

Artículo de revisión

Hongos causantes de enfermedades en cultivos de importancia económica en Sinaloa: Una lista actualizada

Juan M. Tovar-Pedraza¹, Elizabeth García-León²✦

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, Coordinación Regional Culiacán, Laboratorio de Fitopatología, Culiacán, 80110, Sinaloa, México

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Fuerte, Laboratorio de Fitopatología, Juan José Ríos, 81386, Sinaloa, México

✦ Correspondencia: garcia.elizabeth@inifap.gob.mx

Área Temática:

Ciencias de las plantas

Recibido: 18 diciembre, 2024

Aceptado: 21 enero, 2025

Publicado: 27 enero, 2025

Cita: Tovar-Pedraza JM y García-León E. 2025. Hongos causantes de enfermedades en cultivos de importancia económica en Sinaloa: Una lista actualizada. *Bioc Scientia* 1(1). <https://doi.org/10.63622/RBS.2505>



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

Resumen: Sinaloa es uno de los estados más importantes en la producción agrícola de México, reconocido por la diversidad, calidad y volumen de sus cultivos. Su clima favorable, suelos fértiles y el uso de tecnologías avanzadas en la agricultura han permitido que se posicione como un líder nacional en la producción de alimentos. Sin embargo, la productividad y sustentabilidad de sus sistemas agrícolas enfrentan un desafío constante: la incidencia de enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, los cuales generan importantes pérdidas económicas y afectan la calidad de los productos agrícolas. Este artículo de revisión ofrece una lista actualizada de los principales hongos causantes de enfermedades en cultivos de alto valor económico en el estado de Sinaloa. La identificación de estos patógenos se ha realizado a través de estudios que combinan métodos tradicionales basados en caracteres morfológicos, así como técnicas moleculares, como el análisis de secuencias de ADN. Este enfoque integrado ha permitido una caracterización más precisa de las especies presentes en el estado. Entre los hongos fitopatógenos de mayor relevancia en los cultivos de Sinaloa se encuentran *Fusarium* spp. y *Neocosmospora* spp., asociados principalmente con necrosis vascular y pudrición de raíces; *Lasiodiplodia* spp., que causa muerte descendente de ramas en árboles frutales; *Alternaria* spp., conocidas por provocar manchas foliares y pudrición de frutos en diversos cultivos hortícolas; y *Colletotrichum* spp., como agentes causales de antracnosis en frutas y manchas foliares en diversos cultivos. Otros patógenos significativos incluyen a *Macrophomina phaseolina*, responsable de la pudrición carbonosa; *Agroathelia rolfsii* y *Sclerotinia sclerotiorum*, que afectan los tallos y bases de las plantas; y *Rhizoctonia solani*, un hongo que provoca enfermedades en raíces, tallos y hojas. Además, se destacan las royas, causadas por miembros de la familia Pucciniaceae, y las cenicillas, producidas por hongos de la familia Erysiphaceae, que afectan cereales, cucurbitáceas, solanáceas, leguminosas y frutales.

Palabras clave: enfermedades, hongos, fitopatógenos, filogenia, morfología.

Abstract: Sinaloa is one of Mexico's most important agricultural states, renowned for the diversity, quality, and volume of its crops. Its favorable climate, fertile soils, and the application of advanced agricultural technologies have positioned it as a national leader in food production. However, the productivity and sustainability of its agricultural systems face a constant challenge: the incidence of diseases caused by plant pathogenic fungi, which result in significant economic losses and negatively impact the quality of agricultural products. This review article provides an updated checklist of the major fungal pathogens causing diseases in economically important crops in the state of Sinaloa. Identifying these pathogens has been achieved through studies combining traditional methods based on morphological characteristics with molecular techniques, such as DNA sequence analysis. This integrated approach has enabled a more precise characterization of the fungal species present in the region. Among the most relevant plant pathogenic fungi affecting Sinaloa's crops are *Fusarium* spp. and *Neocosmospora* spp., primarily associated with vascular necrosis and root rot; *Lasiodiplodia* spp., which causes branch dieback in fruit trees; *Alternaria* spp., known for inducing leaf spots and fruit rot in various horticultural crops; and *Colletotrichum* spp., which acts as causal agents of anthracnose in fruits and leaf spots in multiple crops. Other significant pathogens include *Macrophomina phaseolina*, responsible for charcoal rot; *Agroathelia rolfsii* and *Sclerotinia sclerotiorum*, which affect plant stems and basal structures; and *Rhizoctonia solani*, a polyphagous fungus causing diseases in roots, stems, and leaves. Additionally, rusts caused by members of the Pucciniaceae family and powdery mildews produced by fungi of the Erysiphaceae family are highlighted, impacting cereals, cucurbits, solanaceous, legumes, and fruits.

Keywords: diseases, fungi, plant pathogens, phylogeny, morphology.

INTRODUCCIÓN

Sinaloa es uno de los estados más relevantes en la producción agrícola de México, conocido por la diversidad, calidad y volumen de sus cultivos. Este estado se ha consolidado como un modelo de alta productividad bajo regímenes tanto de riego como de temporal, gracias a su infraestructura, innovación tecnológica y prácticas agrícolas avanzadas (Mancera-González, 2023). En el ámbito nacional, Sinaloa ocupa el primer lugar en la producción de cultivos estratégicos como maíz (6,590,097 t), garbanzo (88,155 t), chile verde (751,839 t) y pepino (226,452 t), además del segundo lugar en frijol (92,747 t) (SIAP, 2023).

A pesar de este panorama favorable, las enfermedades de origen fúngico representan uno de los principales desafíos para la sostenibilidad y productividad agrícola en el estado (Figuras 1-3). Estos patógenos afectan una amplia variedad de cultivos y se presentan invariablemente en cada ciclo agrícola (Figuras 1-3). Su incidencia y severidad están estrechamente relacionadas con factores ambientales como la temperatura, la humedad y la radiación, lo que genera pérdidas significativas en la producción (Félix-Gastélum et al., 2017).

La recurrencia de estas enfermedades en los cultivos de Sinaloa está influenciada por factores como el monocultivo, el uso excesivo de agroquímicos, y la variabilidad climática, que ha favorecido el aumento de su frecuencia y severidad. Esta situación subraya la importancia de desarrollar estrategias de manejo integrado de enfermedades, combinando enfoques como la utilización de variedades resistentes, prácticas culturales sostenibles, métodos de control biológico y aplicaciones químicas estratégicas (Peinado-Fuentes et al., 2017). La implementación de estas estrategias no solo contribuirá a mitigar las pérdidas económicas, sino también a promover sistemas agrícolas más resilientes y sustentables en el estado.

Es importante destacar que existen pocos caracteres morfológicos capaces de discriminar entre especies dentro de ciertos géneros de hongos, lo que dificulta su identificación. Además, algunos caracteres morfológicos de los patógenos varían según el hospedante, las condiciones ambientales y condiciones de cultivo, lo que complica aún más una identificación precisa. Esto sugiere que las secuencias de ADN constituyen una herramienta adecuada y eficaz para diferenciar especies y poblaciones de hongos, independientemente de su plasticidad morfológica, su capacidad para ser cultivados o sus interacciones patógeno-hospedante. Sin embargo, esto no significa que los marcadores moleculares sustituyan los métodos de diagnóstico clásicos, ya que los datos genotípicos sin un contexto biológico tienen un valor limitado. Por lo tanto, ambos enfoques deben considerarse como herramientas complementarias para el diagnóstico y los estudios evolutivos de hongos fitopatógenos (Tovar-Pedraza et al., 2024).



Figura 1. Campos agrícolas en Sinaloa afectados por enfermedades causadas por complejos de hongos fitopatógenos. A) Lote con plantas de ajojolote afectadas por *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium* spp. B) Lote con plantas de frijol muertas por *Fusarium* spp., *Macrophomina phaseolina* y *Rhizoctonia solani*. C-D) Lotes con cultivo de garbanzo afectadas severamente por *Fusarium* spp., *Neocosmospora falciformis* y *Macrophomina phaseolina*. E-F) Campos con plantas de arándano con síntomas de muerte descendente y tizón de tallos causados por especies de hongos del orden Botryosphaeriales

En el caso de estudios moleculares, el análisis de la región de los espaciadores internos transcritos (ITS, por sus siglas en inglés) del ADN ribosomal se ha utilizado ampliamente para distinguir y separar especies de hongos. No obstante, se ha observado que la región ITS no siempre proporciona una resolución adecuada a nivel especie, aunque casi siempre ofrece suficiente precisión para respaldar la asig-

nación de especies dentro de un complejo de especies. Por ello, actualmente se emplean múltiples genes, que suelen incluir una combinación de genes mitocondriales, nucleares, ribosomales y codificadores de proteínas. Estos se analizan mediante distintos enfoques o criterios, como Máxima Parsimonia, Máxima Verosimilitud y/o Inferencia Bayesiana, con el propósito de determinar las relaciones filogenéticas de algunos de los principales géneros de hongos fitopatógenos (Tovar-Pedraza et al., 2024).



Figura 2. Síntomas ocasionados por los principales hongos fitopatógenos con origen en el suelo presentes en campos agrícolas de Sinaloa, México. A) Pudrición de raíz en plantas de frijol causada por *Fusarium nygamai*. B) Pudrición carbonosa de frijol inducida por *Macrophomina phaseolina*. C) Moho blanco en frijol ocasionada por *Sclerotinia sclerotiorum*. D) Pudrición de tallo en guayaba ocasionada por *Agroathelia rolfsii*. E) Pudrición de tallo y raíz de tomate causada por *Agroathelia rolfsii*. F) Pudrición carbonosa del tallo de ajonjolí inducida por *Macrophomina phaseolina*. G) Pudrición carbonosa de raíz y tallo de cártamo causada por *Macrophomina phaseolina*. H) Pudrición basal del tomate ocasionada por *Neocosmospora solani*.

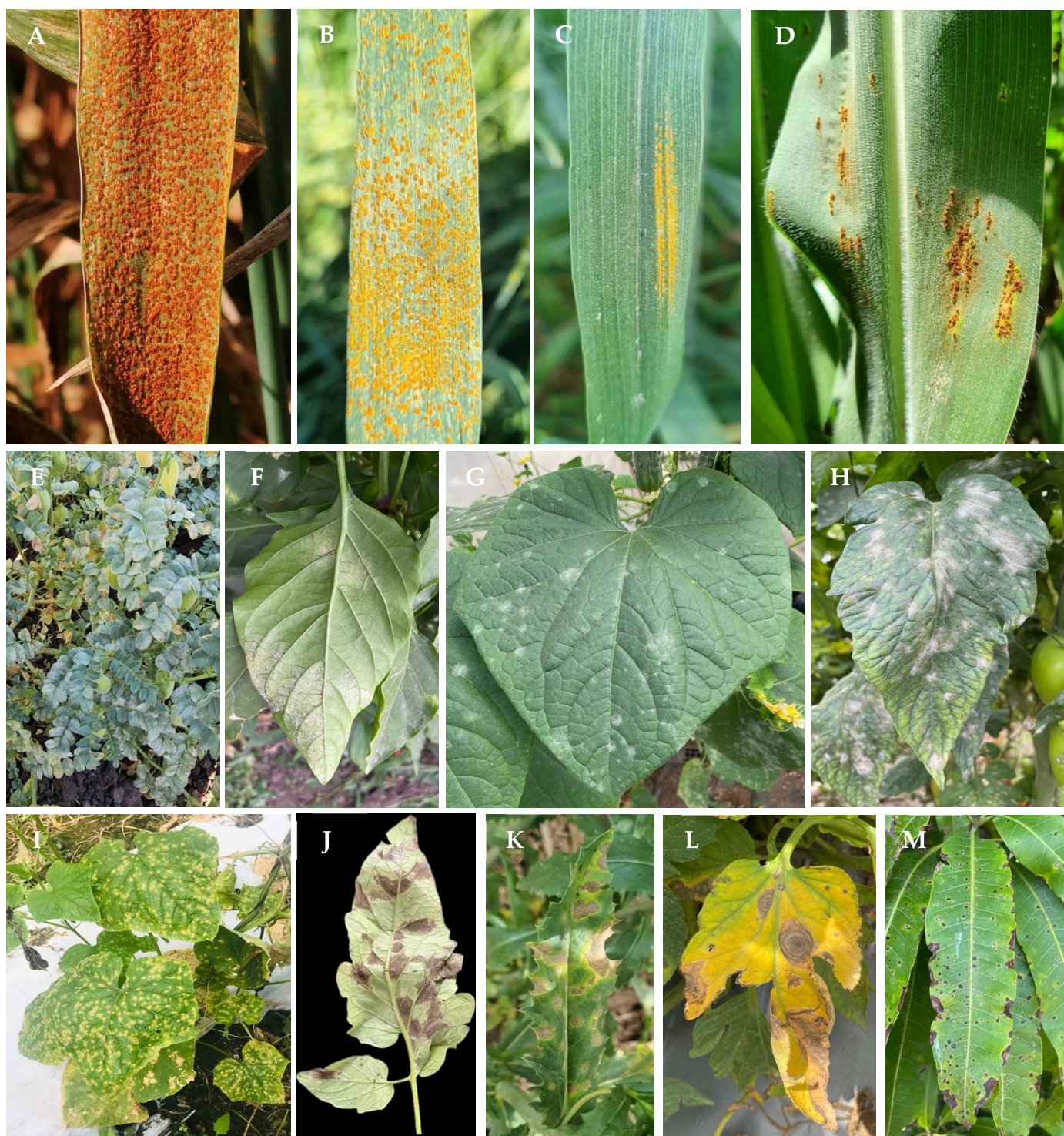


Figura 3. Hongos fitopatógenos causantes de enfermedades foliares en cultivos en Sinaloa. A–B) Roya en hoja de trigo causada por *Puccinia triticina*. C) Roya lineal amarilla en trigo provocado por *Puccinia striiformis* f.sp. *tritici*. D) Roya común en maíz causada por *P. sorghi*. E) Cenicilla del garbanzo causada por *Leveillula* sp. F) Cenicilla en chile causada por *Leveillula taurica*. G) Cenicilla en pepino causada por *Podosphaera xanthii*. H) Cenicilla en tomate provocada por *Erysiphe neolycopersici*. I) Mancha foliar en pepino inducida por *Corynespora cassicola*. J) Cenicilla en tomate causada por *Fulvia fulva*. K) Falsa cenicilla en cártamo inducida por *Ramularia carthami*. L) Tizón temprano en tomate causado por *Alternaria alternata*. M) Antracnosis en hojas de mango causadas por *Colletotrichum asianum*.

La distribución y prevalencia de hongos fitopatógenos, como *Fusarium* spp., *Neocosmospora* spp., *Lasiodiplodia* spp., *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Agroathelia rolfii*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Rhizoctonia*

solani, así como royas, cenicillas y carbones, no solo impactan la calidad y el rendimiento de los cultivos, sino que también representan un reto crítico para mantener la estabilidad económica de los productores locales. Este artículo revisa los principales hongos fitopatógenos que afectan cultivos de importancia económica en Sinaloa, incluyendo el maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), tomatillo (*Physalis ixocarpa*), tomate (*Solanum lycopersicum*), garbanzo (*Cicer arietinum*), trigo (*Triticum* spp.), chile (*Capsicum annuum*), papa (*Solanum tuberosum*), ajonjolí (*Seamum indicum*), cártamo (*Carthamus tinctorius*), berenjena (*Solanum melongena*), guar (*Cyamopsis tetragonoloba*), sorgo (*Sorghum bicolor*), cacahuete (*Arachis hypogaea*), cebolla (*Allium cepa*), espárrago (*Asparagus officinalis*), pepino (*Cucumis sativus*), melón (*Cucumis melo*), sandía (*Citrullus lanatus*), soya (*Glycine max*), mango (*Mangifera indica*), fresa (*Fragaria x ananassa*), papaya (*Carica papaya*), cítricos (*Citrus* spp.), guanábana (*Annona muricata*), pitahaya (*Hylocereus* spp.), arándano (*Vaccinium corymbosum*), guayaba (*Psidium guajava*), y rosál (*Rosa* spp.). Las características biológicas, síntomas asociados y hospedantes de los principales hongos fitopatógenos presentes en los campos agrícolas de Sinaloa, se describen a continuación:

Fusarium spp.

Las especies de *Fusarium* son un grupo vasto y diverso de hongos filamentosos ascomicetos (orden Hypocreales, familia Nectriaceae) que han recibido considerable atención, principalmente como patógenos de plantas y saprófitos del suelo. Este grupo de hongos es altamente adaptable, lo que les permite prosperar en una amplia gama de nichos y ambientes. Los aislados fitopatógenos de *Fusarium* suelen estar presentes en suelos húmedos, ya sea como hifas asociadas a restos de plantas en descomposición, fragmentos de hifas o como esporas de resistencia (clamidosporas). Muchas especies producen esporas dispersadas por aire (macro- y microconidios) y/o agua, facilitando tanto los ciclos de infección en los hospedantes como su transferencia a nichos no patogénicos adicionales (Armer et al., 2024).

Las estrategias de infección empleadas por *Fusarium* generan una amplia gama de amenazas a los hospedantes, presentándose a manera de síntomas como marchitez, pudriciones en la base del tallo, raíces y/o frutos, tizones florales, y pudriciones de mazorca (Armer et al., 2024). Además, tienen la capacidad para permanecer en estado latente en el suelo durante décadas como esporas sexuales (ascosporas), clamidosporas o la presencia de hifas en restos de cultivos enterrados que se descomponen lentamente, dificultando su eliminación mediante prácticas como la rotación de cultivos. Estas esporas pueden permanecer inactivas por largos periodos, incluso décadas, y muchas especies son capaces de mantenerse asintomáticas en plantas no hospedantes hasta que un hospedante adecuado esté disponible para su reproducción (Armer et al., 2024).

En el caso de Sinaloa, se han reportado diversas especies de *Fusarium* con base en la combinación de estudios morfológicos y filogenéticos (Cuadro 1). Sin embargo, aún existe una gran diversidad de especies de *Fusarium* causantes de enfermedades en hospedantes que no se han estudiado.

Cuadro 1. Lista de hongos fitopatógenos identificados mediante análisis morfo-moleculares y reportados en cultivos producidos en Sinaloa, México.

Especie	Hospedante	Síntoma	Referencia
<i>Agroathelia</i>			
<i>Ag. rolfsii</i>	Frijol	Pudrición blanca de raíz, tallo, hojas y vainas	Cota-Rodríguez, 2020
<i>Ag. rolfsii</i>	Guar	Pudrición blanca de tallos y órganos re-productivos	García-León et al., 2022
<i>Ag. rolfsii</i>	Frijol	Pudrición de raíz y tallo	Rodríguez-Cota et al., 2022
<i>Ag. rolfsii</i>	Papa	Amarillamiento, marchitez	Irazoqui-Acosta et al., 2021
<i>Alternaria</i>			
<i>Al. alternata</i>	Tomate	Pudrición blanda, lesiones hundidas en frutos	Félix-Gastélum y Gálvez-Figueroa, 2002
<i>Al. alternata</i>	Jatropha	Tizón de inflorescencias	Espinoza-Verduzco et al., 2012
<i>Al. alternata</i>	Guar	Mancha foliar	García-León et al., 2024
<i>Al. spp.</i>	Ajonjolí	Mancha foliar	García-Espinoza, 2022
<i>Al. spp.</i>	Chile	Pudrición de fruto	Guerrero-Santana y Vega-Camargo, 2024
<i>Ceratobasidium</i>			
<i>Ce. sp. AG-A y G</i>	Frijol	Pudrición de raíz y cancro del tallo	Rábago-Zavala et al., 2023
<i>Ce. sp. AG-A</i>	Papa	Cancro del tallo	López-Corrales et al., 2024
<i>Ce. sp. AG-F</i>	Espárrago	Pudrición de raíz	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>Choanephora</i>			
<i>Ch. cucurbitarum</i>	Calabaza	Tizón de flores y pudrición de frutos	García-Estrada et al., 2023
<i>Clonostachys</i>			
<i>Cl. chloroleuca</i>	Garbanzo	Pudrición de raíz y marchitez	Cota-Barreras et al., 2022
<i>Colletotrichum</i>			
<i>Co. asianum</i>	Mango	Antracnosis de frutos y hojas	Tovar-Pedraza et al., 2020
<i>Co. coccodes</i>	Papa	Paño o punteado	Pérez-Mora et al., 2020
<i>Co. gloeosporioides</i>		Antracnosis de flores y frutos	Pérez-Mora et al., 2021
<i>Co. siamense</i>	Mango	Antracnosis de frutos y hojas	Tovar-Pedraza et al., 2020
<i>Co. siamense</i>		Antracnosis de flores y frutos	Pérez-Mora et al., 2021
<i>Co. siamense</i>	Guayaba	Antracnosis en fruto	Rodríguez-Palafox et al., 2021
<i>Co. siamense</i>	Guanábana	Mancha foliar	Beltrán-Peña et al., 2023
<i>Co. tropicale</i>	Mango	Antracnosis de frutos y hojas	Tovar-Pedraza et al., 2020
<i>Co. tropicale</i>	Pitahaya	Antracnosis en fruto	Núñez-García et al., 2023
<i>Co. truncatum</i>	Guar	Antracnosis en hojas y vainas	García-León et al., 2022
<i>Co. truncatum</i>	Ajonjolí	Mancha foliar	Solano-Báez et al., 2023
<i>Co. truncatum</i>	Espárrago	Pudrición de corona	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>Curvularia</i>			
<i>Cu. muehlenbeckiae</i>	Guar	Mancha foliar	Tovar-Pedraza et al., 2023
<i>Cu. pisi</i>	Guar	Mancha foliar	Tovar-Pedraza et al., 2023
<i>Cu. ahvazensis</i> , <i>Cu. muehlenbeckiae</i> , <i>Cu. spicifera</i> y <i>Cu. sp.</i>	Soya	Mancha foliar	González-Molotla et al., 2021
<i>Erysiphe</i>			
<i>Er. diffusa</i>	Frijol	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2017
<i>Er. quercicola</i>	Mango	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2013
<i>Exserohilum</i>			
<i>Ex. turcicum</i>	Maíz	Tizón foliar	Felix-Gastélum et al., 2018; Muñoz-Zavala et al., 2023
<i>Fusarium</i>			

<i>F. annulatum</i>	Esparrago	Pudrición de raíz y corona	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>F. brachygibbosum</i>	Cebolla	Pudrición basal	Tirado-Ramírez et al., 2023
<i>F. incarnatum</i>	Pepino	Pudrición de fruto	García-Estrada et al., 2021
<i>F. incarnatum</i>	Frijol	Pudrición de raíz y marchitez	Patiño-Espejel, 2021
<i>F. keratoplasticum</i>	Fresa	Pudrición de raíz	Vega-Gutiérrez et al., 2023
<i>F. languescens</i>	Garbanzo	Pudrición de raíz y marchitez	Cota-Barreras et al., 2024
<i>F. languescens</i>	Ajonjolí	Pudrición de raíz	Aguilar-Pérez, 2022
<i>F. nanum</i>	Ajonjolí	Pudrición de raíz	Aguilar-Pérez, 2022
<i>F. nanum</i>	Esparrago	Pudrición de raíz y corona	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>F. neocosmosporie- llum</i>	Mango	Malformación floral	Molina-Cárdenas et al., 2021
<i>F. nirenbergiae</i>	Garbanzo	Pudrición de raíz y marchitez	Cota-Barreras et al., 2024
<i>F. nygamai</i>	Tomatillo	Amarillamiento y marchitez	Ayala-Armenta et al., 2020
<i>F. nygamai</i>	Frijol	Pudrición de raíz y marchitez	Patiño-Espejel, 2021
<i>F. nygamai</i>	Frijol	Pudrición de raíz y marchitez	Vega-Gutiérrez et al., 2022
<i>F. nygamai</i>	Esparrago	Pudrición de raíz y corona	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>F. oxysporum</i>	Tomatillo	Amarillamiento y marchitez	Ayala-Armenta et al., 2020
<i>F. oxysporum</i>	Frijol	Pudrición de raíz y marchitez	Patiño-Espejel, 2021
<i>F. oxysporum</i>	Chile	Necrosis vascular y marchitez	Velarde-Félix et al., 2018
<i>F. pernambucanum</i>	Esparrago	Pudrición de raíz y corona	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>F. proliferatum</i>	Mango	Malformación floral	Molina-Cárdenas et al., 2023
<i>F. sulawense</i>	Esparrago	Pudrición de raíz y corona	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>F. thapsinum</i>	Sorgo	Tizón	Félix-Gastélum et al., 2022
<i>F. verticillioides</i>	Frijol	Pudrición de raíz y marchitez	Patiño-Espejel, 2021
<i>F. verticillioides</i>	Pepino	Pudrición de fruto	Cruz-Lachica et al., 2022
<i>F. verticillioides</i>	Sorgo	Tizón	Félix-Gastélum et al., 2022
<i>F. verticillioides</i>	Cártamo	Pudrición de raíz	Tirado-Ramírez et al., 2023
<i>F. verticillioides</i>	Papaya	Pudrición de tallo y raíz	Vega-Gutiérrez et al., 2023
<i>F. verticillioides</i>	Garbanzo	Pudrición de raíz y marchitez	Cota-Barreras et al., 2024
<i>Gilbertella</i>			
<i>G. persicaria</i>	Pitahaya	Pudrición de flores y frutos	Carrillo-Fasio et al., 2022
<i>Lasiodopladia</i>			
<i>L. brasiliense</i>	Limón Persa	Muerte descendente y canchros	Núñez-García et al., 2024
<i>L. iraniensis</i>	Limón Persa	Muerte descendente y canchros	Núñez-García et al., 2024
<i>L. pseudotheobromae</i>	Limón Persa	Muerte descendente y canchros	Núñez-García et al., 2024
<i>L. subglobosa</i>	Limón Persa	Muerte descendente y canchros	Núñez-García et al., 2024
<i>Leveillula</i>			
<i>L. taurica</i>	Pepino	Cenicilla	Beltrán-Peña et al., 2018
<i>Macrophomina</i>			
<i>M. phaseolina</i>	Frijol	Pudrición carbonosa de raíz y tallo	Rodríguez-Palafox, 2020
<i>M. phaseolina</i>	Tomatillo	Pudrición carbonosa de raíz y tallo	Ayala-Armenta et al., 2020
<i>M. phaseolina</i>	Garbanzo	Pudrición carbonosa de raíz y tallo	Cota-Barreras et al., 2022
<i>M. phaseolina</i>	Ajonjolí	Pudrición carbonosa de raíz y tallo	Cota-Barreras et al., 2022
<i>M. phaseolina</i>	Esparrago	Pudrición carbonosa de raíz	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>Neocosmospora</i>			
<i>N. falciformis</i>	Cebolla	Pudrición basal	Tirado-Ramírez et al., 2018
<i>N. falciformis</i>	Tomate	Pudrición de pie y marchitez	Vega-Gutiérrez et al., 2019
<i>N. falciformis</i>	Papaya	Pudrición de raíz y tallo	Vega-Gutiérrez et al., 2019
<i>N. falciformis</i>	Maíz	Pudrición de mazorca	Douriet-Angulo et al., 2019
<i>N. falciformis</i>	Frijol	Pudrición de raíz	Patiño-Espejel, 2021
<i>N. falciformis</i>	Garbanzo	Pudrición de raíz	Velarde-Félix et al., 2022
<i>N. falciformis</i>	Garbanzo	Pudrición de raíz y marchitez	Cota-Barreras et al., 2022

<i>N. falciformis</i>	Esparrago	Pudrición de raíz y corona	Sánchez-Gutiérrez, 2024
<i>N. falciformis</i>	Fresa	Pudrición de raíz y marchitez	Payán-Arzapalo et al., 2024
<i>N. solani</i>	Tomate	Pudrición basal y cancro del tallo	López-López et al., 2021
<i>Paramyrothecium</i>			
<i>Pa. foliicola</i>	Sandia	Cancro del tallo y mancha foliar	Cruz-Lachica et al., 2021
<i>Podosphaera</i>			
<i>Po. pannosa</i>	Rosal	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2014
<i>Po. xanthii</i>	Melón	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2005
<i>Po. xanthii</i>	Sandia	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2005
<i>Po. xanthii</i>	Pepino	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2005
<i>Po. xanthii</i>	Calabaza	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2005
<i>Po. xanthii</i>	Tomatillo	Cenicilla	Félix-Gastélum et al., 2017
<i>Puccinia</i>			
<i>Pu. carthami</i>	Cártamo	Roya	Borbón-Gracia y Cortez-Mondaca, 2015
<i>Pu. sorghi</i>	Maíz	Roya	Orduño-Cota et al., 2008
<i>Pu. striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i>	Trigo	Roya	León-Gallegos y Cummins 1981; Llaven-Valencia et al., 2021; Calderón-García, 2021
<i>Pu. triticina</i>	Trigo	Roya	León-Gallegos y Cummins 1981; Rodríguez-García et al., 2020; Llaven-Valencia et al., 2021
<i>Ramularia</i>			
<i>Ra. carthami</i>	Cártamo	Falsa cenicilla	Borbón-Gracia y Cortez-Mondaca, 2015
<i>Rhizoctonia</i>			
<i>R. solani</i> AG-7	Papa	Cancro del tallo	López-Corrales et al., 2023
<i>R. solani</i> AG3 y AG4	Papa	Costra negra y cancro del tallo	López-Corrales et al., 2024
<i>R. solani</i>	Garbanzo	Pudrición de raíz	Eliassaint et al., 2024
<i>R. solani</i> AG-4	Tomatillo	Pudrición de raíz	Ayala-Armenta et al., 2020
<i>Sclerotinia</i>			
<i>S. sclerotiorum</i>	Tomatillo	Pudrición de raíz y tallo (moho blanco)	Apodaca-Sánchez et al., 2008
<i>S. sclerotiorum</i>	Frijol	Lesiones acuosas en tallos, hojas y vainas (moho blanco)	Rodríguez-Cota et al., 2022
<i>S. sclerotiorum</i>	Ajonjolí	Pudrición de tallos y órganos reproductivos (moho blanco)	Aguilar-Pérez, 2023
<i>S. sclerotiorum</i>	Berenjena	Pudrición y marchitez	Félix-Gastélum et al., 2024
<i>S. sclerotiorum</i>	Papa	Lesiones acuosas en tallos y hojas y tubérculos (moho blanco)	Félix-Gastélum et al., 2024
<i>Setophoma</i>			
<i>Se. terrestris</i>	Tomate	Pudrición rosada y corchosa de las raíces	López-López et al. 2020; 2024
<i>Uromyces</i>			
<i>U. appendiculatus</i>	Frijol	Amarillamiento, pústulas	León-Gallegos y Cummins 1981; Salinas-Pérez et al., 2011

Neocosmospora spp.

El género *Neocosmospora* (complejo de especies de *Fusarium solani*) incluye saprófitos, endófitos de plantas y patógenos de gran importancia económica, así como patógenos oportunistas de animales. Los avances en el reconocimiento biológico y filogenético de especies han revelado una rica diversidad específica que,

en gran medida, ha permanecido poco estudiada. Estos hongos están ampliamente distribuidos, y se encuentran comúnmente en el suelo, como patógenos oportunistas de plantas, restos vegetales, material vegetal vivo, aire y agua. Las especies incluidas han sido registradas en casi 500 hospedantes vegetales diferentes, abarcando más de 100 familias (Sandoval-Denis et al., 2019).

Estas especies han ganado relevancia debido a su impacto en cultivos de alto valor económico. Se caracterizan por producir microconidios, macroconidios y clamidosporas, similares a los de *Fusarium*, pero con diferencias taxonómicas y moleculares significativas. *Fusarium* y *Neocosmospora* se distinguen claramente tanto en sus formas sexuales como asexuales. *Neocosmospora* se caracteriza por formar peritecios de color naranja a marrón rojizo, de paredes lisas a rugosas, produciendo ascosporas globosas a elipsoidales, de 0 a 1 septo, con ornamentación distintiva (estriadas, cerebriformes a espinulosas), de color amarillo a marrón dorado. En contraste, las formas asexuales producen monofiálides aéreas distintivas, muy largas y estrechas. Por otro lado, las especies de *Fusarium* presentan peritecios de color azul oscuro a púrpura o negro, con reflejos brillantes y superficie rugosa; sus ascosporas son elipsoidales a fusiformes, rectas o curvadas, con (0–)1–3 septos y paredes lisas, de color marrón pálido. Las formas asexuales producen fiálides relativamente cortas, mono- o polifiálides, y pueden contener células conidiógenas holoblásticas que producen conidios solitarios (Sandoval-Denis et al., 2019).

En Sinaloa se han reportado especies de *Neocosmospora* en diversos cultivos (Cuadro 1), pero de la misma manera que *Fusarium* spp., existen cultivos agrícolas en los que no se ha explorado e investigado la diversidad de especies de este hongo fitopatógeno.

Macrophomina

Es hongo necrotrófico que causa la enfermedad denominada “pudrición carbonosa” en más de 700 especies de plantas, incluyendo hospedantes de importancia económica como soya, frijol, papa, maíz, sorgo, cacahuete, chile, garbanzo, algodón y canola. Además, puede invadir tejidos inmaduros, dañados o senescentes, con más frecuencia en condiciones cálidas y secas (Singleton et al., 1992; Babu et al., 2013).

Este patógeno tiene distribución mundial y su incidencia y prevalencia es mayor en regiones tropicales y subtropicales con climas áridos y semiáridos (Kaur et al., 2012). El hongo persiste en el suelo en forma de microesclerocios durante largos periodos de tiempo de hasta 15 años (Short et al., 1980). Los síntomas que induce *Macrophomina* van desde el tizón de las plántulas, el marchitamiento, la pudrición de la raíz y el tallo (Popovic et al., 2018). La abundante producción de diminutos esclerocios negros del hongo hace que los tejidos podridos se ennegrezcan y por esta razón se conocen como pudrición carbonosa (Wrather y Koenning, 2010). Los síntomas en las raíces son necrosis de la raíz principal y las raíces laterales (Mengistu et al., 2007).

Los microesclerocios germinan al entrar en contacto con las raíces secundarias, donde inicia el crecimiento de las hifas en la superficie de las raíces, se lleva a cabo

la formación de apresorio hasta que penetra en la planta. El patógeno coloniza hasta alcanzar la raíz principal, donde causa la restricción del crecimiento de la planta, manifestado en clorosis, marchitamiento foliar y finaliza con la muerte. Al final del ciclo de la enfermedad se forman los microesclerocios, estructuras de resistencia de color negro en la corteza interior de las raíces y en la parte inferior del tallo. La planta muerta se descompone, los microesclerocios son liberados, y funcionan como inóculo en las nuevas plántulas.

Actualmente se conocen cinco especies de *Macrophomina* a nivel mundial, incluyendo a *M. phaseolina*, *M. pseudophaseolina*, *M. euphorbicola*, *M. vaccini* y *M. tecta*. No obstante, estudios realizados con aislados de *Macrophomina* obtenidos de hospedantes cultivados en Sinaloa, únicamente se ha detectado a *M. phaseolina* (Cuadro 1). Esta especie se encuentra ampliamente distribuida en los campos agrícolas del estado y afecta principalmente al frijol, maíz, ajonjolí, cártamo, garbanzo, soya, guar y cacahuete.

Sclerotinia sclerotiorum

Es un hongo ascomiceto (orden Helotiales, familia Sclerotiniaceae) ampliamente distribuido de algunas regiones del estado de Sinaloa. Este patógeno infecta a más de 500 especies hospedantes y presenta estilo de vida necrotrófico, causando la muerte celular del hospedante mediante la secreción de enzimas hidrolíticas para obtener los nutrientes de las células muertas, y además puede ser endófito en algunos cultivos de la familia Poaceae (Sharma et al., 2017; Tian et al., 2020; Félix-Gastélum et al., 2024).

Las colonias de *S. sclerotiorum* se caracterizan por ser color blanco a gris claro. El hongo produce esclerocios individuales de color negro envueltos en el micelio blanco, redondeados, semiesféricos e irregulares. En su fase sexual produce apotecios en forma de copa, de color café claro y varían en tamaño de diámetro (2-11 mm). Las ascas están dispuestas en la periferia del ascocarpo; las ascosporas son hialinas, elipsoidales con pared lisa (Bolton et al., 2006).

En condiciones de humedad (>90%) y bajas temperaturas (12-20°C), este hongo crece de manera rápida dentro del tejido infectado del hospedante y desarrolla síntomas de lesiones café y ahogamiento en la base del tallo, amarillamiento en las hojas y crecimiento de micelio blanco que conlleva a la necrosis, maduración prematura y marchitez del hospedante (Xia et al., 2020). Los esclerocios se forman de manera abundante sobre el tejido del hospedante y en las cavidades, restos de cosecha, y en el suelo, donde son capaces de permanecer viables hasta por ocho años (Willettts y Wong, 1980). En Sinaloa, se ha reportado solo a la especie *S. sclerotiorum* con base en análisis morfológicos y filogenéticos (Cuadro 1).

Agroathelia rolfii (sin: *Sclerotium rolfii*)

Hongo basidiomiceto (orden Agaricales, familia Typhulaceae) necrotrófico facultativo, que produce micelio en forma de abanico y presenta una alta capacidad de crecimiento saprofítico. Forma esclerocios redondeados pequeños (como má-

ximo 1.5 mm de diámetro) que tienen una corteza de color marrón claramente diferenciada y que constituyen la forma de persistencia en el suelo. Este hongo fitopatógeno afecta a más de 500 especies de 100 familias de plantas entre monocotiledóneas y dicotiledóneas (Kwon et al., 2016).

Los síntomas iniciales de la enfermedad comprenden lesiones pequeñas de color café y acuosas en el tallo inferior o cerca de la superficie del suelo, seguidas de amarillamiento y marchitez de las ramas laterales, el tallo principal y por último el resto de la planta (Branch y Breneman, 2009). Los signos de diagnóstico del hongo incluyen característicos abanicos de micelio blanco y esclerocios marrones que se extienden en los tejidos infectados. Bajo ciertas condiciones favorables, el hongo puede causar pudrición en ramas, peciolo, flores y vainas (Rivera et al., 2018). Las lesiones se extienden rápido y el tejido xilemático no siempre llega a degradarse por completo, lo que determina que en el proceso infectivo no siempre resulte la muerte de la planta o que plantas muertas permanezcan firmes (Almeida et al., 2001). Es característico observar abundante micelio blanco y esclerocios marrones en la superficie del suelo adyacente a la planta infectada (Kwon et al., 2016; Khatri et al., 2017). En los cultivos agrícolas en Sinaloa, *A. rolfsii* se ha reportado afectando algunos cultivos importantes y se presenta con mayor frecuencia en papa, garbanzo y frijol (Cuadro 1).

Rhizoctonia solani

Rhizoctonia es un basidiomiceto que habita en el suelo, conocido como un hongo estéril porque durante muchos años se pensó que solo producía esclerocios y era incapaz de producir esporas, ya sean sexuales o asexuales. Ahora se sabe que algunas especies del género producen basidiosporas como sus esporas sexuales. En cualquier caso, las esporas de *Rhizoctonia* se producen solo en condiciones especiales en el laboratorio o son extremadamente raras en la naturaleza y, por lo tanto, de poco valor para identificar el hongo (Oliver, 2024).

El género *Rhizoctonia* está formado por grupos de individuos relacionados, pero genéticamente distintos. La diferenciación de especies puede basarse en el número de núcleos por célula, morfología, grupo de anastomosis, características bioquímicas y moleculares (Lima et al., 2024). El micelio de *Rhizoctonia*, es incoloro cuando joven, pero se vuelve amarillento o marrón claro con la edad, además que está formado por células largas, produce ramas que crecen en ángulos rectos a la hifa principal, están ligeramente contraídas en la unión y tienen una pared transversal cerca de la unión (Yang et al., 2015). Las características de ramificación suelen ser las únicas disponibles para la identificación del hongo. Bajo ciertas condiciones, el hongo produce mechones de células cortas y anchas similares a esclerocios que funcionan como clamidosporas, o eventualmente los mechones se convierten en esclerocios bastante pequeños, de forma suelta, de color marrón a negro. Los basidios se producen en una capa membranosa de micelio y tienen cuatro esterigmas, cada uno con una basidióspora (Oliver, 2024).

El criterio más importante para distinguir entre sí a especies de *Rhizoctonia* es la diferenciación por grupos de anastomosis (AG, por sus siglas en inglés). El concepto de grupo de anastomosis se basa en la premisa de que las hifas de los aislados de la misma especie (independientemente de su capacidad para cruzarse entre sí) tienen la capacidad de reconocerse y fusionarse (Carling, 1996). Este concepto ha sido ampliamente aceptado en los últimos años para la identificación de aislados de *R. solani* y especies de *Ceratobasidium* (Lima et al., 2024). En Sinaloa, *R. solani* es un hongo causante de enfermedades principalmente en cultivos como papa, garbanzo, frijol, maíz, chile y tomatillo.

Colletotrichum spp.

El género *Colletotrichum* es un complejo de especies que se define como un grupo de especies que forman un clado monofilético y exhiben características compartidas (morfología conidial similar). El sistema de clasificación actual de *Colletotrichum* comprende 16 complejos de especies y 15 especies individuales (singletons) (Liu et al., 2022).

Las secuencias ITS son útiles para asignar especies de *Colletotrichum* a complejos de especies, pero se emplean diferentes loci (act, chs-1, gapdh, his3, tub2, apn2, Mat1/Apn2, sod2) para resolver los distintos complejos de especies. Basándose en estos análisis, se aceptan 280 especies con datos moleculares disponibles, de las cuales al menos 33 especies se han reportado como endófitos (Liu et al., 2022).

Colletotrichum es un género de importantes fitopatógenos que causan antracnosis en numerosos cultivos en todo el mundo. Este género comprende un grupo altamente diverso de patógenos que infectan una amplia gama de hospedantes vegetales. Los estilos de vida de las especies de *Colletotrichum* pueden clasificarse, en términos generales, como necrotrófico, hemibiotrófico, latente o quiescente, y endofítico; siendo el hemibiotrófico el más común. Las diferencias en los estilos de vida dependen de la especie, hospedante, estado fisiológico de madurez del hospedante y de las condiciones ambientales (De Silva et al., 2017).

El conocimiento sobre los estilos de vida de las especies de *Colletotrichum* permite el desarrollo de diagnósticos mejorados y la aplicación de métodos integrados de control de enfermedades para mitigar el riesgo de introducción de especies exóticas de *Colletotrichum* (De Silva et al., 2017). En Sinaloa, diversas especies de *Colletotrichum* están afectando cultivos como litchi, mango, arandano, guayaba, pitahaya, cucurbitáceas y papa. Sin embargo, se requiere estudiar a profundidad la diversidad de especies de *Colletotrichum* en la mayoría de estos cultivos.

Alternaria spp.

Hongo ascomiceto (orden Pleosporales, familia Pleosporaceae) de distribución cosmopolita que se compone de múltiples especies saprófitas, endófitas y patógenas. Este género se puede encontrar en diferentes sitios como semillas, cultivos

vegetales, productos agroalimentarios, suelo, materiales inertes, animales y la atmósfera (Woudenberg et al., 2015). *Alternaria* por lo general presenta colonias de color gris a negro o marrón, produce conidióforos con conidios simples o ramificados, los conidios se originan en cadenas, son largos, anchos, cortos, ovalados, multiselulados y regularmente piriformes (Simmons, 2007).

Los síntomas comienzan como pequeñas manchas cafés principalmente en las hojas inferiores y posteriormente se presentan condiciones de alta humedad y lluvias prolongadas, donde se incrementa su incidencia en la parte media y superior de la planta. Las manchas se disponen a manera de anillos concéntricos. Altas incidencias provocan defoliación en etapas tempranas, y como consecuencia pérdidas considerables en el rendimiento, si el cultivo se encuentra en floración y producción de vainas. Se propaga por el viento, salpique de agua y residuos de cosecha, malezas y la transmisión por semilla juega un papel primordial en la diseminación del hongo (Radchenko y Sokolova, 2018). Este patógeno tiene una amplia adaptabilidad a condiciones áridas y sequías prolongadas. Se sabe que existe variabilidad patogénica dentro de las especies.

En Sinaloa, *Alternaria* spp. afectan comúnmente la mayoría de los cultivos agrícolas, principalmente tomate, papa, berenjena, tomatillo, pepino, melón, sandía, calabaza, garbanzo, ajonjolí, cártamo, limón Persa, mango, pitahaya, arándano y cebolla.

Lasiodiplodia spp.

Lasiodiplodia (Familia Botryosphaeriaceae, Orden Botryosphaerales) tiene una distribución global y se encuentra en una amplia variedad de hospedantes monocotiledóneas, dicotiledóneas y gimnospermas. La mayoría de las especies de *Lasiodiplodia* son patógenos que causan diversas enfermedades, como canchros del tallo, gomosis en tallos y ramas, marchitez de brotes y pudrición del pedúnculo de frutos. Además, las especies de *Lasiodiplodia* pueden encontrarse como endófitos y saprófitos. La combinación de cuatro loci, la región del espaciador transcrito interno (ITS), el gen del factor de elongación de traducción 1- α (tef1- α), el gen beta-tubulina (tub2) y la segunda subunidad más grande de la ARN polimerasa II (rpb2), proporcionan una resolución más confiable para este género a nivel de especie (Rathnayaka et al., 2023).

Entre sus especies, *L. theobromae* tiene una distribución mundial y afecta a un amplio rango de hospedantes, incluidos cultivos de importancia económica. La combinación de características morfológicas y filogenia es necesaria para una identificación taxonómica precisa de las especies de *Lasiodiplodia* (Rathnayaka et al., 2023).

La morfología sexual de las especies de *Lasiodiplodia* se caracteriza por ascomas globosos a subglobosos, a menudo ostiolados y uniloculares, y ascos clavados y estipitados con ascosporas hialinas a marrón oscuro, aseptadas. La morfología asexual se caracteriza por conidias estromáticas, inmersas o superficiales, globosas, uni o multiloculares, con un ostiolo papilado central y único. Los conidiófo-

ros generalmente están reducidos a células conidiógenas; si están presentes, se caracterizan por ser hialinos, cilíndricos, a veces septados y raramente ramificados, surgiendo de la capa interna. Las células conidiógenas son hialinas, cilíndricas a cónicas, holoblásticas y lisas, y se originan en la pared interna de los conidiomas (Rathnayaka et al., 2023).

Las especies de *Lasiodiplodia* tienen conidios subglobosos u ovalados, lisos, de paredes gruesas, que inicialmente son hialinos y se vuelven marrón oscuro y estriados al madurar. Los caracteres morfológicos de las ascosporas y los conidios se han utilizado para diferenciar géneros y familias dentro de Botryosphaeriaceae. *Lasiodiplodia* se distingue de otros géneros de Botryosphaeriaceae por tener conidios pigmentados, 1-septados, con estriaciones longitudinales y paráfisis picnidiales (Rathnayaka et al., 2023).

En Sinaloa, diversos cultivos como mango, lichi, arándano, frambuesa, zarzamora, papaya, guayaba, y cítricos son afectados por distintas especies de *Lasiodiplodia*.

Pucciniaceae

Las royas son el grupo más diverso y complejo de hongos fitopatógenos. La familia Pucciniaceae es una de las más importantes dentro del orden Pucciniales (royas), que comprende hongos parásitos obligados de amplia distribución mundial. Sus miembros son conocidos por causar enfermedades devastadoras en una gran variedad de plantas hospedantes, incluyendo cultivos de relevancia agrícola y especies silvestres (Huerta-Espino et al., 2014). Esta familia incluye géneros destacados como *Puccinia* y *Uromyces*, que se caracterizan por su complejidad en el ciclo de vida, que involucra frecuentemente múltiples etapas de desarrollo y, en muchos casos, hospedantes alternos (Aime et al., 2018).

La mayoría de los Pucciniales requieren dos hospedantes específicos, pero no relacionados para completar su ciclo de vida. Este ciclo de vida heteroécico puede resumirse en dos fases, cada una de las cuales ocurre en su hospedante asociado, conocidas como las etapas aecial y telial. La etapa aecial representa la parte del ciclo de vida de los Pucciniales donde los monocariones haploides (espermacios) se combinan a través de la fertilización (plasmogamia) para formar un dicarión. Posteriormente, se forman las eciósporas dicarióticas, que tienen la función de dispersar el dicarión al hospedante telial. En el hospedante telial, ocurre la propagación asexual mediante la producción de uredosporas. Finalmente, usualmente en respuesta a señales ambientales, el dicarión cesa la esporulación asexual y forma teliósporas. En esta etapa, se lleva a cabo la cariogamia, seguida de la meiosis. Las teliósporas germinantes producen basidiósporas haploides, que transportan el nuevo monocarión de regreso al hospedante aecial (Aime et al., 2018).

El género *Puccinia* es el más extenso dentro de la familia y del orden, abarcando más de 4,000 especies descritas. Por otro lado, el género *Uromyces*, aunque menos diverso, incluye patógenos relevantes como *Uromyces appendiculatus*, causante de la roya común del frijol, una enfermedad de gran impacto en leguminosas (Aime et al., 2018).

Los daños que provocan las royas en los hospedantes, son la reducción del área fotosintética, bloqueo en la traslocación de nutrimentos, muerte prematura lo que se traduce en bajos rendimientos y mala calidad del producto obtenido (Singh et al., 2002).

En el estado de Sinaloa la roya de la hoja (*P. triticina*) y roya lineal amarilla (*P. striiformis* f. sp. *tritici*) son las enfermedades más importantes y las principales limitantes de la producción del cultivo de trigo. Sin embargo, diversas especies de royas de los géneros *Uromyces* y *Puccinia* afectan cultivos como garbanzo, frijol, maíz, cebolla, espárrago, cacahuete y soya.

Erysiphaceae

Erysiphaceae (Helotiales, Leotiomycetes, Ascomycota) es una familia de parásitos obligados de plantas que incluye más de 900 especies distribuidas en 18 géneros (Braun y Cook, 2012). En México, se denomina comúnmente como “cenicilla” al síntoma y signo causado por las especies de la familia Erysiphaceae. Las cenicillas constituyen un grupo importante de hongos fitopatógenos que producen una película blanca y pulverulenta en hojas, tallos, flores y frutos de angiospermas (Schmidt y Braun, 2020). En total, las especies de Erysiphaceae infectan a 10,125 taxones hospedantes pertenecientes a 205 familias de plantas con flores. Los análisis filogenéticos moleculares realizados hasta la fecha indican que los miembros de la familia Erysiphaceae forman un grupo monofilético distinto (Takamatsu, 2013).

En Sinaloa existen diversas especies de cenicillas que se presentan comúnmente y que afectan principalmente a cultivos como tomate, chile, pepino, melón, sandía, calabazas, papaya, mango y garbanzo.

Otras especies de hongos fitopatógenos poco estudiadas

Además de los géneros descritos y reportados anteriormente como los principales hongos fitopatógenos presentes en cultivos agrícolas de Sinaloa, existen otras especies muy comunes que tienen un rango menor de hospedantes y que no han sido estudiados detalladamente con base en la combinación de estudios morfomoleculares. Estas especies se mencionan en el Cuadro 2.

CONCLUSIONES

Aunque los enfoques combinados de métodos morfológicos y herramientas moleculares han permitido una caracterización más precisa de los hongos fitopatógenos presentes en Sinaloa, aún existen cultivos y áreas donde la diversidad de patógenos no ha sido estudiada.

La prevalencia de hongos fitopatógenos como *Fusarium* spp., *Neocosmospora* spp., *Lasiodiplodia* spp., *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Macrophomina phaseolina*, *Agroathelia rolfsii*, *Sclerotinia sclerotiorum* y *Rhizoctonia solani*; además de miembros de las familias Pucciniaceae (royas) y Erysiphaceae (cenicillas) afecta significativamente los cultivos de alto valor económico en Sinaloa, generando pérdidas económicas y comprometiendo la calidad y rendimiento de los productos

agrícolas. Además, prácticas como el monocultivo, el uso intensivo de agroquímicos, y la variabilidad climática han intensificado la incidencia de estos hongos patógenos, resaltando la necesidad de desarrollar estrategias de manejo integrado.

Cuadro 2. Lista de hongos fitopatógenos presentes, pero poco estudiados y caracterizados en Sinaloa, México.

Especie	Hospedante	Síntoma
<i>Alternaria</i> spp.	Cucurbitáceas	Mancha foliar
<i>Alternaria</i> spp.	Papa	Mancha foliar
<i>Botrytis</i> spp.	Arándano	Moho gris
<i>Botrytis</i> spp.	Frambuesa	Moho gris
<i>Botrytis</i> spp.	Zarzamora	Moho gris
<i>Cercospora</i> spp.	Cacahuete	Mancha foliar
<i>Cercospora</i> spp.	Esparrago	Mancha foliar
<i>Cercospora</i> spp.	Soya	Mancha foliar
<i>Claviceps</i> spp.	Sorgo	Ergot
<i>Colletotrichum</i> spp.	Cucurbitáceas	Lesiones en hojas y frutos
<i>Colletotrichum</i> spp.	Litchi	Antracnosis en frutos
<i>Corynespora cassicola</i>	Cucurbitáceas	Lesiones en hojas
<i>Entyloma australe</i>	Tomatillo	Carbón de la hoja
<i>Erysiphe neolycopersici</i>	Tomate	Cenicilla
<i>Fulvia fulva</i>	Tomate	Moho de las hojas
<i>Fusarium</i> spp.	Papa	Pudrición de tubérculo
<i>Fusarium</i> spp.	Zarzamora	Marchitez
<i>Lasiodiplodia</i> spp.	Litchi	Muerte de ramas
<i>Lasiodiplodia</i> spp.	Arándano	Tizón de ramas
<i>Leveillula taurica</i>	Tomate	Cenicilla
<i>Leveillula taurica</i>	Chile	Cenicilla
<i>Leveillula</i> sp.	Garbanzo	Cenicilla
<i>Macrophomina phaseolina</i>	Cacahuete	Pudrición carbonosa
<i>Neofusicoccum</i> spp.	Arándano	Tizón de ramas
<i>Neovossia indica</i>	Trigo	Carbón parcial
<i>Puccinia asparagi</i>	Esparrago	Roya
<i>Septoria lycopersici</i>	Tomate	Septorios de la hoja
<i>Setophoma terrestris</i>	Cebolla	Raíz rosada

PERSPECTIVAS

Es imperativo implementar enfoques de manejo integrado de enfermedades fúngicas, que incluyan el uso de variedades resistentes, control biológico, rotación

de cultivos, y aplicaciones estratégicas de fungicidas químicos. Estas estrategias contribuirán a reducir el impacto de las enfermedades fúngicas y a garantizar sistemas agrícolas más resilientes. Además, se deben priorizar estudios sobre la diversidad y dinámica de los hongos fitopatógenos en cultivos y regiones aún no caracterizadas en Sinaloa, lo que permitirá desarrollar planes de manejo específicos y efectivos. Asimismo, se debe considerar y estudiar la influencia de factores climáticos en la incidencia y severidad de las enfermedades fúngicas con la finalidad de integrar modelos predictivos que ayuden a mitigar los efectos adversos del cambio climático en la agricultura del estado.

Finalmente, se requiere establecer programas de monitoreo fitosanitario y capacitación para los agricultores que les permita una detección temprana y un manejo más eficiente de las enfermedades causadas por hongos fitopatógenos, reduciendo pérdidas económicas y fortaleciendo la seguridad alimentaria.

Conflicto de interés

Los autores no tienen conflictos de intereses que declarar.

REFERENCIAS

- Aguilar-Pérez VH. 2022. Caracterización morfológica, patogénica y molecular de hongos causantes de enfermedades en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), tolerancia de variedades y manejo en el norte de Sinaloa. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad Autónoma de Occidente. 159 p.
- Aime MC, Bell CD, Wilson AW. 2018. Deconstructing the evolutionary complexity between rust fungi (Pucciniales) and their plant hosts. *Studies in Mycology* 89: 143–152. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2018.02.002>
- Aguilar-Pérez V.H, García-León E, Solano-Baez AR, Beltrán-Peña H, Tovar-Pedraza JM y Marquez-Licona G. 2023. First report of collar rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum* on sesame (*Sesamum indicum* L.) in Mexico. *Plant Disease*. Vol. 107 (3). P. 957. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-22-1316-PDN>.
- Almeida AMR, Abdelnoor RV, Calvo ES, Tessnman D, and Yorinori JT. 2001. Genotypic diversity among Brazilian isolates of *Sclerotium rolfsii*. *Journal of Phytopathology* 149: 493–502. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0434.2001.00651.x>
- Apodaca-Sánchez MA, Barreras-Soto MA, Cortez-Mondaca E, Quintero-Benitez JA. 2008. Enfermedades del Tomate de Cáscara en Sinaloa. Folleto técnico número 31. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Fuerte. <https://www.compucampo.com/tecnicos/enfermedades-tomatecascara-sin.pdf>
- Armer VJ, Kroll E, Darino M, Smith D, Urban M, Hammond-Kosack KE. 2024. Navigating the *Fusarium* species complex: Host-Range Plasticity and Genome Variations. *Fungal Biology*. 128 (8): 2439-2459. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2024.07.004>
- Ayala-Armenta QA., Tovar-Pedraza JM, Apodaca-Sánchez MA, Correia KC, Saucedo-Acosta CP, Camacho-Tapia M, Beltrán-Peña H. 2020. Phylogeny and pathogenicity of soilborne fungi associated with wilt disease complex of tomatillo (*Physalis ixocarpa*) in northern Sinaloa, Mexico. *European Journal of Plant Pathology* 157: 733–749. DOI:10.1007/s10658-020-02030-9
- Babu BK, Babu TK, and Sharma R. 2013. Molecular identification of microbes: I. *Macrophomina phaseolina*. In: Arora D., Das S., Sukumar M. (eds.). *Analyzing Microbes*. Springer Protocols Handbooks. Springer, Berlín, Heidelberg 93–97 pp. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-34410-7_6
- Beltrán-Peña H, Solano-Báez AR, Apodaca-Sánchez MA, Camacho-Tapia M, Félix-Gastélum R, Tovar-Pedraza JM. 2018. First report of *Leveillula taurica* causing powdery mildew on cucumber in Mexico. *Journal of Plant Pathology* 100(2):353. DOI: 10.1007/s42161-018-0061-7
- Beltrán-Peña H, Márquez-Licona G, García-León E, Aguilar-Pérez VH, and Solano-Báez AR. 2023. Occurrence of *Colletotrichum siamense* causing leaf spots on soursop (*Annona muricata*) in Mexico. *Plant Disease* 107(9): 2866. doi: 10.1094/PDIS-03-23-0592-PDN
- Branch WD, and Brenneman TB. 1996. Pod yield and stem rot evaluation of peanut cultivars treated with tebuconazole. *Agronomy Journal* 88: 933. DOI:10.2134/AGRONJ1996.00021962003600060014X
- Branch WD, and Brenneman TB. 2009. Field evaluation for the combination of white mould and tomato spotter wilt disease resistance among peanut genotypes. *Crop Protection*. 28 (7): 595-598. Doi:10.1016/j.cropro.2009.03.008m

- Braun U, Cook RTA. 2012. Taxonomic Manual of the Erysiphales (powdery mildews) (CBS biodiversity series No. 11). Utrecht: CBS-KNAWFungal Biodiversity Centre.
- Bolton MD, Thomma BPHJ and Nelson BD. 2006. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. *Molecular Plant Pathology* 7:1-16. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2005.00316.x>
- Borbón-Gracia A, Cortez-Mondaca EJA. 2015. Cártamo, en: Agenda Técnica Agrícola Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 242 p. <https://es.scribd.com/document/360093931/Agenda-Agricola-Sinaloa-2015-pdf>
- Calderón-García LA. 2021. Susceptibilidad del trigo (*Triticum* spp.) a razas de roya lineal amarilla y roya de la hoja en Sinaloa. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad Autónoma de Occidente. 105 p. https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2022/02/TESIS_LUIS_CALDERON.pdf
- Carling DE. 1996. Grouping in *Rhizoctonia solani* by hyphal anastomosis reaction. In *Rhizoctonia* species: taxonomy, molecular biology, ecology, pathology and disease control (pp. 37-47): Springer.
- Carrillo-Fasio JA, Nuñez-García PR, Salazar-Mesta RJ, Mora-Romero GA, Leyva-Madrigal KY, Cruz-Lachica I, and Tovar-Pedraza JM. 2022. First report of soft rot of pitahaya fruit caused by *Gilbertella persicaria* in Mexico. *Plant Disease* 106(12): 3218. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-22-0142-PDN>
- Cota-Barreras CI, García-Estrada RS, Valdez-Torres JB, León-Félix J, Valenzuela-Herrera V, Tovar-Pedraza JM. 2022. Molecular detection, virulence, and mycelial compatibility of *Macrophomina phaseolina* isolates associated with chickpea wilt in Sinaloa and Sonora, Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology* 44(6): 849–857. <https://doi.org/10.1080/07060661.2022.2084642>
- Cota-Barreras CI, García-Estrada RS, León-Félix J, Valenzuela-Herrera V, Mora-Romero GA, Leyva-Madrigal KY, Tovar-Pedraza JM. 2022. First report of *Clonostachys chloroleuca* causing chickpea wilt in Mexico. *New Disease Reports* 46(1): e12123. <https://doi.org/10.1002/ndr2.12123>
- Cota-Barreras CI, García-Estrada RS, León-Félix J, Valenzuela-Herrera V, Mora-Romero GA, Leyva-Madrigal KY, and Tovar-Pedraza JM. 2024. Phylogeny, distribution, and pathogenicity of fusarioid fungi associated with chickpea wilt in Sinaloa and Sonora, Mexico. *Tropical Plant Pathology* 49:622-632. DOI: 10.1007/s40858-024-00663-3
- Cota-Rodríguez DA. 2020. Morfología, virulencia, compatibilidad vegetativa y sensibilidad a fungicidas de aislados de *Sclerotium rolfsii* de campos de frijol en el norte de Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad Autónoma de Occidente. 112 p. <https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2021/06/TESIS-DAVID-COTA.pdf>
- Cruz-Lachica I, Osuna-García LA, Márquez-Zequera I, Tovar-Pedraza JM, García-Estrada RS. 2021. First report of leaf spot and stem canker on watermelon caused by *Paramyrothecium foliicola* in Mexico. *Plant Disease* 105(8): 2241. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-20-2192-PDN>
- Cruz-Lachica I, Márquez-Zequera I, Osuna-García LA, Gomez-Gonzalez G, Tovar-Pedraza JM, and García-Estrada RS. 2022. First report of *Fusarium verticillioides* causing cucumber fruit rot in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 106(9): 2524. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-21-1935-PDN>
- De Silva DD, Crous PW, Ades PK, Hyde KD, Taylor PWJ. 2017. Life styles of *Colletotrichum* species and implications for plant biosecurity. *Fungal Biology Reviews* 31(3): 155-168. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2017.05.001>
- Douriet-Angulo A, López-Orona CA, López-Urquidez GA, Vega-Gutiérrez TA, Tirado-Ramírez MA, Estrada-Acosta, M. D., Ayala-Tafoya F, and Yáñez-Juárez MG. 2019. Maize stalk rot caused by *Fusarium falciforme* (FSSC 3 + 4) in Mexico. *Plant Disease* 103(11): 2951. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-1055-PDN>
- Espinoza-Verduzco MDA, Santos-Cervantes ME, Fernández-Herrera E, et al. 2012. First report of *Alternaria alternata* (Fr.) Keisler causing inflorescence blight in *Jatropha curcas* in Sinaloa, Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology* DOI: 10.1080/07060661.2012.688770
- Eliassaint A, Mora-Romero GA, Camacho-Tapia M, Correia KC, Cota-Barreras CI, Gonzalez-Concha LF, Lizarraga-Sanchez GJ, Tovar-Pedraza, JM. 2024. Characterization of *Trichoderma* spp. and their antagonistic activity against soilborne fungi associated with chickpea wilt in Sinaloa, Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology* DOI: 10.1080/07060661.2024.2413956
- Félix-Gastélum R, y Gálvez-Figueroa CA. 2002. Control del Moho Negro, *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) en el fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) considerando unidades calor y variables ambientales para la aplicación de azoxystrobin en Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 20(1). pp. 72-76. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61220112.pdf>
- Félix-Gastélum R, Apodaca-Sánchez MA, Martínez-Valenzuela MC, y Espinosa-Matías S. 2005. *Podosphaera* (sect. *Sphaerotheca*) *xanthii* (Castagne) U. Brawn y N. Shishkoff en cucurbitáceas en el norte de Sinaloa, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 23:162-168. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61223209.pdf>
- Félix-Gastélum R, Herrera-Rodríguez G, Martínez-Valenzuela C, Longoria-Espinoza RM, Maldonado-Mendoza IE, Quiroz-Figueroa FR, Martínez-Álvarez JC, García-Pérez LM, and Espinosa-Matías S. 2013. First report of powdery mildew (*Pseudoidium anacardii*) of mango trees in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 97(7): 994. doi: 10.1094/PDIS-11-12-1014-PDN.
- Félix-Gastélum R, Herrera-Rodríguez G, Martínez-Valenzuela C, Maldonado-Mendoza IE, Quiroz-Figueroa FR, Brito-Vega H, and Espinosa-Matías S. 2014. First report of powdery mildew (*Podosphaera pannosa*) of roses in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 98(10): 1492. doi: 10.1094/PDIS-06-14-0605-PDN.
- Félix-Gastélum R, Maldonado-Mendoza IE, Beltrán-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. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1607-4>.
- Félix-Gastélum R, Lizárraga-Sánchez GJ, Maldonado-Mendoza IE, Leyva-Madrigal KY, Herrera-Rodríguez G, Espinoza-Matías S. 2018. Confirmación de la identidad de *Exserohilum turcicum*, agente causal del tizón foliar del maíz en Sinaloa. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36 (3). <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.1803-1>
- Félix-Gastélum R, Mora-Carlón BA, Leyva-Madrigal KY, Solano-Báez AR, Pérez-Mora JL, Guerra-Meza O, and Mora-Romero GA. 2022. Sorghum sheath blight caused by *Fusarium* spp. in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 106(5): 1454-1461. doi: 10.1094/PDIS-10-21-2303-RE.
- Félix-Gastélum R, Herrera-Rodríguez G, Ávila-Alistac N y García-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>
- García-Estrada RS, Márquez-Zequera I, Tovar-Pedraza JM, and Cruz-Lachica I. 2021. First report of cucumber fruit rot caused by *Fusarium incarnatum* in Mexico. *Plant Disease* 105(2):497. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-20-1533-PDN>
- García-Estrada RS, Rivera-Salas MM, Marquez-Zequera I, Osuna-Garcia LA, Felix-Arellano V, Castro-Alvarado L, and Cruz-Lachica I. 2023. First report of cucurbita blossom blight and fruit rot caused by *Choanephora cucurbitarum* in Mexico. *Plant Disease* 107(9): 2872. DOI: 10.1094/PDIS-04-23-0748-PDN
- García-Espinoza JR. 2022. El cultivo de ajonjolí: etiología de la mancha foliar, manejo y fitosanidad de la semilla. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad Autonomía de Occidente. 115 p.
- García-León E, Mora-Romero GA, Beltrán-Peña H, Leyva-Madrigal KY, Valenzuela-Escoboza FA, Cota-Barreras CI, and Tovar-Pedraza JM. 2022. First report of *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) in Mexico. *Plant Disease* 106(10): 2754. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-22-0305-PDN>
- García-León E, Alvarado-Padilla JI, Mora-Romero GA, Leyva-Madrigal KY, Aguilar-Pérez VH, y Tovar-Pedraza JM, 2022. First report of *Sclerotium rolfii* causing collar rot of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) in Mexico. *Plant Disease*. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-22-0270-PDN>. Vol. 106 (12). P. 3202
- García-León E, Tovar-Pedraza JM, Valbuena-Gaona LA, et al. 2024. Identification of the causal agent of guar leaf blight and development of a semi-automated method to quantify disease severity. *Tropical plant pathology* <https://doi.org/10.1007/s40858-024-00676-y>
- González-Molotla IA, Félix-Gastélum R, Leyva-Madrigal KY, Quiroz-Figueroa FR, Maldonado-Mendoza IE. 2021. Etiology of soybean (*Glycine max*) leaf spot in Sinaloa, Mexico. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 39(3). DOI: <http://dx.doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2105-2>
- Guerrero-Santana L y Vega-Camargo, JA. 2024. Especies de *Alternaria* spp. asociadas a la pudrición de frutos de bell pepper establecidos bajo cubierta en Sinaloa. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. 46 p.
- Huerta-Espino J, Rodríguez-García MF, Villaseñor-Mir HE, Singh R, Martínez-Cruz E, Hortelano-Santa Rosa R y Espitia-Rangel E. 2014. Descripción de las Royas del Trigo. Folleto Técnico Núm. 64. INIFAP-CIRCE-CEVAMEX. 32 p.
- Irazoqui-Acosta MB. 2021. Identificación de especies de *Trichoderma* y su antagonismo in vitro contra *Sclerotium rolfii* proveniente del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) del norte de Sinaloa, México. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad Autonomía de Occidente. 81 p. https://uadeo.mx/wp-content/uploads/2022/02/TESIS_BELEN_IRAZOQUI.pdf
- Kaur S, Singh G, Kaur S, Vavvad GE, Chand R, and Bahadur V. 2012. Emerging phytopathogen *Macrophomina phaseolina*: biology, economic importance and current diagnostic trends. *Critical Reviews in Microbiology* 38:136–151. doi: 10.3109/1040841X.2011.640977
- Kwon JH, Kang DW, Choi O, and Kim J. 2016. The occurrence of *Sclerotium* rot on *Momordica charantia* caused by *Sclerotium rolfii* in Korea. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 49. <https://doi.org/10.1080/03235408.2016.1152067>
- Khatri K, Kunwar S, Barocco RL, and Dufault NS. 2017. Monitoring fungicide sensitivity levels and mycelial compatibility groupings of *Sclerotium rolfii* isolates from Florida peanut fields. *Peanut Science* 44: 83–92. <https://doi.org/10.3146/PS17-7.1>
- Kwon JH, Kang DW, Choi O, and Kim J. 2016. The occurrence of *Sclerotium* rot on *Momordica charantia* caused by *Sclerotium rolfii* in Korea. *Archives of Phytopathology and Plant Protection* 49: 43–47. DOI: 10.1080/03235408.2016.1152067
- León-Gallegos HM y Cummins GB. 1981. Uredinales (Royas) de Mexico, Vols I y II. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de agricultura y Recursos Hidráulicos, Culiacán, Sinaloa, México. 492 p.
- Lima G, Santos K, Barros A, Reis A, Machado A, Souza-Motta C, Tovar-Pedraza JM, Correia K, Michereff SJ. 2024. Diversity and pathogenicity of anastomosis groups of *Rhizoctonia* associated with brassicas in Brazil. *Canadian Journal of Plant Pathology* 46(3): 275-287. <https://doi.org/10.1080/07060661.2023.2296098>
- Liu F, Ma ZY, Hou LW, Diao YZ, Wu WP, Damm U, Song S, Cai L. 2022. Updating species diversity of *Colletotrichum*, with a phylogenomic overview. *Studies in Mycology* 101: 1–56. DOI: 10.3114/sim.2022.101.01
- López-López AM, León-Félix J, Allende-Molar R, Lima NB, Tovar-Pedraza JM and García-Estrada RS. 2020. First report of *Setophoma terrestris* causing corky and pink root of tomato in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 104(5): 1553. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-19-2226-PDN>
- López-López AM, Allende-Molar R, Correia KC, Tovar-Pedraza JM, Márquez-Zequera I, and García-Estrada RS. 2021. First report of stem canker of tomato caused by *Fusarium striatum* in Mexico. *Plant Disease* 105(2): 497. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1187-PDN>

- López-López AM, Tovar-Pedraza JM, León-Félix J, Allende-Molar R, Lima NB, Márquez-Zequera I, y García-Estrada RS. 2024. Caracterización morfológica, filogenia y patogenicidad de *Setophoma terrestris* causante de raíz corchosa y rosada de jitomate (*Solanum lycopersicum*) en Sinaloa, México. Revista Mexicana de Fitopatología 42(2): 12. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2309-5>
- López-Corrales R, Michereff SJ, García-Estrada RS, León-Félix J, Correia KC, Rabago-Zavala K, and Tovar-Pedraza JM. 2023. First confirmed report of *Rhizoctonia solani* AG-7 causing potato stem canker in Mexico. Plant Disease 107(7):2260. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-22-2661-PDN>
- López-Corrales R, Michereff SJ, Correia KC, García-Estrada RS, Nieto-López EH, Mora-Romero GA, Tovar-Pedraza JM. 2024. Molecular identification and fungicide sensitivity of *Ceratobasidium* sp. (AG-A) isolates causing stem canker on potato in Mexico. Journal of Phytopathology 172:e13412. <https://doi.org/10.1111/jph.13412>
- López-Corrales R, Michereff SJ, García-Estrada RS, Correia KC, Mora-Romero GA, León-Félix J, Tovar-Pedraza, JM. 2024. Diversity and pathogenicity of anastomosis groups of *Rhizoctonia solani* isolates associated with potato diseases in northern Sinaloa, Mexico. Potato Research 67:1011–1026. <https://doi.org/10.1007/s11540-023-09676-y>
- Llaven-Valencia G, Borbón-Gracia, A, García-León E, Cortez-Mondaca E. 2021. Tecnología de producción de trigo. Desplegable técnico número 28. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Valle del Fuerte.
- Mancera-González O. 2023. Las codependencias de la agroindustria en Sinaloa, México. Perfiles Latinoamericanos, 31(61). 28 p. doi: [dx.doi.org/10.18504/pl3161-006-2023](https://doi.org/10.18504/pl3161-006-2023)
- Molina-Cárdenas L, López-Urquidez GA, Amarillas-Bueno LA, Vega-Gutiérrez TA, Tirado-Ramírez MA, Velázquez-Alcaraz TJ, Velarde-Félix S, López-Orona CA. 2021. Mango malformation disease caused by *Fusarium neocosmosporiellum* in Mexico. Canadian Journal of Plant Pathology 43(5): 714-721. <https://doi.org/10.1080/07060661.2021.1880483>
- Molina-Cárdenas L, López-Urquidez GA, Román-Román L, Vega-Gutiérrez TA, Tirado-Ramírez MA, Leyva-Hernández HA, and López-Orona CA. 2023. First report of mango malformation disease caused by *Fusarium proliferatum* in Mexico. Plant Disease 107(2):581. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-22-1213-PDN>
- Mengistu A, Ray JD, Smith JR, Paris RL. 2007. Charcoal rot disease assessment of soybean genotypes using a colony forming unit index. Crop Science 47:2453–2461. DOI: 10.2135/cropsci2007.04.0186
- Muñoz-Zavala C, Loladze A, Vargas-Hernández M, García-León E, Alakonya AE, Tovar-Pedraza JM, Goodwin PH, and Leyva-Mir SG. 2023. Occurrence and distribution of physiological races of *Exserohilum turcicum* in maize-growing regions of Mexico. Plant Disease 107(4): 1054-1059. DOI: 10.1094/PDIS-03-22-0626-RE
- Núñez-García PR, Carrillo-Fasio JA, Márquez-Licona G, Leyva-Madriral KY, Lagunes-Fortiz E, and Tovar-Pedraza JM. 2023. First report of *Colletotrichum tropicale* causing anthracnose on pitahaya fruit in Mexico. Plant Disease 107(7): 2235. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-22-2054-PDN>
- Núñez-García PR, Carrillo-Fasio JA, Correia KC, Nieto-López EH, Mora-Romero GA, Valdéz-Torres JB, López-Orona CA, Tovar-Pedraza JM. 2024. Phylogeny, pathogenicity, and fungicide sensitivity of Botryosphaeriaceae fungi associated with Persian lime dieback in Sinaloa, Mexico. Physiological and Molecular Plant Pathology 134: 102474. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2024.102474>
- Oliver R. 2024. Agrios Plant Pathology (Elsevier Ed. 6th Edition ed.). San Diego, California, USA.
- Orduño-Cota FJ, Pacheco-Urias H, Quintero-Benítez et al. 2008. Respuesta de híbridos comerciales de maíz a la infección por la roya común (*Puccinia sorghi*) del maíz en el Valle del Fuerte, Sinaloa. Junta Local de Sanidad Vegetal del Valle del Fuerte-CESAVESIN. http://www.sanidadvalledelfuerte.org.mx/swa/trabajos_investigacion/9/file1_00.pdf
- Patiño-Espejel MG. 2021. Morfología, filogenia y virulencia de aislados de *Fusarium* spp. y *Neocosmospora falciformis* asociados a la pudrición de raíz en frijol en Sinaloa. Tesis de Maestría en Ciencias. Instituto de Fitosanidad, Colegio de Postgraduados. 67
- Payán-Arzapalo MA, López-Cuén PI, Vega-Gutiérrez TA, Molina-Cárdenas L, López-Orona CA, Valenzuela-Tirado GA, and Tirado-Ramírez MA. 2024. First report of *Fusarium falciforme* causing root rot and wilt on strawberry in Sinaloa, Mexico. Plant Disease 108(7): 2223. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-24-0343-PDN>
- Peinado-Fuentes LA, Sifuentes-Ibarra E, Macías-Cervantes J, Cortez-Mondaca E, García-León E y Lopez-Guzman JA. 2017. Maíz, en: Agenda Técnica Agrícola Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 216 p. https://vun.inifap.gob.mx/VUN_MEDIA/BibliotecaWeb/_media/_agendas/4142_4839_Agenda_T%C3%A9cnica_Sinaloa_2017.pdf
- Pérez-Mora JL, Cota-Rodríguez DA, Rodríguez-Palafox EE, Lima NB, García-León E, Beltrán-Peña H, Tovar-Pedraza JM. 2020. First confirmed report of *Colletotrichum coccodes* causing black dot on potato in Mexico. Journal of Plant Diseases and Protection 127:269–273. DOI: 10.1007/s41348-019-00291-z
- Pérez-Mora JL, Mora-Romero GA, Beltrán-Peña H, García-León E, Lima NB, Camacho-Tapia M, and Tovar-Pedraza JM. 2021. First report of *Colletotrichum siamense* and *C. gloeosporioides* causing anthracnose of Citrus spp. in Mexico. Plant Disease 105(2):496. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-20-1743-PDN>
- Popović T, Blagojević J, Aleksić G, Jelušić A, Krnjajić S, Milovanović P. 2018. A blight disease on highbush blueberry associated with *Macrophomina phaseolina* in Serbia. Canadian Journal of Plant Pathology 40:121–127. <https://doi.org/10.1080/07060661.2017.1415977>

- Rabago-Zavala K, Valenzuela-Escoboza FA, Mora-Romero GA, Lizárraga-Sánchez GJ, and Tovar-Pedraza JM. 2023. First report of *Ceratobasidium* sp. (AG-A and AG-G) causing root rot and stem canker of common bean in Mexico. *Plant Disease* 107(3): 958. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-22-1317-PDN>
- Radchenko EE, Sokolova DV. 2018. Resistance of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) Taub To harmful organism. *Agric Biol* 53:897–906. doi: 10.15389/agrobiology.2018.5.897eng
- Rivera MC, Wright ER, Silvestre L, Stenglein S y Kato A. 2018. Nuevo hospedante de *Sclerotium rolfsii* que causa podredumbre de la corona y raíz en *Pseudogynoxis benthamii*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 89: 950–953. DOI: <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.3.2187>
- Rodríguez-Cota FG, Cortez-Mondaca E, Saucedo-Acosta RH, Acosta-Gallegos J A, Padilla-Valenzuela I y Miranda-Arnold P. 2022. Tecnología para producir semilla de frijol en Sinaloa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias Centro de Investigación Regional del Noroeste-Campo Experimental Valle del Fuerte Juan José Ríos, Sinaloa. Folleto Técnico No. 46. 49 p.
- Rodríguez-García MF, García-León E, Huerta-Espino J, Villaseñor-Mir HE, Llaven-Valencia G, González-González M. 2020. Razas fisiológicas de *Puccinia triticina* E. identificadas en el norte de Sinaloa y resistencia de germoplasma. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 11(8). <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i8.2574>
- Rodríguez-Palafox EE, Vásquez-López A, Márquez-Licona G, Lima NB, Lagunes-Fortiz E, and Tovar-Pedraza JM. 2021. First report of *Colletotrichum siamense* causing anthracnose of guava (*Psidium guajava*) in Mexico. *Plant Disease* 105(10): 3290. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-21-0530-PDN>
- Salinas-Pérez RA, Rodríguez-Cota FG, Padilla-Valenzuela I, Valencia-Martínez Y, Acosta-Gallegos JA. 2011. “Azufrasin”: nueva variedad de frijol tipo azufrado para el estado de Sinaloa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 2(4). p. 613-617. DOI: 10.29312/remexca.v2i4.1650
- Sánchez-Gutiérrez Y. 2024. Caracterización morfológica, patogénica, molecular y manejo de hongos con origen en el suelo en espárrago (*Asparagus officinalis*) en el noroeste de México. Tesis de Maestría en Fitopatología y Medio Ambiente. Universidad Autónoma de Occidente. 133 p.
- Sandoval-Denis M, Lombard L, Crous PW. 2019. Back to the roots: a reappraisal of *Neocosmospora*. *Persoonia* 43: 90–185. <https://doi.org/10.3767/persoonia.2019.43.04>
- Schmidt A, Braun U. 2020. Asexual morphs of powdery mildew species (Erysiphaceae)— new and supplementary morphological descriptions and illustrations. *Schlechtendalia* 37: 30–79.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2023. [accessed 2023 Ene 10]. <https://www.gob.mx/siap>
- Solano-Báez AR, Márquez-Licona G, Aguilar-Pérez VH, Trejo-Espino JL, and García-León E. 2023. Occurrence of *Colletotrichum truncatum* causing foliar spot on sesame (*Sesamum indicum*) in Mexico. *Plant Disease* 107(10): 3286. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-23-0451-PDN>
- Sharma P, Meena PD, Sigh S and Rai PK. 2017. Efficacy of micro-nutrients, fungicides and bio agents against *Sclerotinia* stem rot (*Sclerotinia sclerotiorum*) of Indian mustard. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 6:620-626. DOI:10.20546/ijcmas.2017.610.076
- Short GE, Wyllie TD, and Bristow PR. 1980. Survival of *Macrophomina phaseolina* in soil and in residue of soybean. *Phytopathology* 70:13-17. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1980Articles/Phyto70n01_13.PDF
- Simmons EG. 2007. *Alternaria*. An identification manual. CBS biodiversity series 6. CBS Fungal Biodiversity Centre, Utrecht
- Singh R, Huerta-Espino J, and Roelfs A. 2002. The wheat Rusts In: B.C. Curtis, S. Rajaram, and H. Gomez MacPherson (eds.). Bread Wheat: improvement and production. FAO, Roma, Italia. Pp: 227-249. <https://www.fao.org/4/y4011e/y4011e0g.htm>
- Singleton LL, Mihail JD, Rush CM. 1992. Methods for research on soilborne phytopathogenic fungi. St. Paul, Minnesota: APS Press 266 p.
- Takamatsu S. 2013. Origin and evolution of the powdery mildews (Ascomycota, Erysiphales). *Mycoscience* 54(1): 75-86. <https://doi.org/10.1016/j.myc.2012.08.004>
- Tian B, Xie J, Fu Y, Cheng J, Li BO, Chen T, Zhao Y, Gao Z, Yang P, Barbetti MJ, et al., 2020. A cosmopolitan fungal pathogen of dicots adopts an endophytic lifestyle on cereal crops and protects them from major fungal diseases. *ISME J*. 14:3120–3135. doi: 10.1038/s41396-020-00744-6
- Tirado-Ramírez MA, López-Orona CA, Velázquez-Alcaraz TJ, Díaz-Valdés T, Velarde-Félix S, Martínez-Campos AR. and Retes-Manjarrez JE. 2018. First report of onion basal rot caused by *Fusarium falciforme* in Mexico. *Plant Disease* 102(12): 2646. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-18-0757-PDN>
- Tirado-Ramírez MA, López-Orona CA, Díaz-Valdés T, Velarde-Félix S, Martínez-Campos AR, Romero-Gómez SJ, and Retes-Manjarrez JE. 2019. First report of basal rot of onion caused by *Fusarium brachygybbsum* in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 103(3):582. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-18-0710-PDN>
- Tirado-Ramírez MA, López-Orona CA, López-Billard J, Molina-Cárdenas L, Sánchez-Rangel JC, Amarillas-Bueno L, and Vega-Gutiérrez TA. 2023. First report of *Fusarium verticillioides* causing safflower root rot in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 107(9): 2851. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-23-0257-PDN>
- Tovar-Pedraza JM, Mora-Aguilera JA, Nava-Díaz C, Lima NB, Michereff SJ, Sandoval-Islas JS, Cámara MPS, Téliz-Ortiz D, and Leyva-Mir SG. 2020. Distribution and pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with mango anthracnose in Mexico. *Plant Disease* 104(1): 137-146. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-19-0178-RE>

- Tovar-Pedraza JM, Márquez-Licon G, Bárcenas-Santana D, Leyva-Madrigal KY, Mora-Romero GA, Llaven-Valencia G, and García-León E. 2023. Occurrence of *Curvularia pisi* and *C. muehlenbeckiae* causing leaf spot on guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) in Mexico. *Plant Disease* 107(2):565. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-22-0858-PDN>
- Tovar-Pedraza JM, Solano-Báez AR, Leyva-Mir SG, Tlapal-Bolaños B, Camacho-Tapia M, García-León E, Ayala-Escobar V, Nava-Díaz C, Quezada-Salinas A, Santiago-Santiago V, et al. 2024. The need and opportunity to update the inventory of plant pathogenic fungi and oomycetes in Mexico. *Journal of Fungi* 10: 395. <https://doi.org/10.3390/jof10060395>.
- Velarde-Félix S, Valenzuela-Herrera V, Ortega-Murrieta PF, Fierros-Leyva GA, Rojas-Rojas PA, López-Orona CA, and Retes-Manjarrez JE. 2022. First report of *Fusarium falciforme* (FSSC 3 + 4) causing root rot on chickpea in Mexico. *Plant Disease* 106(1): 329. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-21-1123-PDN>
- Velarde-Félix S, Garzón-Tiznado JA, Hernández-Verdugo S, López-Orona CA, Retes-Manjarrez JE. 2018. Occurrence of *Fusarium oxysporum* causing wilt on pepper in Mexico. *Canadian Journal of Plant Pathology* 40(2): 238-247. <https://doi.org/10.1080/07060661.2017.1420693>
- Vega-Gutiérrez TA, López-Orona CA, López-Urquidez GA, Velarde-Félix S, Amarillas-Bueno LA, Martínez-Campos AR, and Allende-Molar R. 2019. Foot rot and wilt in tomato caused by *Fusarium falciforme* (FSSC 3 + 4) in Mexico. *Plant Disease* 103(1): 157. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-18-1001-PDN>
- Vega-Gutiérrez TA, Tirado-Ramírez MA, López-Urquidez GA, Angulo-Castro A, Martínez-Gallardo JA, and López-Orona CA. 2019. *Fusarium falciforme* (FSSC 3 + 4) causing root and stem rot in papaya (*Carica papaya*) in Mexico. *Plant Disease* 103(10): 2681. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-19-0917-PDN>
- Vega-Gutiérrez TA, Douriet-Angulo A, Molina-Cárdenas L, Tirado-Ramírez MA, López-Urquidez GA, and López-Orona CA. 2022. Root rot and wilt caused by *Fusarium nygamai* of bean (*Phaseolus vulgaris*) in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 106(10): 2748. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-22-0123-PDN>
- Vega-Gutiérrez TA, López-Orona CA, Molina-Cárdenas L, López-Urquidez GA, Payán-Arzapalo MA, and Tirado-Ramírez MA. 2023. First report of *Fusarium keratoplasticum* causing strawberry root rot in Sinaloa, Mexico. *Plant Disease* 107(9): 2879. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-22-2441-PDN>
- Vega-Gutiérrez TA, Tirado-Ramírez MA, Molina-Cárdenas L, López-Urquidez GA, and López-Orona CA. 2023. *Fusarium verticillioides* causing root and stem rot in papaya (*Carica papaya*) in Mexico. *Plant Disease* 107(8): 2517. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-23-0008-PDN>
- Woudenberg JH, Seidl MF, Groenewald JZ, de Vries M, Stielow JB, Thomma BP, Crous PW. 2015. *Alternaria* section *Alternaria*: Species, formae speciales or pathotypes? *Studies in Mycology*. 82:1-21. doi: 10.1016/j.simyco.2015.07.001.
- Wrather JA, and Koenning SR. 2010. Soybean disease loss estimates for the United States, 1996–2009. Delta Research Center: Agriculture Experiment Station. University of Missouri, College of Agriculture, Food and Natural Resources, USA. https://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1995Articles/PlantDisease79n10_1076.pdf
- Willets HJ and Wong JA. 1980. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum* and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. *The Botanical Review* 46:101-165. DOI:10.1007/BF02860868
- Xia Z, Wang Z, Kav NNV, Ding C, and Liang Y. 2020. Characterization of microRNA-like RNAs associated with sclerotial development in *Sclerotinia sclerotiorum*. *Fungal Genetics and Biology*, 144, 103471. doi:10.1016/j.fgb.2020.103471