilidad de recursos y capacitación. Por ello, es indispensable fomentar redes de colaboración interinstitucionales. Esto impulsará el uso de la NGS, permitiendo una comprensión más profunda de la diversidad viral en nuestros agroecosistemas.

5.3. MICROORGANISMOS ENDÓFITOS PARA EL MANEJO DE VIRUS EN JITOMATE Y CHILE

[Endophytic microorganisms for virus management in tomatoes and chili peppers]

¹*Erika Janet Zamora-Macorra, ²Maria Guadalupe Carrillo-Benitez, ³Carlos Daniel Ramos-Villanueva, ⁴Katia Aviña-Padilla. ¹ Universidad Autónoma Chapingo. Depto. Preparatoria Agrícola. Maestría en Protección Vegetal. Texcoco, México. ² Humus y Derivados de Lombriz de México SPR DE RI, Carretera Federal Puebla-Tehuacan Km 42.2, El Empalme, Tepeaca, Puebla. CP. 75215, México. ³ Universidad Autónoma Chapingo. Depto. Parasitología Agrícola. Texcoco, México. ⁴ Laboratorio de Bioinformática y Redes Complejas, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del I.P.N, Departamento de Ingeniería Genética, Unidad Irapuato, Irapuato, Guanajuato, México. *Correspondencia: erikazam@gmail.com

El jitomate (*Solanum lycopersicum*) y el chile (*Capsicum annuum*) enfrentan amenazas importantes por virus como *Tobamovirus fructirugosum* (ToBRFV), responsable de pérdidas económicas en México, detectado en 2017 (Camacho-Beltrán *et al.*, 2019; Rodríguez-Mendoza *et al.*, 2019). Este virus se transmite muy fácil mecánicamente por su estabilidad en el ambiente y su control en campo es complicado (Esmaeilzadeh *et al.*, 2023). Su bajo porcentaje de transmisión por semilla dificulta la detección oportuna (Vargas-Mejía *et al.*, 2023; Davino *et al.*, 2020). Como alternativa de manejo, se propone el uso de microorganismos rizosféricos, epífitos y endófitos que inducen resistencia sistémica, mejoran la nutrición y promueven el crecimiento vegetal (Umesha *et al.*, 2018; Yadav *et al.*, 2020). Estudios reportan que cepas como *Pseudomonas* y *Bacillus* favorecen el desarrollo de plantas y reducen la incidencia de virus (Samaniego, 2017; Beris *et al.*, 2018; Ramos-Villanueva *et al.*, 2023). El objetivo de este trabajo fue evaluar si estos microorganismos pueden mitigar enfermedades virales en jitomate y chile. Los primeros bioensayos determinaron la frecuencia óptima de aplicación. Luego, se seleccionaron las cepas más eficaces para ensayos

adicionales con aplicaciones al drench y foliares. **Materiales y Métodos.** Desde 2020, se han realizado 5 bioensayos en plantas de jitomate o chile infectadas con ToBRFV y *Tobamovirus tabaci*. Se aplicaron microorganismos benéficos como *Beauveria peruviansis*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Pseudomonas* sp., *P. protegens* y *T. viride*. Las variables medidas fueron altura de planta, peso fresco de la parte aérea y radicular, severidad y cuando fue posible, número de botones florales y peso de frutos. Se utilizaron entre 3 y 15 repeticiones por tratamiento, y los resultados se analizaron mediante la prueba de Tukey-Kramer HSD. **Resultados.** Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos en cada bioensayo. *B. peruviansis* ha sido el más efectivo, incrementando la altura y el peso de las plantas respecto al testigo enfermo, además de reducir la severidad de los síntomas. Le siguió *Pseudomonas* sp. con efectos positivos moderados. En contraste, *T. longibrachiatum* tuvo un efecto negativo en plantas al reducir el tamaño y aumentar la severidad. No se encontraron diferencias significativas entre la aplicación foliar o al sustrato de *B. peruviansis*.

- Literatura Citada.** 1. Beris D, Theologidis I, Skandalis N and Vassilakos N. 2018. Scientific Reports 8: 10320. 10.1038/s41598-018-28677-3. 2. Camacho-Beltrán E Pérez-Villarreal A, Leyva-López NE, Rodríguez-Negrete EA, Cenicerós-Ojeda EA. and Méndez-Lozano J. 2019. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-18-1974-PDN>. 3. Davino S, Caruso AG, Bertacca S, Barone S, Panno S. 2020. Plants. 9: 1615. 10.3390/plants9111615. 4. Esmailzadeh F, Santosa AI, Çelik A and Koolivand D. 2023. Microorganisms 11(10):2434. 10.3390/microorganisms11102434. 5. Ramos-Villanueva Carlos D, Carrillo-Benitez G, Zamora-Macorra EJ, Santiago-Elena E, Ramírez-Alarcón S, Jimenez-Vidals J y Ávila-López R. 2023. Revista Mexicana de Fitopatología 41. 10.18781/rmex.fit.2023-1. 6. Rodríguez-Mendoza J, García-Ávila CJ, López-Buenfil JA, Araujo-Ruiz K, Quezada-Salinas A and Cambrón-Crisantos JM. 2019. Mexican Journal of Phytopathology 37(2): 1-12. 10.18781/R.MEX.FIT.1902-6. 7. Samaniego GB, Reyes RA, Moreno VOA y Tun SJM. 2017. La Revista de Protección Vegetal 32(1): 10-22. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522017000100002. 8. Umesha S, Singh PK and Singh RP. 2018. Woodhead Publishing. 185-205. 10.1016/B978-0-12-812160-3.00006-4. 9. Vargas-Mejía P, Rodríguez-Gómez G, Salas-Aranda DA, *et al.* 2023. Archives of Virology. 168(5):135. doi: 10.1007/s00705-023-05757-y. 10. Yadav AN, Kour D, Kaur T, Devi R, Guleria G, Rana KL and Rastegari AA. 2020. Elsevier. 331-344. 10.1016/B978-0-12-820526-6.00020-8.

5.4. PANORAMA Y ESTRATEGIAS FITOSANITARIAS PARA EL MANEJO DE VIRUS DE SOLANÁCEAS EN EL NORESTE DE MÉXICO: AVANCES EN ToBRFV

[Overview and phytosanitary strategies for managing solanaceous viruses in northeastern Mexico: advances in ToBRFV]

Ubilfrido Vásquez-Gutiérrez^{1*}, Gustavo A. Frías-Treviño¹, Agustín Hernández Juárez¹, Jesús Méndez-Lozano², Edgar A. Rodríguez Negrete², Ángela P. Arce-Leal². ¹Departamento de Parasitología, UAAAN, Saltillo. ²Departamento de Biotecnología Agrícola, CIIDIR Unidad Sinaloa, Instituto Politécnico Nacional, Guasave. *Correspondencia: d_ubilfrido.vazquezG@uaaan.edu.mx

Los cultivos de la familia *Solanaceae* son de gran importancia para México. Sin embargo, el cambio climático ha favorecido la reemergencia de virus epidémicos (Trebecki, 2020). Alrededor de 185 especies virales impactan a cultivos de solanáceas a nivel mundial, de los cuales 54 se encuentran distribuidas en México, y 20 de estas en el Noreste del país (Jones, 2021; García-Estrada *et al.*, 2022). Mediante una caracterización molecular en plantas de tomate y chile de regiones productoras de Saltillo y General Cepeda se evidenció la presencia de infecciones mixtas entre TYLCV y ToBRFV (datos no publicados). Por mucho tiempo, el manejo de virus se ha centrado en el control del insecto vector (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2009). Sin embargo, los virus de transmisión mecánica continúan representando un desafío aun mayor (Jones, 2021). La gestión efectiva requiere una estrategia integral que involucre el control de las fuentes de inóculo, cultivos resistentes, vectores y velocidad de incremento (Pannno *et al.*, 2020). Los avances recientes en el diagnóstico molecular, como la secuenciación masiva, han mejorado la vigilancia epidemiológica (Zhou y Li, 2021). El desarrollo de nanopartículas con capacidad antiviral, herramientas de edi-

ción genómica (CRISPR-Cas) y tecnologías del ARN interferente, incluidos nanoacarreadores de ARNbc, están abriendo posibilidades para el desarrollo de plantas con resistencia (Parperides *et al.*, 2023). En este contexto, la Dirección de Investigación de la UAAAN ha impulsado una línea de investigación enfocada en el control sostenible de plagas, que incluye virus epidémicos, particularmente el ToBRFV. En 2020-2022, se observaron síntomas en plantas de tomate provenientes de General Cepeda que coincidían con los descritos por Luria *et al.* (2017). Mediante pruebas serológicas y moleculares, se confirmó la presencia de ToBRFV (Vasquez-Gutierrez *et al.*, 2023). Se estudió la patogenicidad de tres aislados: TB1 (PP694585), TQ2 (PP694586) y FQ3 (PP694587). Entre estos, el aislado FQ3 mostró mayor incidencia de hasta 84 % en plantas de tomate (Vasquez-Gutierrez *et al.*, 2024a). ToBRFV-FQ3 se propagó en plantas de tomate con el objetivo de estudiar sus características fisicoquímicas (Vasquez-Gutierrez *et al.*, 2024b). Mediante inoculaciones con sabia infectiva, se evaluó el dióxido de cloro (ClO₂) en invernadero y campo abierto, a través de aplicaciones foliares en plantas de tomate (Gutierrez *et al.*, 2024c). El

ClO₂ aplicado a 760 mg L⁻¹, disminuyó un 60 % la transmisión del virus durante el manejo del cultivo. En otros estudios, se evaluó la tolerancia de siete híbridos de tomate a la infección por ToBRFV, observándose que dos de los híbridos (152-324 y 192-536) presentaron un menor impacto en parámetros agronómicos. Se analizaron los efectos antivirales de cuatro extractos vegetales en semillas y plantas cultivadas en invernadero. *Ruta graveolens* inhibió la propagación viral en un 70 % (Datos no publicados). En el ámbito de la nanotecnología, se evaluaron bio-nanopartículas de plata (NPs-Ag) frente a la infección mixta por *Potyvirus yitiburosum* (PVY) y ToBRFV en semillas de pimiento morrón. Las NPs-Ag inhibieron la propagación viral hasta en 90% y mejoraron la calidad de las plántulas 40 días posteriores. Estos estudios enfocados al manejo de la epidemia causada por ToBRFV, contribuyen a la comprensión y desarrollo de estrategias para reducir no sólo el impacto de este virus, sino de otras especies que amenazan la seguridad alimentaria de hortalizas en el Noreste del país.

Literatura Citada. 1. Gutiérrez UV, Treviño GAF, Ortiz JCD, Uribe LAA, Olivas AF, Beache MB and Castillo, FDH. 2024c. Chlorine Dioxide: Antiviral That Reduces the Spread of ToBRFV in Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Plants. *Viruses* 16(10): 1510. <https://doi.org/10.3390/v16101510>. 2. Vásquez-Gutiérrez U, Frías-Treviño GA, López-López H, Delgado-Ortiz JC, Aguirre Uribe LA and Flores-Olivas A. 2024a. Evaluation of the Pathogenicity of Three Isolates of Tomato brown rugose fruit virus in tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) from Coahuila, Mexico. *Bio Ciencias* 11: e1576. <https://doi.org/10.15741/revbio.11.e1576> 3. Vasquez Gutierrez U, López López H, Frías Treviño GA, Delgado Ortiz JC, Flores Olivas A, Aguirre Uribe LA and Hernández Juárez A. 2024b. Biological Exploration and Physicochemical Characteristics of Tomato Brown Rugose Fruit Virus in Several Host Crops. *Agronomy* 14(2): 388. <https://doi.org/10.3390/agronomy14020388>

5.5. EPIDEMIOLOGÍA DE ENFERMEDADES VIRALES EN PLANTAS: CASO JITOMATE Y AJO

[Epidemiology of viral diseases in plants: the case of tomato and garlic]

Norma Ávila Alistac^{1*}, Gustavo Mora Aguilera², Candelario Acosta Ortega², Daniel L. Ochoa Martínez².

¹Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Los Mochis, Sinaloa, ²Posgrado de Fitosanidad-Fitopatología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México.

*Correspondencia: alixtac@gmail.com

Los virus causan importantes enfermedades en cultivos de importancia económica, entre ellos el jitomate (*Solanum lycopersicum*) y ajo (*Allium sativum*), cultivos de importancia en México. El estudio epidemiológico de enfermedades virales permite conocer la dinámica, comportamiento y distribución de los virus en sus hospedantes y vectores, con el fin de obtener herramientas de manejo para mitigar dichas enfermedades. En el caso de jitomate, desde el primer reporte en 2018 (Cambrón-Crisantos *et al.*, 2019), del virus *Tobamovirus fructirugosum* (ToBRFV), se han realizado diversos estudios para comprender su comportamiento e implementar estrategias de manejo. Un estudio realizado con dos aislados de ToBRFV (Colima y Edo. de México) e inoculados en 13 materiales comerciales y dos criollos de jitomate, se observaron síntomas de mosaico leve y severo, pero con reducción de síntomas con el transcurso de las semanas (después de la inoculación) y sin observar síntomas en frutos. Sorprendentemente, el aislado de Edo. de

México donde se observó tres haplotipos después de la inoculación, registró la mayor altura y diámetro del tallo en comparación con el aislado de Colima, donde no hubo cambios de haplotipos (Ávila-Alistac *et al.*, 2024). Esta variabilidad de haplotipos, pudo cambiar el comportamiento epidemiológico de los aislados. Otro ejemplo, caso de ajo, al hacer un estudio de la presencia y prevalencia de virus (OYDV, GYMAV, BCTV, GCLV, LYSV y SLV) en diente de ajo fresco y deshidratado, se observó una prevalencia diferente. Algunos virus predominaron con mayor frecuencia en fresco, pero otros en estado deshidratado. Los resultados sugieren que los virus, puede estar en bajas concentraciones en ajo fresco (no detectables por RT-PCR), pero deshidratado pueden detectarse fácilmente. Aunado a ello, para la sobrevivencia de los virus, su distribución en dientes de ajo puede ser compartimentalizado, con la probabilidad de mayor prevalencia y competencia entre ellos los virus.

6. SIMPOSIO: INTELIGENCIA ARTIFICIAL

6.1. IA AL SERVICIO DE LA AGRICULTURA

[AI at the service of agriculture]

Luis Arturo Soriano Avendaño. Depto. de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo. Km. 38.5 Carretera México – Texcoco Chapingo, Texcoco, Estado de México CP 56230

La agricultura está exhibiendo una de las transiciones tecnológicas más grandes de las últimas décadas. Las razones principales son la falta de mano de obra, alta variabilidad del clima y poco interés de las nuevas generaciones en las actividades agrícolas. Estos son sin duda algunos de los factores que han detonado el avance, instalación y despliegue tecnológico. En este contexto, las nuevas tecnologías aplicadas al campo son aplicaciones inteligentes de siembra, monitoreo, fertilización y cosecha a través de plataformas robóticas. Estas aplicaciones están dotadas de algoritmos que confieren a las máquinas la habilidad de percibir su entorno y tomar decisiones que permiten al agricultor incrementar la eficiencia de tareas que frecuentemente son repetitivas y que requieren tiempo y esfuerzo humano para su ejecución. De las primeras aplicaciones en el ámbito agrícola son los drones o dispositivos robóticos que integran imágenes satelitales para aplicarse a tareas de fertilización y siembra. Por otra parte, la recolección de imágenes hiperespectrales también contribuye con el análisis y dictamen en tiempo real de requerimientos de manejo de un cultivo. La explotación de este tipo de datos a través de aplicaciones de aprendizaje profundo, para tareas que van desde la generación de trayectorias óptimas para vuelo de drones, a la aplicación de

acciones reguladas que forma de la agricultura de precisión.

Además de las aplicaciones de agroquímicos para el control de enfermedades y plagas mediante drones, existe un fuerte despliegue de sensores en cultivos para obtener datos que permiten construir aplicaciones de ciencia de datos, las cuales están orientadas a predecir el comportamiento del mercado agrícola para beneficio de empresas y grandes productores. Sin embargo, la ciencia de datos permite también habilitar un mercado minoritario de pequeños productores que pueden tener presencia y visibilidad a través de redes sociales e internet. Finalmente, una de las áreas que está generando mucha atención es la *inteligencia artificial generativa* con un gran potencial en la agricultura. Se pretende tener asistentes virtuales a los cuales tengan accesos agricultores y técnicos involucrados en una cadena de producción agrícola. Esto con el objetivo de indagar o interaccionar respecto a problemáticas específicas con datos en tiempo real y que el asistente, entrenado con información verificada por un especialista apoye a los agricultores. Esto puede subsanar limitaciones de personal o del conocimiento requerido para atender demandas de agricultores. Se espera que estas aplicaciones se empiecen a desplegar en los próximos años.

6.2. *Big Data* Y PATRONES DE DATOS ESPACIO-TIEMPO: UN MODELO CONCEPTUAL IA APLICADA AL PRONÓSTICO DE RIESGOS FITOSANITARIOS

[*Big Data* and space-time data patterns: A conceptual model of AI applied to the forecasting of phytosanitary risks]

Gustavo Mora-Aguilera*, Oscar Eder Flores-Colorado. Fitosanidad CP-LANREF, COLPOS. Km 36.5 Carr. Mex.-Texcoco. Edo. México. CP 56230. morag@colpos.mx

El cómputo digital (CD) y la inteligencia artificial (IA) han revolucionado el ámbito social. En la agricultura se ha propuesto *big data*, Internet de las Cosas (IoT), *Machine Learning* (ML), *Deep Learning* (DL), y *Artificial neural network*. Esto sugiere una transición hacia la agricultura inteligente para toma de decisiones (i.e. Agricultura 4.0 y 5.0). No obstante, en México y otros países emergentes existen asimetrías tecnológicas predominando áreas de producción tradicional (A 1.0), y en menor medida con nivel tecnológico bajo (A 2.0) o medio (A 3.0) (Zambon *et al.*, 2019. <https://doi.org/10.3390/pr7010036>). En agricultura, la aplicación de IA, con impacto potencial en A 4.0 y A 5.0, incluye pronósticos de clima y enfermedades, dispositivos autónomos, monitoreo de suelo y cultivos, siembra de precisión, etc. No obstante, los desarrollos actuales son dominados por consorcios de insumos agrícolas para atender asesoría técnica, nutrición, fertilidad de suelos o pronósticos climáticos mediante plataformas web o aplicaciones móviles complejas diseñadas para la producción extensiva-intensiva de productores con alta capacidad financiera. En la Fitosanidad, el reto implica cambiar los enfoques convencionales de cualquier algoritmo de IA, ML, DL u otro, considerando interacciones biológicas complejas y multifactoriales (Mora-Aguilera *et al.*, 2021. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2104-6>). Asimismo, es necesario considerar nuevos paradigmas con soluciones integrales caracterizadas por la sofisticación analítica de aspectos fitosanitarios, epidemiológicos, agronómicos y productivos, y no solo por la complejidad matemática. En la sanidad y manejo de plagas-enfermedades, la IA

incluye análisis de imágenes y datos tabulares empleando algoritmos de aprendizaje automático, redes neuronales artificiales, redes convolucionales, entre otras; principalmente para detección y diagnóstico con base en síntomas de acervos fotográficos públicos (Jafar *et al* 2024. doi.org/10.3389/fpls.2024.1356260; Rani *et al.*, 2023. [doi: 10.1109/ACCESS.2023.3339375](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3339375)). Estos enfoques son *reactivos* ya que su eficiencia está limitada a la presencia visual de signos-síntomas y no consideran el proceso patógeno-hospedero en la expresión dinámica de síntomas. Adicionalmente, su aplicabilidad para el fitopatólogo, por su especialización y entrenamiento, estos desarrollos son limitados. Para el usuario no especializado, la detección-IA sin una confirmación etiológica carece de la precisión para toma de decisiones efectivas y seguras. La potencial utilidad de IA en la fitosanidad lo constituye el desarrollo de modelos para prevención y manejo de riesgos aplicables a dimensiones espacio – tiempo, y en la generación de modelos participativos o híbridos basados en conocimientos mecanísticos y/e inferenciales, generados por investigación, articulados al conocimiento empírico del productor. Sin embargo, estas perspectivas dependen de la disponibilidad de *big data* estructurados para generar algoritmos de entrenamiento pertinentes. Una severa restricción que condiciona la aplicación de IA en la fitosanidad. En este trabajo se discute un modelo conceptual basado en *big data* y patrones de datos espacio-tiempo aplicado al pronóstico de riesgos fitosanitarios. Datos de café se emplearon como marco racional (Mora-Aguilera *et al.*, 2021. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2104-6>).