

Diversidad de hongos asociados al cultivo del arándano en Michoacán, México

Fungi diversity associated with blueberry cultivation in Michoacan, Mexico

Elsa Carolina Landeros Gálvez ¹, Anselmo Hernández Pérez ², Ernesto Cerna Chávez ¹, Yisa María Ochoa Fuentes ¹

¹ Departamento de Parasitología Agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista, C.P. 25315, Saltillo, Coahuila, México.

² Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Uruapan. Avenida Latinoamericana 1101, C.P. 60150, Uruapan, Michoacán, México.

RESUMEN

Antecedentes: El rápido crecimiento del cultivo del arándano en México ha dado lugar a una deficiencia en la información referente a los patógenos fúngicos asociados al cultivo. Dichos conocimientos son esenciales para establecer un manejo eficaz de las enfermedades asociadas.

Objetivo: Aportar conocimientos sobre la diversidad de hongos fitopatógenos y saprófitos asociados al cultivo del arándano.

Métodos: Se colectaron muestras de plantas que presentaban síntomas de enfermedad en predios agrícolas de dos localidades del estado de Michoacán. Se procesaron y purificaron en medio PDA y V8 por la técnica de punta de hifa, se realizaron montajes de micelio para su identificación morfológica con base en claves taxonómicas. Asimismo, se realizó la extracción de ADN y reacciones de PCR, para la cual se emplearon los iniciadores ITS1/ITS4; las reacciones fueron secuenciadas y comparadas con la base de datos del NCBI.

Resultados y conclusiones: Se identificaron siete especies de hongos (fitopatógenos y saprófitos) asociados al cultivo: *Aspergillus sclerotiorum*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Stagonosporopsis cucurbitacearum*, *Fusarium oxysporum*, *Nigrospora sphaerica*, *Neopestalotiopsis rosae* y *Pestalotiopsis oxyanthi*. La totalidad de las especies se están reportando por primera vez en el cultivo del arándano en México.

Palabras clave: arándano, fitopatógenos, identificación molecular y morfológica

ABSTRACT

Background: The rapid growth of the blueberry crop in Mexico has resulted in a deficiency of information on fungal pathogens associated with the crop. Such knowledge is essential to establish an effective management of associated diseases.

Objective: To provide knowledge on the diversity of phytopathogenic and saprophytic fungi associated with this crop.

Methods: Samples of plants showing symptoms of disease were collected from agricultural properties in two localities of the state of Michoacan. They were processed and purified in PDA and V8 medium using the hyphal tip technique, mycelial mounts were made for their morphological identification based on taxonomic keys. DNA extraction and PCR reactions were performed, the primers used for the last one were ITS1/ITS4; the reactions were sequenced and compared with the NCBI database.

Results and conclusions: Seven fungal species (phytopathogenic and saprophytic) associated with the crop were identified: *Aspergillus sclerotiorum*, *Trichoderma longibrachiatum*, *Stagonosporopsis cucurbitacearum*, *Fusarium oxysporum*, *Nigrospora sphaerica*, *Neopestalotiopsis rosae* and *Pestalotiopsis oxyanthi*. All these species are being reported for the first time in blueberry cultivations in Mexico.

Keywords: blueberry, molecular and morphological identification, phytopathogens

ARTICLE HISTORY

Received 13 October 2023; Accepted 21 May 2024
On line 15 June 2024

CORRESPONDING AUTHOR

✉ Yisa María Ochoa Fuentes, e-mail: yisa8a@yahoo.com
Orcid: 0000-0001-7859-8434

INTRODUCCIÓN

El arándano azul (*Vaccinium corymbosum*) es una fruta con alto valor nutricional, bajo contenido calórico, elevado en antioxidantes y con propiedades antiinflamatorias; además de que puede ser consumido tanto en fresco o en sus formas procesadas (Banerjee *et al.* 2020). Dichos atributos lo convierten en un producto atractivo por su versatilidad y beneficios a la salud humana. Por estos motivos, se ha incrementado la popularidad y demanda de este en la última década; ocasionando así un aumento en la producción y superficie cultivada en diferentes regiones del mundo, incluyendo a México. En el 2022, en nuestro país se registró una producción total de 66,846 t que, al compararla con las 7,190 t cultivadas en el año 2012, nos indican un aumento importante de casi 10 veces de la producción a nivel nacional en un periodo de 10 años (SIAP 2022).

Las enfermedades fúngicas se encuentran dentro de los principales factores causales de la reducción en la productividad de las plantas. Los géneros más recurrentes son aquellos que afectan el fruto y por lo general se encuentran en la etapa de postcosecha, tal es el caso de *Botrytis*, *Monlinia* y *Colletorichum* (Bell *et al.* 2021). Sin embargo, también se pueden presentar algunos géneros que afectan otros órganos como las hojas (*Septoria* y *Gloeosporium*), causando una reducción en la capacidad fotosintética de la planta y defoliación prematura; o también otros que perjudican las raíces como *Phytophthora* y *Armillaria* (Prodorutti *et al.* 2007). Para el caso específico del arándano, se han registrado pérdidas de hasta un 30% en la producción total debido a dichos fitopatógenos (Scherm y Krewer 2008).

El crecimiento acelerado del cultivo ha dado lugar a una deficiencia en la información disponible sobre los fitopatógenos que afectan su producción en México; sobre todo en la especificidad en la identificación morfológica y molecular a nivel de especie. Dentro de los tipos de bayas cultivadas en México, el arándano presenta el menor número de especies identificadas y reportadas, con un total de 15 especies de hongos fitopatógenos registrados, comparadas con las 45 especies para el cultivo de la fresa (Garay-Serrano *et al.* 2021). La generación de esta información es importante para poder planear un control eficaz y oportuno de las enfermedades, que se traducirá en un aumento productivo del cultivo y, por lo tanto, mayores ganancias económicas.

El objetivo del presente trabajo consiste en identificar a nivel de especie, de forma morfológica y molecular, los hongos asociados al cultivo del arándano en dos localidades del estado de Michoacán, México. Se hará especial énfasis en los hongos fitopatógenos y su relevancia agrícola, sin excluir a aquellos de vida libre o saprófitos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta del material

La recolección de las muestras se llevó a cabo en las localidades de Uruapan y Ziricuairetiro en el estado de Michoacán, México. Los predios corresponden a unidades de producción agrícola dedicadas al cultivo de arándano. Se obtuvo una muestra compuesta, formada por varias plantas que presentaron síntomas de enfermedad (necrosis, amarillamiento o coloraciones anormales en las hojas y apariencias raquítics); de las cuales se tomaron muestras de toda la planta (fruto, inflorescencia, hojas, tallo y raíz). Estas fueron depositadas en bolsas de papel encerado para evitar su deshidratación, posteriormente fueron trasladadas al Laboratorio de Toxicología de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro para su posterior análisis.

Procesamiento de las muestras

Las muestras se lavaron y se cortaron trozos de aproximadamente 1 cm², para asegurar la uniformidad de las muestras y facilitar el manejo de estas. Posteriormente se desinfectaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 3 % durante un minuto, enseguida se realizó un triple enjuague con agua destilada estéril y se dejaron secar a temperatura ambiente. Consecutivamente, las muestras de tejido se colocaron sobre medio PDA y V8, se incubaron a 25 °C por un periodo de 24 a 72 h. Pasado el tiempo, se verificaron las cajas para confirmar el crecimiento y se realizaron las resiembras pertinentes. Finalmente, se obtuvieron cepas puras por medio de la técnica de punta de hifa.

Identificación y descripción morfológica

La identificación morfológica se llevó a cabo a través de la visualización directa de las estructuras fúngicas.

Para ello se incubaron las cepas puras por cuatro semanas para asegurar la presencia de conidios u otras estructuras que facilitarían la identificación. Para su observación al microscopio compuesto se realizaron montajes de micelio sobre portaobjetos teñidos con lactofenol azul de algodón. Para la identificación morfológica inicial a género se emplearon las claves taxonómicas de Barnett y Hunter (1998), posteriormente se emplearon claves y artículos específicos para la identificación a nivel de especie (Wang et al. 2017, Maharachchikumbura et al. 2014, Zhou et al. 2022, Harman y Kubieck 2002, Christensen 1982). La corroboración de la nomenclatura de las especies se realizó en la página Index Fungorum.

Identificación molecular

La extracción de ADN de las cepas purificadas se realizó siguiendo la metodología modificada de Doyle y Doyle (1987). Se tomó micelio con ayuda de un bisturí y se maceró en un mortero con 800 µL de buffer de extracción (Tris-HCL, pH 8.0 - 100mM; EDTA pH 8.5 - 50 mM; NaCl 50 mM y SDS 2 %), se agitó por 30 segundos en el vórtex para asegurar la uniformidad de la muestra. Posteriormente se agregaron 700 µL de cloroformo/alcohol isoamílico (24:1) y se agitó por otros 30 segundos en el vórtex. Se centrifugaron las muestras durante 15 minutos a 12,000 rpm. Se extrajo

la fase acuosa y se colocó en un tubo nuevo al que también se le adicionó un volumen equivalente de isopropanol (aproximadamente 500 µL). Dicho tubo se dejó en refrigeración por 15 minutos para después centrifugarlo durante 10 minutos a 12,000 rpm. Terminada la centrifugación se desechó el sobrenadante, la pastilla de ADN se dejó secar a temperatura ambiente sobre papel secante.

Para las amplificaciones por PCR se utilizaron los iniciadores ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3'). Las condiciones de la reacción para la PCR fueron de 1 ciclo de desnaturalización inicial a 94 °C por 5 min., seguido a este fueron 30 ciclos de desnaturalización a 95 °C por 10 segundos, posteriormente se llevaron a cabo 30 ciclos para el alineamiento de los primers a 57 °C por 30 segundos, seguido por 30 ciclos de extensión a 72 °C por 2 minutos y por último un ciclo de extensión final a 72 °C por 5 minutos. La amplificación se visualizó en un gel de agarosa al 1 % mediante electroforesis. Las secuencias de las amplificaciones fueron cotejadas con ayuda de la herramienta BLAST de la base de datos del NCBI para su identificación pertinente. Después de haber confirmado su identidad, las secuencias obtenidas fueron depositadas en el GenBank del NCBI con los números de acceso presentes en la Tabla 1.

Tabla 1. Especies fúngicas descritas en el presente trabajo

Número de Acceso NCBI	Especie (% similaridad Blast ID)	Parte de la planta	Primer reporte en <i>Vaccinium corymbosum</i> en México
OR652627	<i>Aspergillus sclerotiorum</i> (100 %)	Hoja y fruto	Sí
OR652628	<i>Trichoderma longibrachiatum</i> (99 %)	Raíz	Sí
OR652629	<i>Stagonosporopsis cucurbitacearum</i> (99 %)	Hoja	Sí
OR652630	<i>Fusarium oxysporum</i> (100 %)	Raíz	Sí
OR652631	<i>Nigrospora sphaerica</i> (100 %)	Hoja	Sí
OR652632	<i>Neopestalotiopsis rosae</i> (100 %)	Tallo	Sí
OR652633	<i>Pestalotiopsis oxyanthi</i> (100 %)	Inflorescencia	Sí

Resultados y Discusión

Aspergillus sclerotiorum G.A. Huber, *Phytopathology* 23: 306 (1933)

Figura 1A-C

Crecimiento en PDA con micelio blanco-crema en un inicio, posteriormente el micelio presentó pequeños abultamientos que tomaron una apariencia pulverulenta, con el tiempo el color del micelio cambió a amarillo brillante (Figura 1A); esta característica se debe a la acumulación de conidióforos y conidios sobre el micelio. Conidióforos erguidos, simples, no septados, color amarillo pálido, largos, terminados en un engrosamiento globoso conocido como vesícula aspergilar cuyas dimensiones promedio son de 36.48 x 37.37 μm (n=20); la cabeza aspergilar con dimensiones promedio de 70.03 x 67.46 μm (n=20) (Figura 1B), es bi-seriada, por lo que presenta métulas sobre las cuales se sitúan los esterigmas o fiálides (Figura 1C), las métulas se encuentran radiando de la vesícula o están distribuidas por toda su superficie. Los conidios son unicelulares, globosos a subglobosos, no elongados, con coloraciones amarillas translúcidas, son lisos a finamente rugosos, se pueden encontrar solitarios o en cadena, se sitúan sobre las fiálides.

Material estudiado: México, Michoacán, municipio de Uruapan, septiembre 22, 2022.

Comentarios: Aislada de hojas y frutos. La morfología concuerda con la reportada en la literatura (Bioresource Collection and Research Center 2023, Christensen 1982). *Aspergillus sclerotiorum* se encuentra naturalmente en una gran variedad de ecosistemas agrícolas. En sí, la presencia del hongo no representa un peligro para los cultivos, ya que no hay evidencias directas de su fitopatogenicidad; sin embargo, sigue siendo un hongo de interés agropecuario debido a su capacidad productora de micotoxinas y su potencial como agente de control biológico.

En el presente trabajo se reporta por primera vez la presencia de *A. sclerotiorum* en un cultivo agrícola en México, de forma específica el arándano. Dicho hongo ya ha sido reportado en otras frutas como albaricoque, ciruela, melocotón, uvas, dátiles, higo, manzanas y peras (Aziz y Moussa 2002); el único registro para otras bayas fue hecho por los mismos autores y se trata del cultivo de la fresa. El común denominador de los frutos afectados por *A. sclerotiorum* es que la mayoría son pertenecientes a la familia Ro-

saceae, a partir de esto nace la incógnita y posible tópico para futuras investigaciones, que esclarezcan la posibilidad de alguna preferencia del hongo hacia cultivos pertenecientes a dicha familia. La presencia de *A. sclerotiorum* en frutos de importancia comercial es relevante, debido a su capacidad productora de micotoxinas como ocratoxina A/B, ácido penicílico, xantomegnina, viomelleina y vioxantina (Visagie *et al.* 2014, Bayman *et al.* 2002). La contaminación de productos agrícolas con micotoxinas es una seria amenaza para la salud humana debido a que su ingesta resulta en toxicidad aguda y crónica para el ser humano, las micotoxinas pueden poseer propiedades cancerígenas, mutagénicas, teratogénicas y causar hepatotoxicidad, nefrotoxicidad, neurotoxicidad, inmunotoxicidad y dermatotoxicidad (Drusch y Aumann 2005). Debido al riesgo que representan las micotoxinas para la salud humana, entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO) han establecido lineamientos que regulan la presencia y distribución de alimentos con micotoxinas (Navale *et al.* 2021). Este primer reporte en México representa un posible reto a futuro para los agricultores y comerciantes mexicanos, que tendrán que asegurar la inocuidad alimentaria y cumplir con las regulaciones en lo que concierne a las micotoxinas, para poder comercializar los productos agrícolas en mercados internacionales.

Contrario a los efectos negativos que tiene los metabolitos secundarios de *A. sclerotiorum* para el ser humano, se han reportado efectos benéficos de dichos metabolitos para la agricultura, como agentes de control biológico. El metabolito mencionado anteriormente, ácido penicílico, fue aislado de *A. sclerotiorum* y probó tener una alta actividad antifúngica *in vitro* contra *Phytophthora* spp. (Kang y Kim 2004). Así mismo, Hadj-Taieb *et al.* (2019, 2020) reportan antagonismo fúngico de *A. sclerotiorum* hacia por lo menos 8 especies de hongos fitopatógenos presentes en el cultivo del pistachio. También se ha demostrado su actividad antibacteriana hacia *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Jiang *et al.* 2019); y su actividad entomopatógena ha resultado efectiva contra termitas y mosquitos (Hansen *et al.* 2016).

Trichoderma longibrachiatum Rifai, Mycol. Pap. 116: 42 (1969)

Figura 1D-E

Conidióforos hialinos, muy ramificados, verticilados; fiálides solitarias o en grupos, son elongadas y lageniformes a casi cilíndricas midiendo en promedio $2.11 \times 6.32 \mu\text{m}$ ($n=20$) (Figura 1E); afanofiálides o fiálides intercalares presentes en la especie. Conidios (fialosporas) hialinas, unicelulares, redondas a ovoides, que nacen terminalmente en pequeños racimos o individualmente, tamaño promedio de $2.78 \times 2.89 \mu\text{m}$ ($n=20$). En medio de cultivo PDA *T. longibrachiatum* presentó pigmentaciones llamativas color amarillo brillante, dichas coloraciones fueron evidentes tanto en el micelio como en el medio de cultivo; posteriormente se hicieron presentes machas color verde (formados por conjuntos de conidios) sobre el mismo (figura 1D).

Material estudiado: México, Michoacán, municipio de Uruapan, septiembre 22, 2022.

Comentarios: Aislada de la raíz. La morfología observada concuerda con la descrita previamente en la literatura (Harman y Kubicek 2002). *Trichoderma longibrachiatum* es un hongo saprófito, cosmopolita y de vida libre (Kubicek-Pranz 1998). Ya ha sido reportado en varios cultivos del país como el cacao, maíz y chile; dichos reportes provienen de estudios diversos sobre su papel como antagonista o como promotor vegetal (Allende-Molar et al. 2022). El presente trabajo es el primero que registra la presencia de *T. longibrachiatum* en el arándano en México; otros estudios similares al presente han sido realizados sobre la comunidad de la rizosfera del arándano en Portugal (Gomes et al. 2023).

Existen varios motivos que pueden dar explicación a la presencia de *T. longibrachiatum* en las muestras de arándano del presente trabajo, la mayoría de ellas están relacionadas a las diferentes funciones del hongo dentro del agroecosistema. La especie se encuentra frecuentemente en los sustratos agrícolas como descomponedor de materia orgánica debido su capacidad de producir enzimas hidrolizadoras de celulosa (Xie et al. 2014), también es posible encontrarlo como endófito, dentro de las plantas sin ocasionar daño alguno (Samuels 2012). Otra función común de *T. longibrachiatum* es como agente de control biológico (Sharma y Gothwal 2017, Poveda 2021), inhibiendo la actividad de otras especies mediante un conjunto

de acciones como puede ser antagonismo, parasitismo directo, producción de metabolitos secundarios, entre otros; se ha probado efectivo contra hongos fitopatógenos (Oliveira et al. 2022, Camacho-Luna et al. 2022, Zhang et al. 2018), bacterias (Caracciolo et al. 2023) e incluso se ha reportado su potencial como entomopatógeno (Anwar et al. 2023, Ghosh y Pal 2016, Cisneros-Vázquez et al. 2023). Su presencia en el agroecosistema puede resultar en un beneficio directo para la planta, ya que es un conocido promotor del crecimiento vegetal; mejora los caracteres agronómicos y aumenta la productividad del cultivo (Ruiz-Cisneros et al. 2018, Subramaniam et al. 2022); así mismo, el hongo puede inducir la resistencia sistémica de las plantas ya que durante el proceso de infección se activa la producción de diferentes genes codificadores de proteínas que regulan los procesos y rutas de defensa/estrés de la planta, como lo son la producción de ácido jasmónico, etileno y ácido salicílico (Yuan et al. 2019) o la tolerancia a la sequía (Khoshmanzar et al. 2020). Es posible que *T. longibrachiatum* estuviera realizando una o varias de las funciones que se mencionaron con anterioridad en los arándanos muestreados.

Stagonosporopsis cucurbitacearum (Fr.) Aveskamp, Gruyter & Verkley, in Aveskamp, Gruyter, Woudenberg, Verkley & Crous, Stud. Mycol. 65: 45 (2010)

Figura 1F

El crecimiento de la cepa en PDA presentó una coloración blanquecina del micelio durante los primeros días posteriores a la purificación; al paso del tiempo, el micelio comenzó a tornarse gris oscuro y aparecieron algunas protuberancias y manchas con coloraciones verde oscuro/café; dichas manchas corresponden a cúmulos de conidios (picnidios) sobre el micelio (Figura 1F). De acuerdo con Zhou et al. (2022), se pueden presentar conidios ovales y hialinos con medidas de $4.6-8.7 \times 1.2-2.4 \mu\text{m}$. Las clamidosporas por lo general son unicelulares, esféricas o ligeramente elípticas con $6.3-15 \times 6-11 \mu\text{m}$ de tamaño, pueden presentarse de forma solitaria o formando cadenas de 4 a 13 unidades.

Material estudiado: México, Michoacán, municipio de Uruapan, septiembre 22, 2022.

Comentarios: Aislada de las hojas. Las observaciones morfológicas y las características del crecimiento en medio de cultivo concuerdan con la descripción de

Stagonosporopsis cucurbitacearum (Li *et al.* 2015, Moumni *et al.* 2020, Keinath 2013). *Stagonosporopsis cucurbitacearum* (sin. *Didymella bryoniae*) es un hongo fitopatógeno que se encuentra afectando principalmente a cucurbitáceas (melón, sandía, calabaza, pepino y luffa) a nivel mundial y se ha reportado prácticamente en todos los continentes (Nuangmek *et al.* 2018). Puede afectar todos los órganos de las cucurbitáceas, incluyendo tallos, hojas, raíces, semillas y fruto. El patógeno ocasiona la enfermedad conocida como tizón gomoso del tallo (hojas, tallo) o pudrición negra (cuando afecta el fruto); puede encontrarse también en el suelo y en semillas, donde permanecen por largos periodos de tiempo, estas últimas suelen ser una fuente importante de inóculo ya que permite la movilización geográfica del patógeno (Moumni *et al.* 2019).

En un principio se pensaba que *S. cucurbitacearum* solo afectaba a miembros de la familia Cucurbitaceae, sin embargo, en años recientes se han hecho reportes que contradicen lo anterior. Entre los nuevos hospederos se encuentran desde plantas herbáceas con usos medicinales en países asiáticos como lo es *Ipomoea aquatica* (Liu *et al.* 2017) y *Pinellia ternata* (Zhou *et al.* 2022), hasta plantas extensamente comercializadas como el tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Wang *et al.* 2018); todas las especies anteriores pertenecen a familias taxonómicas diferentes, lo que indica una ampliación en el número y diversidad de hospederos del hongo.

En México el patógeno *S. cucurbitacearum*, en forma de su sinónimo *Didymella bryoniae*, ya había sido reportado en el cultivo del chayote (Romero-Velazquez *et al.* 2015). En el presente trabajo es la primera vez que se hace el registro de *S. cucurbitacearum* en el cultivo del arándano tanto a nivel nacional como mundial. A pesar de esto, se desconoce si su presencia causa patogénesis alguna en el hospedero, esto da lugar a la posible realización de investigaciones futuras que respondan el planteamiento anterior.

***Fusarium oxysporum* Schltdl., Fl. berol. (Berlin) 2: 139 (1824)**

Figura 1G-I

Micelio aéreo abundante de color blanco en un inicio y tornándose violeta más tarde; la pigmentación del medio es morado o violeta (Figura 1G). Formación de esporodoquios de diferentes formas y tamaños (cre-

cimiento en medio V8), desde globoso a subgloboso, con coloración amarillo oscuro a café pálido o violeta oscuro a casi negro. La esporulación comienza rápido, formando microconidios que no se agrupan en cadenas, tienen de una a dos células, ovaladas a elipsoides (Figura 1I), presentes en el micelio aéreo con una dimensión promedio de 2.41 x 7.51 μm (n=20); los macroconidios se pueden encontrar solitarias y agrupadas en erupciones (i.e. esporodoquios), son moderadamente curvadas, con reducciones en ambos extremos, en algunas ocasiones la célula apical es puntiaguda o en forma de gancho, por lo general tiene de 3 a 5 septos (Figura 1H), con dimensiones promedio de 5.05 x 33.94 μm (n=20); clamidosporas presentes, globosas a subglobosas o alargadas, tanto en micelio aéreo, superficial o sumergido, pueden ser intercalares o terminales, y pueden presentarse de forma solitaria midiendo en promedio 7.19 x 7.44 μm (n=20), en pares o cadenas (Figura 1I).

Material estudiado: México, Michoacán, municipio de Uruapan, septiembre 22, 2022.

Comentarios: Aislada de la raíz. La presente descripción morfológica de *Fusarium oxysporum* concuerda con la caracterización reportada en la literatura (Leslie y Summerell 2008, Gerlach *et al.* 1982). *Fusarium oxysporum* es un hongo fitopatógeno asociado al suelo de los cultivos, puede estar presente en una amplia variedad de hospederos como hortalizas, flores de ornato, maleza, árboles frutales, entre otros (Kant *et al.* 2011). Dicho patógeno ocasiona la enfermedad conocida como marchitez vascular; debido a su origen en el suelo, el patógeno infecta en un inicio las raíces de las plantas y posteriormente se disemina por el haz vascular, en donde la presencia del micelio ocasiona el bloqueo del mismo; esto último resulta en la imposibilidad de la planta para translocar nutrientes, a consecuencia de esto, comenzarán los síntomas de clorosis, coloraciones rojizas por deficiencia de nutrientes, necrosis marginal, defoliación y el típico marchitamiento ocasionado por la enfermedad (Joshi 2018). El presente patógeno fue aislado de la raíz, la localización del hongo concuerda con la epidemiología y el proceso infeccioso descrito anteriormente; así mismo, la sintomatología presente en la planta de quemadura marginal foliar y coloraciones rojizas debido a la ineficiencia en la toma de nutrientes, concuerdan con la ocasionada por el patógeno. Retomando lo discutido para *T. longibrachiatum*, la coexistencia

de ambos hongos en la rizosfera del arándano en el presente estudio, indican una posible relación antagónica de ambos hongos, en el que *T. longibrachiatum* ejerce cierto grado de control biológico sobre *F. oxysporum* y promueve el crecimiento vegetal, como se ha reportado en la literatura (Liu et al. 2023, Sobowale et al. 2022). La presencia de *F. oxysporum* como fitopatógeno ha sido reportado previamente en el cultivo del arándano en China (Liu et al. 2014) y

Chile (Moya-Elizondo et al. 2019); también se ha reportado en Argentina (Pescie et al. 2021), como endófito y sin comprobar su patogenicidad. En México, *F. oxysporum* se ha asociado a otras berries como la zarzamora, fresa y mora (Garay-Serrano et al. 2021); sin embargo, este es el primer reporte que se hace del *F. oxysporum* afectando al cultivo del arándano en México.

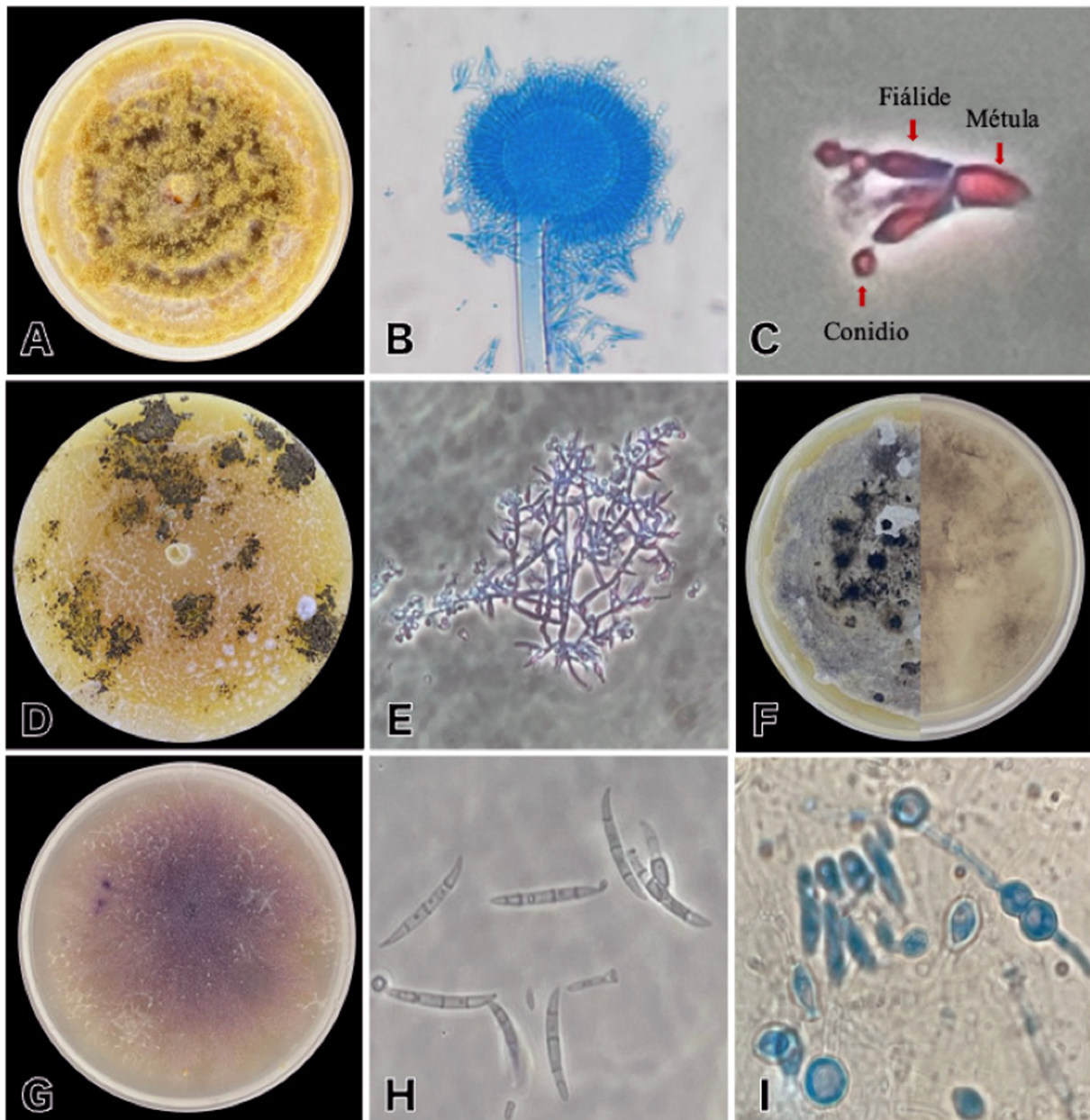


Figura 1. A: *Aspergillus sclerotiorum* en PDA, acumulación de conidióforos sobre el micelio con apariencia pulverulenta claramente visible. B: cabeza aspergilar biseriada de *A. sclerotiorum*. C: elementos de una cabeza aspergilar biseriada: métula, fiálide y conidio de *A. sclerotiorum*. D: *Trichoderma longibrachiatum* en PDA con manchas de conidióforos color verde oscuro. E: Conidióforos de *T. longibrachiatum*. F: frente y envés del crecimiento en PDA de *Stagonosporopsis cucurbitacearum*. G: *Fusarium oxysporum* en PDA. H: macroconidios de *F. oxysporum*. I: microconidios y clamidosporas de *F. oxysporum*.

Nigrospora sphaerica (Sacc.) E.W. Mason, Trans. Br. mycol. Soc. 12(2-3): 158 (1927)

Figura 2A-B

Crecimiento del micelio en PDA presentó una coloración blanca en un inicio, posteriormente se presentaron coloraciones cafés sobre el micelio antes blanco (Figura 2A), esto debido a la presencia de conidios en el mismo. Hifas hialinas o café claro, septadas. Conidióforos cortos, rectos o ligeramente curvos, hialinos o con coloraciones café claro, en su mayoría son simples, en el ápice de estos se encuentra una célula conidiogénica hialina o de color café claro (Figura 2B), de forma cilíndrica a subglobosa, con dimensiones promedio de 10.48 x 10.81 μm (n=20), sobre estas se sostienen los conidios (i.e. aleuriosporas) color negro a café oscuro, brillantes, unicelulares, globosas midiendo en promedio de 22.80 x 22.89 μm (n=20).
Material estudiado: México, Michoacán, municipio de Uruapan, septiembre 22, 2022.

Comentarios: Aislada de las hojas. Las características morfológicas coincidieron con la descripción de *Nigrospora sphaerica* reportada en literatura previa (Zheng *et al.* 2021). Se ha reportado a *Nigrospora oryzae* como sinónimo de *N. sphaerica* (Index Fungorum 2016, Palacio-Bielsa 2010). Sin embargo, en el presente trabajo se discutirá sobre *N. sphaerica* de forma independiente a *N. oryzae*, la decisión se tomó con base en los estudios morfológicos y moleculares que afirman lo anterior (Wang *et al.* 2017, Hao *et al.* 2020, Abass y Mohammed 2014). *Nigrospora sphaerica* es un conocido fitopatógeno que afecta una amplia variedad de cultivos de importancia agrícola como el mango (Youssef *et al.* 2022), cacao (Villanueva *et al.* 2023), pitahaya (Wang *et al.* 2022) e incluso a plantas de flor de corte como el crisantemo (Luo *et al.* 2022); también ha sido reportado, en una sola ocasión, como fitopatógeno en el cultivo del arándano en Argentina (Wright *et al.* 2008). El hongo afecta comúnmente las partes aéreas de las plantas como las hojas y ramas; las patologías más frecuentes suelen ser la mancha foliar y tizón de las hojas/ramas. A pesar de la extensa literatura que lo sitúa como fitopatógeno, también se ha reportado como endófito, sin ocasionar daño alguno a las plantas e incluso se reporta su actividad como promotor de crecimiento vegetal mitigando el estrés abiótico de las plantas (Sodhi y Saxena 2023) y como agente de control biológico contra hongos fitopatógenos de

raíces (Mmbaga *et al.* 2018). En México, la presencia de *N. sphaerica* ha sido reportada únicamente para el cultivo de arroz (Sandoval-Martínez 2022). En el presente estudio se reporta por primera vez a *N. sphaerica* en el cultivo del arándano en México y el segundo reporte para el arándano a nivel mundial. Queda abierta la posibilidad de futuros estudios para determinar su fitopatogenicidad en el cultivo del arándano en México.

Neopestalotiopsis rosae Maharachch., K.D. Hyde & Crous, in Maharachchikumbura, Hyde, Groenewald, Xu & Crous, Stud. Mycol. 79: 147 (2014)

Figura 2C-D

En un inicio se presentó una coloración blanca del micelio en PDA, posteriormente se comenzaron a percibir tonalidades cafés sobre el mismo, iniciando de forma concéntrica hasta tomar esa apariencia uniformemente, esta coloración se debe a la presencia de conidios (Figura 2C). Los conidióforos son indistintos, reducidos a la presencia de células conidiógenas. Conidios fusoides, elipsoides, rectos a ligeramente curvados, presentando en su mayoría cinco células: una basal, una apical y tres medias, longitud promedio del conidio de 7.31 x 16.77 μm (n=20) (Figura 2D); presenta cuatro septos visiblemente más oscuras que las células medianas; célula basal cónica con base truncada, hialina o con leves coloraciones café translúcido, de paredes finas, en este a menudo se observa un apéndice corto hialino; seguida a esta se encuentran tres células medianas doliformes, café versicolor, la segunda célula desde la base suele ser marrón pálido, de longitud; tercera célula café oscuro, suele ser la más notoria de las cinco; cuarta célula café miel; célula apical, hialina, cilíndrica, de paredes finas y lisas; con 3-5 apéndices apicales tubulares, que no nacen de la cresta apical, sino que cada uno se inserta en un lugar distinto de la mitad superior de la célula.

Material estudiado: México, Michoacán, municipio de Uruapan, septiembre 22, 2022.

Comentarios: Aislada del tallo. La descripción de *Neopestalotiopsis rosae* concuerda con los registros morfológicos en la literatura (Maharachchikumbura *et al.* 2014, Essa *et al.* 2018). Se trata de un hongo fitopatógeno, descrito por primera vez en individuos del género *Rosa* spp. (Nueva Zelanda) y en *Paeonia suffruticosa* (USA) (Maharachchikumbura *et al.* 2014). A pesar de que los primeros reportes del fitopatógeno

lo asociaran principalmente con plantas de flor de corte, en la actualidad su asociación más relevante es con el cultivo de la fresa, esto debido a que es principal agente causal de varias enfermedades de importancia económica de dicho cultivo como la pudrición de corona y raíz (Sun *et al.* 2021, Essa *et al.* 2018), así como el tizón y mancha foliar, de tallo y de fruto (Wu *et al.* 2021). También se ha reportado la presencia de dicho patógeno en diferentes cultivos como aguacate (Fiorenza *et al.* 2022), granada (Xavier *et al.* 2021), eucalipto (Diogo *et al.* 2021) y nuez (Gao *et al.* 2022). *Neopestalotiopsis rosae* se encuentra reportado como fitopatógeno con alta agresividad en el cultivo del arándano en países como Perú (Rodríguez-Gálvez *et al.* 2020) y Portugal (Santos *et al.* 2022). En México *N. rosae* se ha encontrado causando afecciones en raíces y hojas de cultivos de fresa en el Estado de Michoacán (Rebollar-Alviter *et al.* 2020). En el presente estudio se reporta por primera vez a *N. rosae* para el cultivo del arándano en México. La posible proximidad geográfica y la estrecha relación entre el cultivo de la fresa y el arándano (frecuentemente son cultivados en los mismos ciclos de cultivo y en predios cercanos), puede dar explicación a la presencia de dicho patógeno en ambos cultivos en el mismo estado.

***Pestalotiopsis oxyanthi* (Thüm.) Steyaert, Bull. Jard. bot. État Brux. 19(3): 329 (1949)**

Figura 2E-F

Colonias en PDA con micelio abundante, color blanco en los primeros días y posteriormente se torna de color crema. Al paso de las semanas aparecieron secreciones gomosas, color negro brillante, abundantes sobre el micelio, en su mayoría formando manchas circulares o en algunas ocasiones con bordes irregulares, dichas secreciones corresponden a acérvulos (Figura 2E), formados por conglomeraciones de conidios sobre el micelio. Los conidios son en forma fusoides, rectos o levemente curvados; en su mayoría presentan cinco células por conidio, separadas por septos oscuros; las células terminales (basal y apical) son hialinas y cónicas; célula basal con un apéndice hialino corto; la célula apical presenta varios apéndices simples (2-3 en su mayoría, algunos con 5); las tres células medias son de diferentes tonalidades de café, la primera de ellas suele ser más clara (color miel) y las células posteriores son de colores variantes, en su mayoría café claro, ninguna destaca notoriamente (Fi-

gura 2F). El tamaño promedio del conidio es de 7.69 x 19.13 μm (n=20); los conidios pueden encontrarse inmersos en el micelio o aglomerarse en acérvulos.

Material estudiado: México, Michoacán, municipio de Uruapan, septiembre 22, 2022.

Comentarios: Aislada de la flor. La descripción del hongo concuerda con la reportada para *Pestalotiopsis oxyanthi* (Steyaert 1961). A la fecha del presente artículo, no existe una amplia variedad de trabajos que estudien a fondo la relación de *P. oxyanthi* con cultivos agrícolas o con otros elementos del agroecosistema; entre los reportados, destacan aquellos que señalan su papel como endófito (Zakaria y Wan 2018, Wei *et al.* 2007); otros cuantos artículos lo posicionan como saprófito descomponedor de materia orgánica (Falcon *et al.* 1995, Venedikian y Godeas 1996) y solo uno le atribuye actividades como fitopatógeno en la nuez de la india (*Anacardium occidentale*) (Patsa *et al.* 2023). A pesar del poco conocimiento de la actividad de *P. oxyanthi*, el género *Pestalotiopsis* en sí, ha atraído la atención de la comunidad científica desde hace varios años, y a pesar de que se ha registrado extensamente su actividad como fitopatógeno en varios cultivos (Keith *et al.* 2006), las principales investigaciones son enfocadas a su capacidad productora de metabolitos secundarios, los cuales tienen una amplia variedad de aplicaciones y usos como antifúngico, antibacterial, nematocida, entre otros (Xu *et al.* 2010, Wu *et al.* 2022, Deshmukh *et al.* 2017).

Para el cultivo del arándano, se ha reportado en varias ocasiones la presencia del género *Pestalotiopsis*, incluso se podría decir que se encuentra con bastante frecuencia en el cultivo, ocasionando enfermedades como cancro, mancha foliar e incluso llegando a causar la muerte de la planta (Araujo *et al.* 2023, González *et al.* 2012, Espinoza *et al.* 2008). En México ya se ha reportado la presencia de *Pestalotiopsis* spp. afectando al cultivo del arándano en Michoacán (Mondragón-Flores *et al.* 2012); sin embargo, la identificación de este se realizó únicamente basándose en la morfología (sin confirmación molecular) y a nivel de género. El conocimiento generado en el presente artículo logra complementar la información previamente reportada, confirmando a nivel de especie, tanto morfológica como molecularmente a *Pestalotiopsis oxyanthi* en el cultivo del arándano en Michoacán, México.

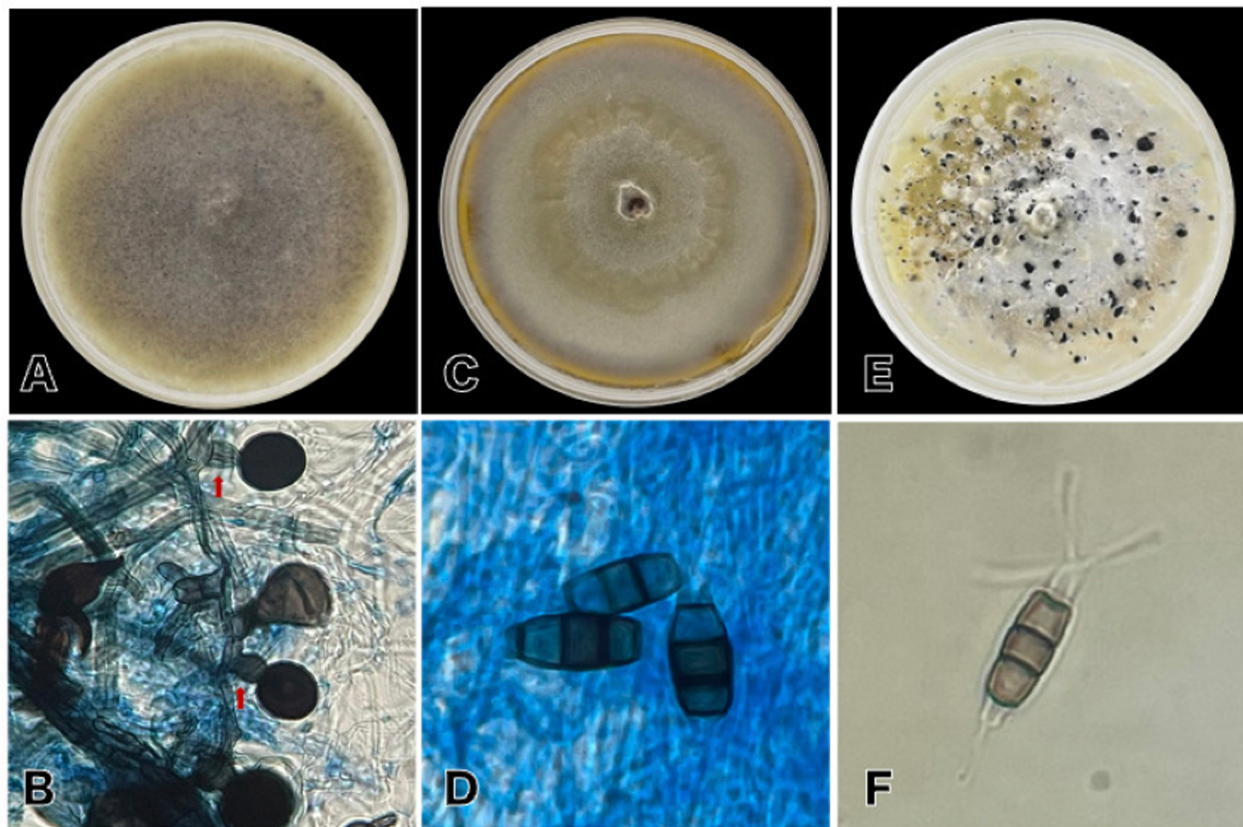


Figura 2. A: *Nigrospora sphaerica*, crecimiento en PDA. B: conidios y células conidiogénicas (señalada con flechas rojas) de *N. sphaerica*. C: crecimiento en PDA de *Neopestalotiopsis rosae*. D: conidios de *N. rosae*. E: *Pestalotiopsis oxyanthi* en PDA, acérvulos visibles con apariencia gomosa y color negro brillante. F: conidio de *P. oxyanthi*, célula basal con un apéndice hialino corto, la célula apical con varios apéndices simples.

LITERATURA CITADA

- Abass MH, Mohammed NH. 2014. Morphological, molecular and pathological study on *Nigrospora oryzae* and *Nigrospora sphaerica*, the leaf spot fungi of date palm. *Basra Journal for Date Palm Researches* 13(1-2), 26-38.
- Allende-Molar R, Báez-Parra KM, Salazar-Villa E, Rojo-Báez I. 2022. Biodiversity of *Trichoderma* spp. in Mexico and its potential use in agriculture. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 25(3).
- Anwar W, Amin H, Khan HAA, Akhter A, Bashir U, Anjum T, Kalsoom R, Javed M, Zohaib KA. 2023. Chitinase of *Trichoderma longibrachiatum* for control of *Aphis gossypii* in cotton plants. *Scientific Reports* 13(1), 13181.
- Araujo L, Ferreira-Pinto FAM, De Andrade CCL, Mituti T, Falkenbach BR, Gomes LB, Duarte V. 2023. *Pestalotiopsis trachycarpicola* causes leaf spot disease on blueberry in Santa Catarina, Brazil. *Australasian Plant Disease Notes* 18(1), 14. <https://doi.org/10.1007/s13314-023-00500-7>
- Aziz NH, Moussa LA. 2002. Influence of gamma-radiation on mycotoxin producing moulds and mycotoxins in fruits. *Food Control* 13(4-5), 281-288. [https://doi:10.1016/s0956-7135\(02\)00028-2](https://doi:10.1016/s0956-7135(02)00028-2)
- Banerjee S, Nayik GA, Kour J, Nazir N. 2020. Blueberries. In: Nayik G A, Gull A (eds.). *Antioxidants in fruits: properties and health benefits*. Springer, Singapur. Pp. 593-614. https://doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_31
- Barnett HL, Hunter BB. 1998. *Illustrated genera of imperfect fungi*. The American phytopathological society. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Washington State University, Pullman. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Bayman P, Baker JL, Doster MA, Michailides TJ, Mahoney NE. 2002. Ochratoxin production by the *Aspergillus ochraceus* group and *Aspergillus alliaceus*. *Applied and Environmental Microbiology* 68(5), 2326-2329. [https://doi:10.1016/s0956-7135\(02\)00028-210.1128/AEM.68.5.2326-2329.2002](https://doi:10.1016/s0956-7135(02)00028-210.1128/AEM.68.5.2326-2329.2002)
- Bell SR, Montiel LG, Estrada RR, Martínez P. 2021. Main diseases in postharvest blueberries, conventional and eco-friendly control methods: A review. *LWT* 149, 112046. <https://doi:10.1016/j.lwt.2021.112046>

- Bioresource Collection and Research Center. *Aspergillus sclerotiorum*. BCRC Number:32143. https://www.bcrc.firdi.org.tw/fungi/fungal_detail.jsp?id=FU200802220014 (septiembre 13, 2023).
- Camacho-Luna V, Hernández AA, Monroy M, Norma R, Jiménez G. 2022. Identification of endophytic fungi of *Ageratina pichinchensis* with antagonistic activity against phytopathogens of agricultural importance. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 13(6), 1027-1040.
- Caracciolo R, Sella L, De Zotti M, Bolzonello A, Armellini M, Trainotti L, Favaron F, Tundo S. 2023. Efficacy of *Trichoderma longibrachiatum* Trichogin GA IV Peptaibol analogs against the Black Rot pathogen *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* and other phytopathogenic bacteria. *Microorganisms* 11(2), 480. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11020480>
- Christensen M. 1982. The *Aspergillus ochraceus* group: Two new species from western soils and a synoptic key. *Mycologia* 74(2), 210. <https://doi.org/10.2307/3792887>
- Cisneros VLA, Navarro RPP, Rodríguez AD, Ordóñez GJG, Valdez DKM, Danis LR, Vázquez MG. 2023. Entomopathogenic fungi for the control of larvae and adults of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) vector of dengue, chikungunya and zika viruses in Mexico. *Salud Pública de México* 65, 144-150.
- Deshmukh SK, Prakash V, Ranjan N. 2017. Recent advances in the discovery of bioactive metabolites from *Pestalotiopsis*. *Phytochemistry Reviews* 16, 883-920. <https://doi.org/10.1007/s11101-017-9495-3>
- Diogo E, Gonçalves CI, Silva AC, Valente C, Bragança H, Phillips AJ. 2021. Five new species of *Neopestalotiopsis* associated with diseased *Eucalyptus* spp. in Portugal. *Mycological Progress* 20 (11), 1441-1456. <https://doi.org/10.1007/s11557-021-01741-5>
- Doyle JJ, Doyle JL. 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical Bulletin* 19, 11-15
- Drusch S, Aumann J. 2005. Mycotoxins in fruits: Microbiology, occurrence, and changes during fruit processing. *Advances in Food and Nutrition Research* 50, 33-78. [https://doi.org/10.1016/S1043-4526\(05\)50002-0](https://doi.org/10.1016/S1043-4526(05)50002-0)
- Espinoza JG, Briceño EX, Keith LM, Latorre BA. 2008. Canker and twig dieback of blueberry caused by *Pestalotiopsis* spp. and a *Truncatella* sp. in Chile. *Plant Disease* 92(10), 1407-1414.
- Essa TA, Kamel SM, Ismail AM, El-Ganainy S. 2018. Characterization and chemical control of *Neopestalotiopsis rosae* the causal agent of strawberry root and crown rot in Egypt. *Egyptian Journal of Phytopathology* 46(1), 1-19. <https://doi.org/10.21608/ejp.2018.87411>
- Falcon MA, Rodriguez A, Carnicero A, Regalado V, Perestelo F, Milstein O, De la Fuente G. 1995. Isolation of microorganisms with lignin transformation potential from soil of Tenerife Island. *Soil Biology and Biochemistry* 27(2), 121-126. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(94\)00174-Y](https://doi.org/10.1016/0038-0717(94)00174-Y)
- Fiorenza A, Gusella G, Aiello D, Polizzi G, Voglmayr H. 2022. *Neopestalotiopsis siciliana* sp. nov. and *N. rosae* causing stem lesion and dieback on avocado plants in Italy. *Journal of Fungi* 8(6), 562. <https://doi.org/10.3390/jof8060562>
- Gao Y, Zhai FY, Zhang YB, Shu JP, Chang J, Zhang W, Wang HJ. 2022. *Neopestalotiopsis rosae* causing black spot on leaf and fruit of pecan (*Carya illinoensis*) in China. *Plant Disease* 106(7), 1995. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-21-1541-PDN>
- Garay SE, Cruz ES, Fernández PSPF, Rodríguez AGA, Gómez DN. 2021. Pathogenic microorganisms infecting berries in Mexico. *International Journal of Agriculture and Biology* 25(5), 1007-1015. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.1758>
- Gerlach W, Nirenberg H, Eckart I, Rummland I, Schwarz R. 1982. The genus *Fusarium*: a pictorial atlas (Vol. 209). Kommissionsverlag P. Parey, Berlin.
- Ghosh SK, Pal S. 2016. Entomopathogenic potential of *Trichoderma longibrachiatum* and its comparative evaluation with malathion against the insect pest *Leucinodes orbonalis*. *Environ Monit Assess* 188, 37. <https://doi.org/10.1007/s10661-015-5053-x>
- Gomes A, Narciso R, Regalado L, Pinheiro MC, Barros F, Sario S, Santos C, Mendes RJ. 2023. Disclosing the native blueberry rhizosphere community in Portugal-an integrated metagenomic and isolation approach. *PeerJ* 11, e15525. <https://doi.org/10.7717/peerj.15525>
- González P, Alaniz S, Montelongo MJ, Rauduviniče L, Rebellato J, Silvera PE, Mondino P. 2012. First report of *Pestalotiopsis clavispora* causing dieback on blueberry in Uruguay. *Plant Disease* 96(6), 914-914. <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-11-1070-PDN>
- Hadj TK, Gharsalla H, Ksentini I, Schuster C, Bravo M F, Jurado IG, Moraga EQ, Leclerque A, Triki MA, Ksantini M. 2019. Phytopathogenic and antagonistic potentialities of fungi associated with pistachio bark beetle, *Chaetoptelius vestitus* (Coleoptera, Curculionidae), infesting pistachio (*Pistacia vera*) in Tunisia. *Journal of Applied Microbiology* 126 (6), 1821-1834. <https://doi.org/10.1111/jam.14272>
- Hadj TK, Gharsallah H, Ksentini I, Leclerque A, Schuster C, Cheffi M, Naayma S, Triki MA, Ksantini M. 2020. Screening of biological activities of fungi associated with pistachio bark beetle, *Chaetoptelius vestitus* (Coleoptera, Curculionidae), infesting pistachio cultivations in Tunisia. *Journal of Applied Microbiology* 132 (5), 3543-3562. <https://doi.org/10.1111/jam.14272>
- Hansen GM, Laird TS, Woertz E, Ojala D, Glanzer D, Ring K, Richart SM. 2016. *Aspergillus sclerotiorum* fungus is lethal to both Western drywood (*Incisitermes minor*) and Western subterranean (*Reticulitermes hesperus*) termites. *Fine Focus* 2 (1), 23-38. <https://doi.org/10.33043/FF.2.1.23-38>
- Hao Y, Aluthmuhandiram JV, Chethana KT, Manawasinghe IS, Li X, Liu M, Hyde K, Phillips A, Zhang W. 2020. *Nigrospora* species

- associated with various hosts from Shandong Peninsula, China. *Mycobiology* 48(3), 169-183. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1761747>
- Harman GE, Kubicek CP. 2002. *Trichoderma* and *Gliocladium*. Volume 1: Basic biology, taxonomy and genetics. CRC Press, Londres.
- Index Fungorum (2016). *Nigrospora oryzae*. <https://www.speciesfungorum.org/Names/SynSpecies.asp?RecordID=253729> (Septiembre 24, 2023).
- Jiang B, Wang Z, Xu C, Liu W, Jiang D. 2019. Screening and identification of *Aspergillus* activity against *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* and analysis of antimicrobial components. *Journal of Microbiology* 57, 597-605. <https://doi:10.1007/s12275-019-8330-5>
- Joshi R. 2018. A review of *Fusarium oxysporum* on its plant interaction and industrial use. *Journal of Medicinal Plants Studies* 6 (3), 112-115. <https://doi.10.22271/plants.2018.v6.i3b.07>
- Kang SW, Kim SW. 2004. New antifungal activity of penicillic acid against *Phytophthora* species. *Biotechnology Letters* 26 (9), 695-698. doi:10.1023/b:bile.0000024090.96693.a4
- Kant P, Reinprecht Y, Martin CJ, Islam R, Pauls KP. 2011. Disease Resistance/Pathology/*Fusarium*. *Comprehensive Biotechnology*, 729-743. <https://doi:10.1016/b978-0-08-088504-9.00263-4>
- Keinath AP. 2013. Diagnostic guide for gummy stem blight and black rot on cucurbits. *Plant Health Progress* 14 (1), 35. <https://doi.org/10.1094/PHP-2013-1024-01-DG>
- Keith LM, Velasquez ME, Zee FT. 2006. Identification and characterization of *Pestalotiopsis* spp. causing scab disease of guava, *Psidium guajava*, in Hawaii. *Plant Disease* 90 (1), 16-23.
- Khoshmanzar E, Aliasgharzarad N, Neyshabouri MR, Khoshru B, Arzanlou M, Asgari B. 2020. Effects of *Trichoderma* isolates on tomato growth and inducing its tolerance to water-deficit stress. *International Journal of Environmental Science and Technology* 17, 869-878. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02405-4>
- Kubicek-Pranz EM. 1998. Nutrition, cellular structure and basic metabolic pathways in *Trichoderma* and *Gliocladium*. *Trichoderma and Gliocladium* Volume, 95.
- Leslie JF, Summerell BA. 2008. *The Fusarium laboratory manual*. John Wiley & Sons, New Jersey. <https://doi:10.1002/9780470278376>
- Li PF, Ren RS, Yao XF, Xu JH, Babu B, Paret ML, Yang XP. 2015. Identification and characterization of the causal agent of gummy stem blight from muskmelon and watermelon in East China. *Journal of Phytopathology* 163 (4), 314-319. <https://doi.org/10.1111/jph.12277>
- Liu PQ, Wei MY, Zhu L, Li BJ, Weng QY, Chen QH. 2017. First report of spot blight on water spinach (*Ipomoea aquatica*) caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* in China. *Plant Disease* 101 (5), 838. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-16-1485-PDN>
- Liu YH, Lin T, Ye CS, Zhang CQ. 2014. First report of fusarium wilt in blueberry (*Vaccinium corymbosum*) caused by *Fusarium oxysporum* in China. *Plant Disease* 98(8), 1158-1158. <https://doi.10.1094/PDIS-02-14-0167-PDN>
- Liu Z, Xu N, Pang Q, Khan RAA, Xu Q, Wu C, Liu T. 2023. A salt-tolerant strain of *Trichoderma longibrachiatum* HL167 is effective in alleviating salt stress, promoting plant growth, and managing fusarium wilt disease in cowpea. *Journal of Fungi* 9 (3), 304. <https://doi.10.3390/jof9030304>
- Luo X, Xi Y, Shen C, Wang M, Wang H. 2022. Occurrence of *Nigrospora sphaerica* causing leaf blight on *Chrysanthemum morifolium* in China. *Crop Protection* 157, 105982. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2022.105982>
- Maharachchikumbura SS, Hyde KD, Groenewald JZ, Xu J, Crous PW. 2014. *Pestalotiopsis* revisited. *Studies in Mycology* 79 (1), 121-186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.simyco.2014.09.005>
- Mmbaga MT, Gurung S, Maheshwari A. 2018. Screening of plant endophytes as biological control agents against root rot pathogens of pepper (*Capsicum annum* L.). *Journal of Plant Pathology & Microbiology* 9 (3), 1000435. <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000435>
- Mondragón FA, López MJ, Ochoa AS, Gutiérrez CM. 2012. Hongos asociados a la parte aérea del arándano en Los Reyes, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Fitopatología* 30 (2), 141-144.
- Moumni M, Allagui MB, Mancini V, Murolo S, Tarchoun N, Romanazzi G. 2020. Morphological and molecular identification of seedborne fungi in squash (*Cucurbita maxima*, *Cucurbita moschata*). *Plant Disease* 104 (5), 1335-1350. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-19-0741-RE>
- Moumni M, Mancini V, Allagui MB, Murolo S, Romanazzi G. 2019. Black rot of squash (*Cucurbita moschata*) caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* reported in Italy. *Phytopathologia Mediterranea* 58 (2), 379-383. https://doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediter-10624
- Moya EEA, Doussoulin H, San Martin J, Ruiz B, Del Valle P. 2019. First report of *Fusarium oxysporum* causing *Fusarium* wilt on blueberry (*Vaccinium corymbosum*) in Chile. *Plant Disease* 103 (10), 2669-2669. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-19-0275-PDN>
- Navale V, Vamkudoth KR, Ajmera S, Dhuri V. 2021. *Aspergillus* derived mycotoxins in food and the environment: Prevalence, detection, and toxicity. *Toxicology Reports* 8, 1008-1030. <https://doi.10.1016/j.toxrep.2021.04.013>
- Nuangmek W, Aiduang W, Suwannarach N, Kumla J, Lumyong S. 2018. First report of gummy stem blight caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* on cantaloupe in Thailand. *Canadian Journal of Plant Pathology* 40(2), 306-311. <https://doi.10.1080/07060661.2018.1424038>
- Oliveira RS, Chagas LFB, Martins ALL, Souza MC, Luz LL, Gomes FL, Chagas JAF. 2022. *Trichoderma* in the phytopathogenic biocontrol. *Bulgarian Journal of Agricultural* 28 (4), 717-724.

- Palacio BA. (2010). Patógenos de plantas descritos en España. Ministerio del Medio Ambiente, Madrid.
- Patsa R, Jash S, Dutta S, Barman AR, Poduval M, Ray SK. 2023. Pestalotiopsis leaf spot: an important foliar disease in cashewnut seedling incited by *Pestalotiopsis oxyanthi* in West Bengal, India. *Indian Phytopathology* 76, 713-725. <https://doi.org/10.1007/s42360-023-00641-w>
- Pescie MA, Fradkin M, Lavado RS, Chiocchio VM. 2021. Endophytic fungi in blueberry cultivars, in three production areas of Argentina. *Physiological and Molecular Plant Pathology* 115, 101662. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2021.101662>
- Poveda J. 2021. *Trichoderma* as biocontrol agent against pests: New uses for a mycoparasite. *Biological Control*, 159, 104634. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104634>
- Prodorutti D, Pertot I, Giongo L, Gessler C. 2007. Highbush blueberry: Cultivation, protection, breeding and biotechnology. *The European Journal of Plant Science and Biotechnology* 1 (1), 44-56.
- Rebollar AA, Silva RHV, Fuentes AD, Acosta GU, Martínez RM, Parra RBE. 2020. An emerging strawberry fungal disease associated with root rot, crown rot and leaf spot caused by *Neopestalotiopsis rosae* in Mexico. *Plant Disease* 104 (8), 2054-2059.
- Rodríguez GE, Hilário S, Lopes A, Alves A. 2020. Diversity and pathogenicity of *Lasiodiplodia* and *Neopestalotiopsis* species associated with stem blight and dieback of blueberry plants in Peru. *European Journal of Plant Pathology* 157 (1), 89-102. <https://doi.org/10.1007/s10658-020-01983-1>
- Romero VSD, Tlapal BB, Cadena IJ, Nieto AD, Arévalo GM. 2015. Hongos causantes de enfermedades postcosecha en chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.) y su control *in vitro*. *Agronomía Costarricense* 39 (2), 19-32.
- Ruiz CMF, Ornelas PJDJ, Olivas OGI, Acosta MCH, Sepúlveda ADR, Pérez CDA, Rios CV, Salas MMA, Fernández-Pavía SP. 2018. Effect of *Trichoderma* spp. and phytopathogenic fungi on plant growth and tomato fruit quality. *Revista Mexicana de Fitopatología* 36 (3), 444-456.
- Samuels GJ, Ismaiel A, Mulaw TB, Szakacs G, Druzhinina IS, Kubicek CP, Jaklitsch WM. 2012. The *Longibrachiatum* Clade of *Trichoderma*: a revision with new species. *Fungal diversity* 55, 77-108. <https://doi.org/10.1007/s13225-012-0152-2>
- Sandoval MIE. 2022. Hongos asociados a síntomas foliares y manchado del grano en arroz (*Oryza sativa* L.), en Campeche México, Tesis Doctoral. Colegio de Posgraduados, México.
- Santos J, Hilário S, Pinto G, Alves A. 2022. Diversity and pathogenicity of pestalotioid fungi associated with blueberry plants in Portugal, with description of three novel species of *Neopestalotiopsis*. *European Journal of Plant Pathology* 162 (3), 539-555. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02419-0>
- Scherm H, Savelle AT, Brannen PM, Krewer G. 2008. Occurrence and prevalence of foliar diseases on blueberry in Georgia. *Plant Health Progress* 9 (1), 18. <https://doi.org/10.1094/PHP-2008-0421-01-RS>
- Sharma PK, Gothwal R. 2017. *Trichoderma*: A Potent fungus as biological control agent. In: Singh J, Seneviratne G. (eds). *Agro-Environmental Sustainability*. Springer, Cham. Pp. 113-125. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49724-2_6
- SIAP. 2022. Anuario estadístico de la producción agrícola. Gobierno de México, Ciudad de México, (septiembre 13, 2023). <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sobowale AA, Uzoma LC, Aduramigba MAO, Bamkefa BA. 2022. Fungitoxicity of *Trichoderma longibrachiatum* (Rifai) metabolites against *Fusarium oxysporum*, *Aspergillus niger* and *Aspergillus tamarii*. *American Journal of Plant Sciences* 13(7), 984-993. <https://doi.org/10.4236/ajps.2022.137065>
- Sodhi GK, Saxena S. 2023. Plant growth-promoting endophyte *Nigrospora oryzae* mitigates abiotic stress in rice (*Oryza sativa* L.). *FEMS Microbiology Ecology* 99 (9), fiad094. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiad094>
- Steyaert RL. 1961. Type specimens of Spegazzini's collections in the *Pestalotiopsis* and related genera (Fungi-Imperfecti; Melanconiales). *Darwiniana* 12 (2), 157-189. <https://www.jstor.org/stable/23213061>
- Subramaniam S, Zainudin NAIM, Aris A, Hasan ZAE. 2022. Role of *Trichoderma* in plant growth promotion. In: Amaresan N, Sankaranarayanan A, Dwived MK, Druzhinina IS (eds). *Advances in Trichoderma biology for agricultural applications*. Fungal Biology. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-91650-3_9
- Sun Q, Harishchandra D, Jia J, Zuo Q, Zhang G, Wang Q, Yan J, Zhang G, Wang Q, Zhang W, Li X. 2021. Role of *Neopestalotiopsis rosae* in causing root rot of strawberry in Beijing, China. *Crop Protection* 147, 105710. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105710>
- Venedikian N, Godeas AM. 1996. Estudio de la filósfera de *Pinus taeda* (Pinaceae): I. poblaciones fúngicas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica, Córdoba* 31 (3-4), 193-200. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-66432001000200006>
- Villanueva JD, Solpot TC, Tangonan NG. 2023. *Nigrospora sphaerica* causing leaf blight disease of cacao in the Philippines. *Indian Phytopathology* 76, 915-922. <https://doi.org/10.1007/s42360-023-00653-6>
- Visagie CM, Varga J, Houbraken J, Meijer M, Kocsub ÚS, Yilmaz N, Fotedar R, Seifert KA, Frisvad JC, Samson RA. 2014. Ochratoxin production and taxonomy of the yellow aspergilli (*Aspergillus* section *Circumdati*). *Studies in Mycology* 78, 1-61. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2014.07.001>
- Wang H, Zhou H, Yu ZH, Zhang ZF, Chen X, Cai LT. 2018. Spot blight on tobacco (*Nicotiana tabacum*) caused by *Stagonosporopsis cucurbitacearum* in Guizhou province of China. *Plant Disease* 102 (10), 2030. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-17-1793-PDN>

- Wang M, Liu F, Crous PW, Cai L. 2017. Phylogenetic reassessment of *Nigrospora*: ubiquitous endophytes, plant and human pathogens. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi* 39 (1), 118-142.
- Wang Y, Cernava T, Zhou X, Yang L, Baccelli I, Wang J, Gou Y, San W, Chen X. 2022. First report of passion fruit leaf blight caused by *Nigrospora sphaerica* in China. *Plant Disease* 106 (1), 323. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-21-0900-PDN>
- Wei J G, Xu T, Guo LD, Liu AR, Zhang Y, Pan XH. 2007. Endophytic *Pestalotiopsis* species associated with plants of Podocarpaceae, Theaceae and Taxaceae in southern China. *Fungal Diversity* 24 (1), 55-74.
- Wright ER, Folgado M, Rivera MC, Crelier A, Vasquez P, Lopez SE. 2008. *Nigrospora sphaerica* causing leaf spot and twig and shoot blight on blueberry: a new host of the pathogen. *Plant Disease* 92 (1), 171-171. <https://doi.org/10.1094/PDIS-92-1-0171B>
- Wu C, Wang Y, Yang Y. 2022. *Pestalotiopsis* diversity: Species, dispositions, secondary metabolites, and bioactivities. *Molecules* 27 (22), 8088. <https://doi.org/10.3390/molecules27228088>
- Wu HY, Tsai CY, Wu YM, Ariyawansa HA, Chung CL, Chung PC. 2021. First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing leaf blight and crown rot on strawberry in Taiwan. *Plant Disease* 105 (2), 487-487. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-20-1045-PDN>
- Xavier KV, Yu X, Vallad GE. 2021. First report of *Neopestalotiopsis rosae* causing foliar and fruit spots on pomegranate in Florida. *Plant Disease* 105 (2), 504. <https://doi.org/10.1094/PDIS-06-20-1282-PDN>
- Xie BB, Qin QL, Shi M, Chen LL, Shu YL, Luo Y, Song XY. 2014. Comparative genomics provide insights into evolution of *Trichoderma* nutrition style. *Genome Biology and Evolution* 6 (2), 379-390. <https://doi.org/10.1093/gbe/evu018>
- Xu J, Ebada SS, Proksch P. 2010. *Pestalotiopsis* a highly creative genus: Chemistry and bioactivity of secondary metabolites. *Fungal Diversity* 44, 15-31. <https://doi.org/10.1007/s13225-010-0055-z>
- Youssef K, Mosa MA, Kamhawy MA. 2022. First report of *Nigrospora sphaerica* causing twig dieback and leaf spot of mango in Egypt. *Journal of Plant Pathology* 104 (4), 1571-1571. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01201-3>
- Yuan M, Huang Y, Ge W, Jia Z, Song S, Zhang L, Huang Y. 2019. Involvement of jasmonic acid, ethylene and salicylic acid signaling pathways behind the systemic resistance induced by *Trichoderma longibrachiatum* H9 in cucumber. *BMC Genomics* 20, 1-13.
- Zakaria L, Wan Awn. 2018. Molecular Identification of endophytic fungi from banana leaves (*Musa* spp.). *Tropical Life Sciences Research* 29 (2), 201-211. <https://doi.org/10.21315/tlsr2018.29.2.14>
- Zhang S, Xu B, Zhang J, Gan Y. 2018. Identification of the antifungal activity of *Trichoderma longibrachiatum* T6 and assessment of bioactive substances in controlling phytopathogens. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 147, 59-66. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2018.02.006>
- Zheng XR, Liu CL, Zhang MJ, Shang XL, Fang SZ, Chen FM. 2021. First report of leaf blight of *Cyclocarya paliurus* caused by *Nigrospora sphaerica* in China. *Crop Protection* 140, 105453. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105453>
- Zhou J, Xu J, Xu R, Chen Q, Wang Y, Huang B, Liu D, Miao Y. 2022. Identifying and characterizing *Stagonosporopsis cucurbitacearum* causing spot blight on *Pinellia ternata* in China. *Peer J* 10, e13278. <https://doi.org/10.7717/peerj.13278>