

Patógenos causantes de la pudrición de raíz en guanábana (*Annona muricata* L.), en Nayarit, México

Pathogens causing root rot in soursop (*Annona muricata* L.), in Nayarit, Mexico

Carlos Bryan Cambero-Ayón¹ , Claudio Rios-Velasco² , Gregorio Luna-Esquivel^{1,3} ,
Graciela Guadalupe López-Guzmán^{1,3} , Mario Orlando Estrada-Virgen^{1,3} ,
Octavio Jhonathan Cambero-Campos^{1,3*} 

¹Programa de Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Universidad Autónoma de Nayarit, CP. 63155. Xalisco, Nayarit, México.

²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. Av. Río Conchos S/N, Parque Industrial, CP. 31570. Cuauhtémoc, Chihuahua, México.

³Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit. Km. 9 Carretera Tepic - Compostela, CP. 63155. Xalisco, Nayarit, México.

*Autor de correspondencia: jhony695@uan.edu.mx

Nota científica

Recibida: 03 de marzo 2023

Aceptada: 23 de abril 2024

RESUMEN. En huertos comerciales de guanábana del estado de Nayarit, México, se observan árboles con síntomas aparentes por pudrición radicular, sin que se conozca el agente causal. Por lo que, el objetivo de la investigación fue, identificar a los hongos causantes de la pudrición de raíz de guanábana. De enero de 2020 a enero de 2021, en huertos de Compostela y San Blas, Nayarit, de árboles con síntomas por posible pudrición radicular, se recolectaron secciones de raíz con pudrición. Se aislaron e identificaron a los microorganismos asociados a la enfermedad para realizar las pruebas de patogenicidad en árboles de guanábana de un año de edad. Se identificó a *Fusarium falciforme* y a *Lasiodiplodia theobromae* como patógenos de raíz, ambos hongos son reportados por primera vez en este frutal y para México.

Palabras clave: Aislamiento, enfermedad, identificación, necrosis, patogenicidad.

ABSTRACT. In commercial soursop orchards in the state of Nayarit, Mexico, trees with apparent symptoms of root rot are observed, without the causal agent being known. Therefore, the objective of the research was to identify the fungi that cause soursop root rot. From January 2020 to January 2021, in orchards of Compostela and San Blas, Nayarit, from two trees with symptoms of possible root rot, root sections with rot were collected. Microorganisms associated with the disease were isolated and identified to carry out pathogenicity tests in one-year-old soursop trees. *Fusarium falciforme* and *Lasiodiplodia theobromae* were identified as root pathogens, both fungi are reported for the first time in this fruit tree and for Mexico.

Keywords: Isolation, disease, identification, necrosis, pathogenicity.

Como citar: Cambero-Ayón CB, Rios-Velasco C, Luna-Esquivel G, López-Guzmán GG, Estrada-Virgen MO, Cambero-Campos OJ (2024) Patógenos causantes de la pudrición de raíz en guanábana (*Annona muricata* L.), en Nayarit, México. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios 11(2): e3672. DOI: 10.19136/era.a11n2.3672.

INTRODUCCIÓN

México es un productor importante de guanábana (*Annona muricata* L.) (Poales: Annonaceae) ya que se produce de manera comercial en nueve estados en una superficie de 3 378 ha y una producción de 34 437 t, especialmente en zonas costeras. El estado de Nayarit destaca al concentrar la mayor superficie plantada con 2 464 ha (72.95%) y una producción de 26 744 t. El 96.18% de la superficie se encuentra establecida en los municipios de Compostela y San Blas con 2 371 ha y 52 ha, respectivamente (SIAP 2022).

La calidad, el volumen de producción y el ciclo de vida de este cultivo, se ve afectado por enfermedades que afectan al tallo, ramas, inflorescencias y frutos (Camero *et al.* 2019, Betancourt *et al.* 2019, Betancourt *et al.* 2024); en lo que respecta a pudrición de raíz en guanábana, en Brasil, De Oliveira *et al.* (2016) reportaron a *Phytophthora nicotianae* van Breda de Haan. como el patógeno causante de esta enfermedad. Por otra parte, en las principales zonas productoras de Nayarit, México, no existen reportes del o los agentes causantes de dicha alteración fisiológica, por lo que es de importancia generar información que permita a los productores llevar a cabo un manejo más efectivo a la problemática, con la finalidad de evitar disminución en la calidad y el volumen cosechado, y, por ende, pérdidas económicas. Por lo anterior, el objetivo fue identificar a los hongos causantes de la pudrición de raíz de *A. muricata*, en Nayarit, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección y procesamiento de tejido vegetal

De enero de 2020 a enero de 2021, se recolectaron en seis huertos comerciales de guanábana en Nayarit (Tabla 1), secciones de raíz de dos árboles por huerto con los siguientes síntomas: aparente muerte descendente, defoliación, manchas necróticas y exudados en tallos. Las muestras se colocaron en bolsas de papel Kraft (31 × 15.5 cm) y, dentro de una hielera a temperatura ambiente, se trasladaron al Laboratorio de Parasitología Agrícola del Centro Multidisciplinario de Investigación Científica (CEMIC 03) de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), en donde se almacenaron a 4 °C hasta su procesamiento.

Tabla 1. Sitios de colecta de muestras de tejido radicular de árboles de guanábana con apariencia enferma por posible pudrición de raíz en Nayarit, México.

Municipio	Huerto	Coordenadas	Altitud*
Compostela	Tonino I	N 21°04'02" O 105°12'48"	335
	Divisadero I	N 21°07'18" O 105°11'33"	94
	Capomo I	N 21°07'08" O 105°10'02"	36
San Blas	La Palma I	N 21°31'00" O 105°11'57"	9
	La Palma II	N 21°32'00" O 105°10'43"	213
	Infiernillo I	N 21°32'21" O 105°11'06"	175

Las muestras de raíz recolectadas se enjuagaron con agua potable y se sometieron a desinfección superficial con hipoclorito de sodio (NaClO) al 3% por 30 s, seguido por dos lavados con agua destilada estéril (Huaman *et al.* 2015). Se secaron en toallas de papel estériles, se obtuvieron cuatro trozos de 2 cm³ por muestra y se sembraron de manera equidistante en placas de Petri (90 × 15 mm) con los medios de cultivo V8 agar (V8 HERDEZ®) y papa dextrosa agar (PDA), posteriormente, fueron incubadas a 24 ± 2 °C sin luz en una cámara bioclimática (NOVATECH Ei45). Tres días después, de los hongos aislados, se realizaron cultivos monospóricos y siembras por punta de hifa, mismas que se mantuvieron a 24 ± 2 °C (Valle *et al.* 2021). Finalmente, los hongos puros, se identificaron morfológicamente con microcultivos en portaobjetos con lactofenol, y se visualizaron en un microscopio óptico Leica® (modelo DME 13595XXX) con los objetivos 40 X y 100 X (Rosado *et al.* 2020), y se utilizaron las claves taxonómicas de Watanabe (2002). Los aislamientos fúngicos obtenidos, se conservan el cepario del CEMIC 03.

Pruebas de patogenicidad en árboles de guanábana

De los hongos obtenidos de las raíces de árboles de *A. muricata* con síntomas de pudrición, se eligió un aislado fenotípicamente igual de cada género para probar su patogenicidad. Se utilizaron árboles de guanábana de un año de edad, previamente sembrados a partir de semillas de frutos de los genotipos de Compostela y San Blas, en bolsas para vivero de 25 × 30 cm con una mezcla 1:1:1 de sustrato (SUNSHINE®), perlita (AGROLITA®) y suelo estéril. En traspatio con malla sombra, se inocularon 10 árboles con cada uno de los aislados seleccionados. A cinco, se les realizó un corte (con bisturí estéril) en forma de bisel a una profundidad aproximada del 40% del diámetro del tallo en la base del mismo, mientras que al resto de los árboles no se les causó lesión. En seguida, se inocularon con un disco de 6 mm de diámetro de PDA con micelio del hongo con seis días de crecimiento en la base del tallo. Como testigo se utilizó el mismo número de árboles (con y sin lesión) a los cuales, se les colocó en la base del tallo un disco de PDA estéril. El área inoculada se envolvió a presión con PARAFILM® (De Oliveira *et al.* 2016, Ángel *et al.* 2018).

Los árboles se regaron cada tercer día a capacidad de campo (Almaraz *et al.* 2016), y se revisaron cada semana por cinco meses para registrar síntomas típicos por infección fúngica (De Oliveira *et al.* 2016, Ruiz *et al.* 2017). Por otra parte, los hongos que se consideraron patogénicos, se inocularon en conjunto en el mismo número de árboles de guanábana. Además, para corroborar que el microorganismo inoculado inicialmente fue el causante de la enfermedad, se realizó un aislamiento en medio de cultivo PDA y su identificación morfológica.

Identificación de los patógenos causantes de la pudrición de raíz de guanábana

A los hongos que resultaron positivos a las pruebas de patogenicidad, se les extrajo el ADN genómico (ADNg) con la metodología de Bobadilla *et al.* (2020). El ADN se utilizó para amplificar el espaciador transcrito interno (ITS4 e ITS5) del rADN con los cebadores universales ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') e ITS5 (5'-GGAAGTAAAGTCGTAACAAGG-3'). En el caso de *Fusarium sp.*, también se amplificó el factor de elongación de la traducción (TEF 1-α) con los cebadores Ef1α (5'-ATGGGTAAGGAGGACAAGAC-3') y EF2 (5'-GGAGGTACCAGTGCATCATGTT-3') (Ruíz *et al.* 2017, Henao *et al.* 2018). La detección de los productos del PCR se realizó con electroforesis submarina en gel de agarosa al 1.5% por 110 min a 80V. Para verificar el tamaño de los fragmentos obtenidos, se utilizó el marcador de peso molecular de 1 kb (Invitrogen por Thermo

Fisher Scientific®. Se observaron los fragmentos obtenidos en un transiluminador de mesa (UVP 95-0428-02) (Salazar *et al.* 2016). Los productos del PCR fueron secuenciados por la empresa Macrogen en Beotkkotro, Geumcheongu, Seoul (Gasandong, World Meridian I), Corea, y las secuencias obtenidas se ensamblaron y compararon con las disponibles en la base de datos del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI), con la herramienta BLAST para obtener las secuencias altamente similares. En el caso de las secuencias de *Fusarium* sp., se ensamblaron y compararon con las disponibles en la base de datos FUSARIUM-ID v.3.0 (Torres *et al.* 2022).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Síntomas de pudrición de raíz de árboles de guanábana

Los árboles observados en campo evidenciaban defoliación parcial o total, ramas con apariencia seca en la copa que aparentemente mueren de forma descendente, ocasionalmente se observaron árboles con manchas necróticas y exudados en el tallo (Figura 1).

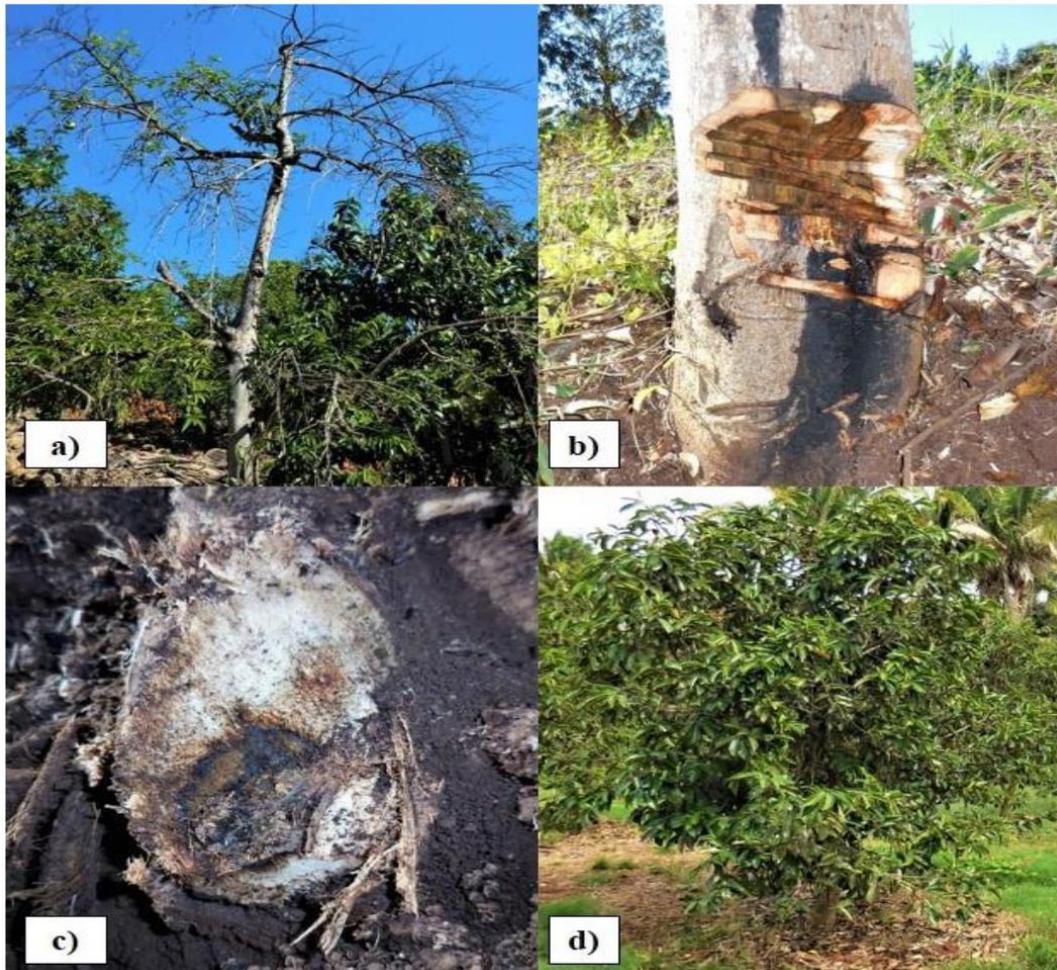


Figura 1. Síntomas de árboles de *Annona muricata* muestreados en campo con apariencia enferma. a) Árbol con muerte descendente, b) Árbol con mancha necrótica en tallo, c) Raíz con pudrición, d) Árbol con apariencia sana.

Sobre lo mismo, en el cultivo de *Annona cherimola* Mill., *Dactylonectria macrodidyma* causa una necrosis que se extiende desde la corteza, hasta la médula en las partes enfermas de las plantas, coloración negra en la madera, así como rayas negras en el tejido vascular y reducción de la biomasa de la raíz, con lesiones radiculares hundidas y necróticas (Auger et al. 2015). Por otra parte, hongos como *L. theobromae*, en cultivos como las moras (*Morus alba* L.), causan afectaciones en xilema y la corteza de las raíces, en consecuencia, las raíces se tornan oscuras y el follaje se marchita, pero queda adherido a la planta por al menos tres semanas, mientras que, el tallo y las ramas mueren después de un mes de haberse infectado (Xie et al. 2014).

Identificación de microorganismos asociados a raíces con pudrición de *Annona muricata*

De las 713 secciones de raíz de guanábana con pudrición que fueron sembradas *in vitro* en PDA, se identificó a los géneros de hongos *Fusarium* en 311 secciones de raíz, *Lasiodiplodia* con una aparición en 182 secciones, *Aspergillus* en 16 secciones de raíz, *Penicillium* y *Rhizopus* en 15 y 9 secciones, respectivamente. Cabe mencionar que *Fusarium* y *Lasiodiplodia* se encontraron asociados en la misma sección de raíz en algunas de las muestras de tejido procesadas. Al respecto, en el cultivo de guanábana, especialmente en el fruto, se asoció a los hongos *Lasiodiplodia* sp., *Cladosporium* sp., *Rhizopus* sp., *Penicillium* sp., *Aspergillus* sp. y *Fusarium* sp., posiblemente con un comportamiento de hongos saprófitos (Camero et al. 2019).

Pruebas de patogenicidad

Los hongos *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Penicillium*, no indujeron pudrición de raíz en árboles de guanábana, sin embargo, se observó el 100% de patogenicidad con *Fusarium* sp. sólo en árboles con lesión, induciendo necrosis en raíz y tallo; a partir de la zona de inoculación, la necrosis se extendió al tallo a una altura de 7 a 15 cm, y se extendió a la raíz principal de 3.5 a 6 cm a partir de la lesión. La necrosis mostró manchas café claro con ligeros tonos negros distribuidas por el córtex y cilindro vascular, lo que puede afectar la medula, el xilema y floema. Al respecto, especies como *F. oxysporum* Schl. y *F. solani* Mart., causan pudrición radical, amarillamiento de hojas, marchitez y necrosis apical (Olalde et al. 2020). Por otra parte, Herrera et al. (2017), el cultivo de *Jatropha curcas* L., identificaron a *F. solani* como causante de pudrición en raíces, marchitez y necrosis de tejido vascular, y a *F. equiseti* como agente causal de necrosis y muerte descendente de tallos.

Por otra parte, *Lasiodiplodia* sp. fue 100% patogénico en árboles de guanábana con herida, la necrosis en el tallo avanzó hasta 13.1 cm, mientras que en la raíz principal la necrosis recorrió hasta 15 cm, además de causar pudrición en algunas raíces secundarias. La pudrición implicó el daño del córtex y cilindro vascular; se manifestó una necrosis con color negro intenso, y el avance de la lesión se mostró de color café claro. Al respecto, en el cultivo de *A. cherimola* L. se identificó a *L. theobromae* como causante de la muerte regresiva, este patógeno provoca decoloración característica y lesiones necróticas a partir de las ramas apicales, los tallos exhiben oscurecimiento y vetas vasculares de la madera desde el punto de inoculación (Wang et al. 2022).

Además, al inocular a ambos aislados fúngicos (*Fusarium* y *Lasiodiplodia*) juntos en árboles de *A. muricata*, se presentó 100 % de patogenicidad con herida y el avance de la necrosis a partir de la zona infectada con dirección al tallo fue de 3 a 12.5 cm y, de 3.1 a 8.8 cm hacia la raíz principal. En una investigación realizada por Khanzada et al. (2004) en el cultivo de mango *Mangifera indica* L., al inocular en la base del tallo a *F. solani* y *L. theobromae*, se observó enfermedad en partes

aéreas y subterráneas, que al mismo tiempo expresan una muerte en declive con síntomas como sequedad de ramas, exudados gomosos en tallo, así como necrosis en tejidos vasculares, similar a lo observado en los huertos comerciales de guanábana de Nayarit.

Identificación morfológica y molecular de patógenos de raíz de guanábana

El hongo *Fusarium* sp., presentó micelio algodonoso con tonos ligeramente amarillentos, el medio de cultivo se tornó de color amarillo-salmón. El micelio fue septado, delgado, con microconidios y macroconidios ligeramente curvados, en forma de canoa (Watanabe 2002). En lo que respecta a *Lasiodiplodia* sp., presentó colonias medianamente densas, micelio aéreo joven de color blanco con cambio a gris-olivo a los siete días que con el paso del tiempo se tornan color negro intenso. Los conidióforos son hialinos, pero se tornan color café oscuro una vez maduros, los conidios son subovoides, tienen ápices redondeados que se estrechan para trincar la base, misma que es más ancha a mediados del tercio superior con paredes gruesas, los conidios inmaduros son hialinos, pero al madurar se tornan color café oscuro y cuentan con un septo (Picos et al. 2015).

En el análisis electroforético, se observaron fragmentos de 600 pb para ITS y TEF 1- α (Figura 2), por otra parte, de acuerdo con las secuencias genómicas, al compararse con aquellas disponibles en la base de datos del NCBI, los patógenos causantes de la pudrición de raíz en árboles de *A. muricata* en Nayarit fueron *Fusarium falciforme* (Hypocreales: Nectriaceae) y *Lasiodiplodia theobromae* Griffon & Maubl. con similitudes del 99.8 y 100% respectivamente. Los genes ITS y TEF1 α , permitieron obtener los amplicones esperados, fragmentos entre 500-700 pb (Valle et al. 2019). Diversos autores han reportado e identificado molecularmente diferentes especies de *Fusarium* como patógenos de raíz en manzano (*Malus domestica* Borkh.) (Ruiz et al. 2017), naranjo (*Citrus sinensis* L.) (Parra et al. 2019) y chile chilaca (*Capsicum annum* L.) (Reyes et al. 2019). Particularmente, a *F. falciforme* se le ha reportado como fitopatógeno en algunos cultivos, como el frijol silvestre (*Phaseolus vulgaris* L.) donde provoca marchitez (Díaz et al. 2021), en crisantemos (*Chrysanthemum* sp.) causa pudrición de la raíz (Thao et al. 2021) y en papaya (*Carica papaya* L.) origina pudrición de raíces y tallos (Vega et al. 2019). Por otra parte, a *L. theobromae*, se le considera un patógenos cosmopolita, cuenta con un gran número de hospederos de cultivos de importancia agrícola como el cacao (*Theobroma cacao* L.), aguacate (*Persea americana* Mill.), *M. indica*, cítricos, *C. papaya* (Moreira et al. 2021) y recientemente se le identificó como causante de muerte descendente en *A. muricata* (Betancourt et al. 2024).

Debido a los resultados obtenidos en este estudio, se puede inferir que *F. falciforme* y *L. theobromae* son los patógenos responsables de la pudrición de raíz en guanábana tanto individual como en combinación; a su vez, estos son reportados por primera vez en Nayarit y en México como patógenos de raíz de *A. muricata*.

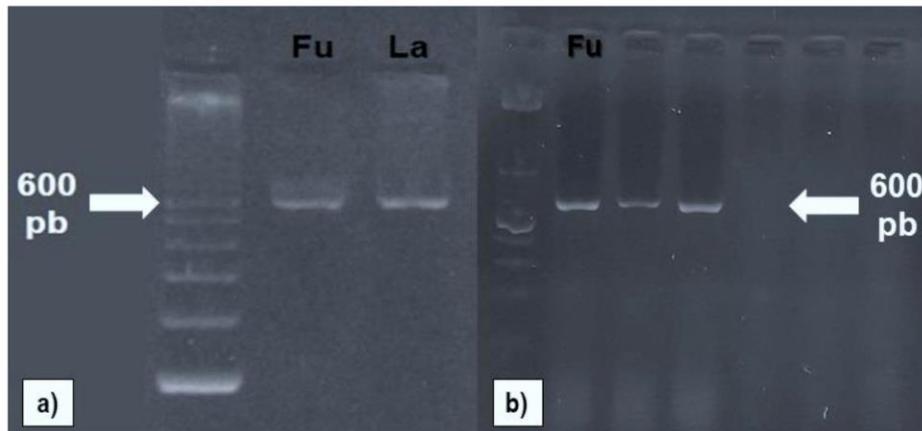


Figura 2. Análisis electroforético de ADN de *Fusarium falciforme* y *Lasiodiplodia theobromae* en agarosa al 1.5%. a) Amplificación de fragmento de 600 pb mediante PCR con iniciadores ITS4 e ITS5, b) Amplificación de fragmento de 600 pb mediante PCR con iniciadores Ef1α y EF2. Fu = *F. falciforme*. La = *L. theobromae*

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCyT) y al Proyecto apoyado por el “Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuicultura, Agrobiotecnología y Recursos Fitogenéticos” Núm. 266891.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no tienen intereses en competencia en esta sección.

LITERATURA CITADA

- Auger J, Pérez I, Esterio M (2015) Ocurrence of root tor disease of Cherimoya (*Annona cherimola* Mill.) caused by *Dactylonectria macrodidyma* in Chile. *Plant Disease* 99(9). <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-15-0257-PDN>
- Almaraz SA, Alvarado RD, Leyva MG, Equihua MA, Aranda OS, Hernández MJ (2016) *Phytophthora cinnamomi* Rands. pathogenicity tests in *Pseudotsuga menziesii*. *Revista Mexicana de Fitopatología* 34(2): 142-157.
- Ángel GC, Robledo BJ, Castaño ZJ (2018) Comparación de métodos de inoculación de *Fusarium solani* f. sp. *passiflorae* en plántulas de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*). *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica* 21(1): 23-31.
- Betancourt AA, Cambero CO, Rios VC, Cruz CE, Cambero AC, Luna EG (2019) *In vitro* evaluation of antagonistic microorganisms and fungicides against *Colletotrichum theobromicola* Delacr, causal agent of anthracnose on soursop (*Annona muricata* L.) inflorescences. *Revista Bio Ciencias* 6: 1-13.
- Betancourt AA, Luna EG, Rios VC, López GG, Cambero CO, Cruz CE (2024) Descending death in soursop (*Annona muricata* L.) caused by *Lasiodiplodia theobromae* in Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 11: 1-14.
- Bobadilla CG, Magallón SP, López VM, Palomino HY, Ramírez RJ, Gutiérrez LR, Ibarra CL, Bautista RP (2020) Characterization and proliferation capacity of potentially pathogenic fungi in marine and freshwater fish commercial feeds. *Archives of Microbiology* 202(9): 2379-2390.

- Camero AC, Luna EG, Rios VC, Díaz HM, Rodríguez PM, Betancourt AA, Camero CJ (2019) Causal agents of rot in soursop fruit (*Annona muricata* L.) in Nayarit, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 6: 1-13.
- De Oliveira J, Pereira AI, De Andrade G, Silva M, Newman E (2016) First report of *Phytophthora nicotianae* causing root rot of soursop in Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 38(3): 1-5. <https://doi.org/10.1590/0100-29452016048>
- Díaz NJ, Ayvar SS, Mena BA, Baranda CE, Vargas HM, Alvarado GO, Fuente AD (2021) First report of *Fusarium falciforme* (FSSC 3+4) causing wilt disease of *Phaseolus vulgaris* in México. *Plant Disease* 105(3): 710. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1160-PDN>
- Henaó HE, Hernández MC, Salazar GC, Velasco BM, Gómez LE (2018) Identificación molecular de aislamientos de *Fusarium* asociados a maracuyá en el Valle del Cauca, Colombia. *Agronomía Mesoamericana* 29(1): 1-9.
- Herrera PE, Cristóbal AJ, Martínez BM, Hernández AM, López GG (2017) Primer registro de *Fusarium solani* y *F. equiseti* en plantaciones de *Jatropha curcas* en México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 35(1): 150-161.
- Huaman CN, Valeriano ZJ, Granados CE (2015) Aislamiento e identificación de *Phytophthora cinnamomi* Rands en el cultivo de palto variedades Hass y Fuerte. *CienciaAgro* 1: 57-63.
- Khanzada MA, Mubeen LA, Shahzad S (2004) Pathogenicity of *Lasiodiplodia theobromae* and *Fusarium solani* on mango. *Pakistan Journal of Botany* 36(1): 181-189.
- Moreira MA, Cedeño MÁ, Canchignia MF, Garcés FF (2021) *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maubl [(syn.) *Botryodiplodia theobromae* Pat] in the cocoa crop: symptoms, biological cycle, and strategies management. *Scientia Agropecuaria* 12(4): 653-662. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.068>
- NCBI (2020). National Center for Biotechnology Information. Gen Bank <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/>. Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022.
- Olalde LG, Raya MY, Apáez BP, Vargas SM, Pedraza SM, Raymundo T, Valenzuela R, Lara CM (2020) Characterization of *Fusarium* spp., a phytopathogen of avocado (*Persea americana* Miller var. *drymifolia* (Schltdl. and Cham.) in Michoacan, Mexico. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCUYO* 52(2): 301-316.
- Parra CF, García PJ, Aviña MJ, De los Santos VS (2019) First report of *Fusarium* wilt on *Citrus sinensis* var. Valencia in the Yaqui Valley, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología* 37(1): 193-201.
- Picos MP, García ER, León FJ, Sañudo B, Allende M (2015) *Lasiodiplodia theobromae* en cultivos agrícolas de México: Taxonomía, hospedantes, diversidad y control. *Revista Mexicana de Fitopatología* 33(1): 54-74.
- Reyes TA, Rodríguez AG, Santillán MR, Díaz CM, Fernández PS (2019) Marchitez causada por *Fusarium solani* en chile chilaca (*Capsicum annum*) en Michoacán. *Revista Mexicana de Fitopatología* 37(No. Esp. 1): 43-47.
- Rosado FM, González PJ, Mireles MM, Torres OJ, Rosas GN, Villegas MJ (2020) Identificación de microorganismos aislados de suelos agrícolas con capacidad de tolerar 2.4-D y malatión. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* 23: 1-9.
- Ruiz CM, Rios VV, Berlanga RD, Ornelasn PJ, Acosta MH, Romo CA, Zamudio F, Pérez CD (2017) Incidence and causal agents of root diseases and its antagonists in apple orchards of Chihuahua, Mexico. *Mexican Journal of Phytopathology* 35(3): 437-462.
- Salazar GC, Serna CL, Gómez LE (2016). Caracterización molecular de *Fusarium* asociado a pudrición basal del fruto de pitahaya (*Selenicereus megalanthus*). *Agronomía Mesoamericana* 27(2): 277-285.
- SIAP (2022) Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. Fecha de consulta: 15 de abril de 2024.
- Thao LD, Anh PT, Trang TT, Khanh TN, Hien LT, Binh VT, Thanh HM, Thanh DT (2021) *Fusarium falciforme*, a pathogen causing wilt disease of chrysanthemum in Vietnam. *New Disease Reports* 43(2): 1-2.
- Torres CT, Whitaker B, Proctor R, Broders K, Laraba I, Kim H, Brown D, O'Donnell K, Estrada RT, Yong L, Cheong K, Wallace E, Mcgee C, Kang S, Gelsner D (2022) FUSARIUM-ID v.3.0: An updated, downloadable <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-2105-SR> e resource for *Fusarium* species identification. *Plant Disease* 106(6): 1611-1615.
- Valle M, Guillén SD, Gijón HA, Alia TI, López MV, Juárez P, Martínez E, Hernández AM, Ariza FR (2019) Species of *Lasiodiplodia* in lima persa (*Citrus latifolia* Tanaka) in Morelos, Mexico. *Revista Biociencias* 6: 1-17. <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e595>
- Valle S, Carreara K, Alemán R, Caicedo W (2021) Characterization of native isolates of *Metarhizium* spp. For the control of *Mahanarva andigena* in the sugarcane cultivar POJ3 in the Ecuadorian Amazon. *IDESIA (Chile)* 39(1): 69-75. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292021000100069>

- Vega GT, Tirado RM, López UG, Angulo CA, Martínez GJ, López OC (2019) *Fusarium falciforme* (FSSC 3 + 4) causing root and stem rot in papaya (*Carica papaya*) in Mexico. Plant Disease 103(10): 1-2. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-0917-PDN>
- Wang C, Wang M, Xu L, Yang Y (2022) First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing dieback in custard apple (*Annona squamosa*) tree in China. Plant Disease 106 (1): 327-327. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-21-1034-PDN>
- Watanabe T (2002) Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species. Second edition. Washington D.C. USA. CRC PRES, New York. 504p.
- Xie HH, Wei JG, Liu F, Pan XH, Yang XB (2014) First report of mulberry root rot caused by *Lasiodiplodia theobromae* in China. Plant Disease 98(11): 1581-1581. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-14-0261-PDN>