

Botryosphaeriaceae: una familia de hongos, compleja, diversa y cosmopolita

Alejandra Mondragón-Flores^{1, 2}

Gerardo Rodríguez-Alvarado²

Nuria Gómez-Dorantes²

Jesús Jaime Guerra-Santos³

Sylvia Patricia Fernández-Pavía^{2§}

¹Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro caminos km 17.5, Antúnez, Michoacán. CP. 60780. Tel. 800 0882222, ext. 84610. (mondragon.flores@gmail.com). ²Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales-UMSNH. Carretera Morelia-Zinapécuaro km 9.5, Tarímbaro, Michoacán. CP. 58880. Tel. 443 3223500, ext. 5226. (fernandezpavia@hotmail.com; gra.labpv@gmail.com; nuriah@live.com.mx). ³Universidad Autónoma del Carmen-Facultad de Ciencias Naturales-Centro de Investigación de Ciencias Ambientales. Calle Laguna de Términos s/n, col. Renovación 2ª sección, Ciudad del Carmen, Campeche, México. CP. 24155. Tel. 938 1343965. (jjguerra-santos@hotmail.com).

§Autora para correspondencia: fernandezpavia@hotmail.com.

Resumen

En la última década se ha incrementado el interés por estudiar los hongos de la familia Botryosphaeriaceae debido a las enfermedades que inducen en cultivos de importancia económica a su amplia distribución cosmopolita y a la asociación observada entre la patogénesis y el estrés del hospedante. Se han reportado más de diez especies asociadas a síntomas en diferentes partes de una misma planta, lo que indica que un número importante de especies de esta familia no presentan especificidad en rango de hospedantes. Además, diversos estudios han demostrado la capacidad de estos hongos para ‘brincar’ de sus hospedantes nativos originales a cultivos agrícolas que se establecen en áreas cercanas, pertenecientes a la misma familia botánica o a una familia diferente. El objetivo de este trabajo es revisar marcadores morfológicos y moleculares para la identificación taxonómica de especies de la familia Botryosphaeriaceae, su distribución geográfica, rango de hospedantes agrícola y aspectos de desarrollo para la enfermedad incluyendo modos de dispersión. La información presentada podrá ser de utilidad en la etiología, identificación y diagnóstico de especies de Botryosphaeriaceae así como el manejo de las enfermedades causadas que ellas inducen.

Palabras clave: estrés, hospedantes, síntomas.

Recibido: enero de 2021

Aceptado: marzo de 2021

Introducción

La familia Botryosphaeriaceae está representada por 23 géneros de hongos cosmopolitas con una amplia gama de hospedantes y que pueden ser endófitos, fitopatógenos o saprófitos (Slippers y Wingfield, 2007; Slippers *et al.*, 2017). Miembros de esta familia inducen enfermedades en plantas que se encuentran bajo estrés (De Wet *et al.*, 2003). Pueden causar síntomas como canchales, gomosis, muerte descendente de ramas, defoliación y necrosis de hojas y muerte de la planta; al conjunto de estos síntomas se le llama síndrome de declinamiento (Slippers y Wingfield, 2007).

En los últimos años, en diversos hospedantes se han descrito especies desconocidas, en nuevas regiones geográficas (Netto *et al.*, 2017). Lo anterior indica que estos hongos se están dispersando por todo el mundo como resultado de la globalización comercial principalmente, convirtiéndolos en una amenaza potencial para los agroecosistemas, bosques, plantas nativas e introducidas (Slippers *et al.*, 2017).

Identificación de las especies de Botryosphaeriaceae

La familia Botryosphaeriaceae fue introducida por Theissen y Sydow (1918) y pertenece al orden Botryosphaeriales (Schoch *et al.*, 2006). Los géneros con distribución geográfica mundial y afectan a un mayor número de hospedantes son: *Diplodia*, *Dothiorella*, *Lasiodiplodia* y *Neofusicoccum*, englobando 70%, con un aproximado de 300 especies fitopatógenas (Slippers *et al.*, 2017).

Las características morfológicas de micelio y cuerpos fructíferos asexuales son utilizadas para la identificación a nivel de género y especie (Alves *et al.*, 2006; Sandoval-Sánchez *et al.*, 2013). Sin embargo, estas características son muy variables y en ocasiones no son distintivas, por que comparten entre especies; además son influenciadas por la edad y el sustrato donde crecen los aislados, por lo tanto, es necesario el uso de herramientas moleculares (Alves *et al.*, 2007).

Las secuencias de los genes que codifican para el factor de elongación 1- α (*TEF1- α*), beta tubulina (*β -Tub*) y los espaciadores internos transcritos (ITS), son las regiones moleculares más utilizadas en los análisis filogenéticos para la identificación de especies de Botryosphaeriaceae (White *et al.*, 1990; Alves *et al.*, 2006; Zhou *et al.*, 2015). Otro gen que también es útil es la segunda subunidad grande de la ARN polimerasa II (RPB2) (Fernández-Herrera *et al.*, 2017).

Recientemente, Lopes y colaboradores (2017) sugirieron que los genes *MAT1-2-1* y *MAT1-1-1* son eficientes en la resolución de especies dentro del género *Neofusicoccum* y fueron útiles para demostrar que la mayoría de las especies son homotéticas. Una desventaja de usar estos marcadores es que no siempre se pueden obtener ambos genes o sólo está disponible un aislado de una especie. El gen *MAT1-2-1* es más preciso y confiable para la diferenciación de especies por contener menos intrones conservados y se obtiene una mejor amplificación por PCR.

Otra herramienta para diferenciar especies de Botryosphaeriaceae es el análisis por secuencias internas repetidas simples (ISSR), la cual es una técnica simple, reproducible, rápida y útil cuando se trata de secuenciar una gran cantidad de aislados, agrupar a los de una misma especie, determinar variabilidad interespecífica y diferenciar especies críticas, así como detectar variabilidad intraespecífica (Zhou *et al.*, 2001).

En la familia Botryosphaeriaceae se han identificado especies híbridas, morfotipos y complejos de especies crípticas que ocupan el mismo nicho ecológico. En estos casos es difícil diferenciar las especies cuando solamente se utiliza uno o dos loci para su identificación (De Wet *et al.*, 2003; Cruywagen *et al.*, 2017). El análisis multilocus de secuencias de ADN y el uso de una mayor cantidad de aislados en los análisis, es actualmente la forma más eficiente de reconocer especies híbridas, morfotipos y complejo de especies crípticas (Cruywagen *et al.*, 2017).

Para la diferenciación eficiente de morfotipos, De Wet *et al.* (2003) usaron el análisis de seis genes codificantes de proteínas beta tubulina (β -Tub), quitina sintetasa (CHS), factor de elongación 1- α (TEF1- α), actina (ACT), calmodulina (CAL) y glutaraldehído-6-fosfato (GPD), así como en seis loci microsatélites (SS5, SS7, SS8, SS9, SS10 y SS11).

Distribución

Slippers *et al.* (2017), indican que los hongos fitopatógenos pertenecientes a Botryosphaeriaceae afectan generalmente plantas en zonas subtropicales y tropicales; sin embargo, en los últimos años se ha reportado su presencia en el mundo, ejemplo de lo anterior son las especies de *Neofusicoccum* que se sabe colonizan a 46 hospedantes de 18 familias botánicas en diez países incluyendo todos los continentes (Sakadilis *et al.*, 2011).

Esta capacidad de infectar múltiples hospedantes y migrar entre ellos facilita la propagación de especies y genotipos de Botryosphaeriaceae en nuevas áreas (Mehl *et al.*, 2017). Algunos miembros de esta familia pueden tener cierta especificidad, que está influenciada por el hospedante y su hábitat (Slippers y Wingfield, 2017). Las actividades humanas que influyen en la dispersión de fitopatógenos y sus interacciones con sus hospedantes son: la introducción de plantas no nativas en nuevas áreas, cambios en el uso de la tierra y la deforestación intensiva (Pavlic-Zup *et al.*, 2015).

Además, cuando estos hongos infectan plantas a temperaturas altas y sequía, pueden convertirse en patógenos muy agresivos y resultar en una amenaza potencial para los agroecosistemas, bosques naturales, plantas nativas e introducidas (Piskur *et al.*, 2011). Lo anterior ha ocasionado un incremento en el interés por estudiar estos hongos debido a su presencia en múltiples hospedantes, nuevas áreas geográficas y a su agresividad en hospedantes bajo estrés (Slippers *et al.*, 2017).

Rango de hospedantes

Las especies fitopatógenas de Botryosphaeriaceae atacan plantas leñosas (Sakadilis *et al.*, 2011). Se considera que atacan principalmente angiospermas, aunque en el caso de las especies de *Diplodia* las cuales están restringidas a gimnospermas, se ha sugerido que proviene de un ancestro de Botryosphaeriaceae que evolucionó en las angiospermas (De Wet *et al.*, 2008). Existen estudios que demuestran la capacidad de estos hongos para moverse de hospedantes nativos a no nativos y entre plantas cercanas o lejanas filogenéticamente (Sakadilis *et al.*, 2013; Pavlic-Zup *et al.*, 2015).

Algunas de las nuevas especies que han sido identificadas están restringidas a un solo hospedante y son poco patógenas, lo que sugiere que son de reciente introducción o que sólo están asociadas de manera endofítica (Pérez *et al.*, 2010). Sin embargo, se han reportado casos de hospedantes infectados por solo una o por más de diez especies asociadas a síntomas en diferentes partes de la planta, indicando que pueden infectar indistintamente a más de un órgano (Delgado-Cerrone *et al.*, 2016; Mayorquin *et al.*, 2016; Tedihou *et al.*, 2017).

Algunos autores indican que la especie más frecuentemente aislada en un hospedante usualmente no es la más agresiva (Mayorquin *et al.*, 2016). Debido a la falta de consistencia para delimitar las especies de *Botryosphaeria*, es difícil cuantificar cuantas plantas atacan, sin embargo, en un estudio reciente se determinó un aproximado de 1 692 hospedantes en el mundo (Batista *et al.*, 2012). Estos patógenos atacan a plantas forestales ornamentales, y diversos hospedantes agrícolas, incluyendo árboles frutales tropicales (Fernández-Herrera *et al.*, 2017; Lawrence *et al.*, 2017) (Cuadro 1), arbustos caducifolios, herbáceas y palmas (Cuadro 2).

Cuadro 1. Distribución de especies de Botryosphaeriaceae, asociados a cancro, gomosis, declinamiento y pudriciones en árboles frutales perennes.

Hospedante	Especies	País	Referencia
<i>Citrus x cinensis</i>	<i>Lasiodiplodia theobromae</i> , <i>Neoscytalidium dimidiatum</i>	Italia, México	Polizzi <i>et al.</i> (2009); Polanco-Florián <i>et al.</i> (2019)
<i>Citrus latifolia</i>	<i>Lasiodiplodia citricola</i> , <i>Lasiodiplodia iraniensis</i> , <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>Lasiodiplodia subglobosa</i> , <i>L. citricola</i> .	México	Bautista-Cruz <i>et al.</i> (2018); Valle-De la Paz <i>et al.</i> (2019)
<i>Citrus x limon</i>	<i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>Neofusicoccum australe</i> , <i>Neofusicoccum parvum</i> , <i>Neoscytalidium hyalinum</i> , <i>Spencermartinsia viticola</i>	Brasil, EE. UU, Turquía	Adesemoye y Eskalen (2011); Mayorquin <i>et al.</i> (2012); Awan <i>et al.</i> (2016); Guajardo <i>et al.</i> (2018)
<i>Citrus spp.</i>	<i>Diplodia mutila</i> , <i>Diplodia seriata</i> , <i>Dothiorella viticola</i> , <i>Diplodia iberica</i> , <i>L. citricola</i> *, <i>Lasiodiplodia hormozganensis</i> , <i>Lasiodiplodia iraniensis</i> <i>L. theobromae</i> , <i>Lasiodiplodia parva</i> , <i>N. australe</i> , <i>Neofusicoccum dimidiatum</i> , <i>Neofusicoccum luteum</i> , <i>Neofusicoccum mediterraneum</i> , <i>N. parvum</i> .	EE. UU, Emiratos Árabes Unidos, Irán, Oman	Abdollahzadeh <i>et al.</i> (2010); Al-Sadi <i>et al.</i> (2013); Adesemoye <i>et al.</i> (2014)
<i>Dimocarpus longan</i>	<i>L. hormozganensis</i> , <i>L. iraniensis</i> , <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i>	Puerto Rico	Serrato-Díaz <i>et al.</i> (2019)
<i>Mangifera indica</i>	<i>Botryosphaeria fabicerciana</i> , <i>Diplodia allocellula</i> , <i>Lasiodiplodia brasiliense</i> , <i>Lasiodiplodia crassispora</i> , <i>Lasiodiplodia gonubiensis</i> , <i>Lasiodiplodia egyptiaca</i> , <i>L. hormozganensis</i> *, <i>L. iraniensis</i> *, <i>Lasiodiplodia mahajangana</i> <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>Lasiodiplodia viticola</i> , <i>N. mediterraneum</i> , <i>N. parvum</i> , <i>Neofusicoccum umdonicola</i> , <i>Neofusicoccum vitifusiforme</i> , <i>Pseudofusicoccum olivaceum</i>	Irán, Egipto, Emiratos Arabes Unidos, México, Perú, Sudáfrica, Tailandia	Abdollahzadeh <i>et al.</i> (2010); Ismail <i>et al.</i> (2012); Al-Sadi <i>et al.</i> (2013); Sandoval- Sánchez <i>et al.</i> (2013); Trakunyingcharoen <i>et al.</i> (2014); Mehl <i>et al.</i> (2017)

Hospedante	Especies	País	Referencia
<i>Nephelium lappaceum</i>	<i>L. brasiliensis</i> , <i>L. hormozganensis</i> , <i>L. iraniensis</i> , <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>Neofusicoccum batangarum</i> , <i>N. parvum</i>	Puerto Rico	Serrato-Díaz <i>et al.</i> (2019)
<i>Persea americana</i>	<i>D. mutila</i> , <i>D. seriata</i> , <i>Dothiorella iberica</i> , <i>Fusicoccum aesculi</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>N. australe</i> , <i>N. luteum</i> , <i>Neofusicoccum nonquaesitum</i> , <i>N. parvum</i> , <i>Neofusicoccum sp.</i>	Chile, EE. UU, México	McDonald <i>et al.</i> (2011); Molina-Gayosso <i>et al.</i> (2012); Valencia <i>et al.</i> (2019)
<i>Pouteria sapota</i>	<i>L. theobromae</i>	México	Tovar-Pedraza <i>et al.</i> (2012)

* = especies descritas recientemente.

Cuadro 2. Distribución de especies de Botryosphaeriaceae, asociados a canchros, gomosis, declinamiento y pudriciones en hospedantes arbustivos, caducifolios, herbáceas y palmas.

Hospedante	Especies	País	Referencia
<i>Anacardium occidentale</i>	<i>Lasiodiplodia brasiliense</i> , <i>Lasiodiplodia euphorbicola</i> , <i>Lasiodiplodia gonubiensis</i> , <i>L. iraniensis</i> , <i>Lasiodiplodia jatrophiicola</i> , <i>Lasiodiplodia gravistriata</i> *, <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>Neofusicoccum batangarum</i> , <i>Pseudofusicoccum stromaticum</i>	Brasil	Netto <i>et al.</i> (2017)
<i>Actinidia chinensis</i>	<i>Botryosphaeria dothidea</i> , <i>N. parvum</i> , <i>L. theobromae</i>	China	Zhou <i>et al.</i> (2015)
<i>Carica papaya</i>	<i>L. brasiliense</i> *, <i>L. hormozganensis</i> , <i>Lasiodiplodia marypalme</i> *, <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i> .	Brasil	Netto <i>et al.</i> (2014)
<i>Cocos nucifera</i>	<i>L. brasiliense</i> , <i>L. egyptiaca</i> , <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i>	Brasil, China	Rosado <i>et al.</i> (2016); Zhang y Niu (2019)
<i>Fragaria x ananassa</i>	<i>Macrophomina phaseolina</i>	Chile, España, República de Tunecina	Avilés <i>et al.</i> (2008); Sánchez <i>et al.</i> (2013); Hajlaoui <i>et al.</i> (2015)
<i>Malus domestica</i>	<i>B. dothidea</i> , <i>Diplodia intermedia</i> , <i>D. seriata</i> , <i>Diplodia pseudoseriata</i> , <i>L. pseudotheobromae</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>N. australe</i> , <i>N. luteum</i> , <i>N. parvum</i>	China, Uruguay	Delgado-Cerrone <i>et al.</i> (2016); Xue <i>et al.</i> (2019)

Hospedante	Especies	País	Referencia
<i>Olea</i> sp.	<i>L. hormozganensis</i> *	Irán	Abdollahzadeh <i>et al.</i> (2010)
<i>Prunus persica</i>	<i>B. dothidea</i> , <i>D. seriata</i> , <i>D. intermedia</i> , <i>N. parvum</i> , <i>N. luteum</i> , <i>D. pseudoseriata</i> , <i>N. australe</i> , <i>L. theobromae</i>	China	Tian <i>et al.</i> (2018); Wang <i>et al.</i> (2011)
<i>Pyrus communis</i>	<i>B. dothidea</i> , <i>Botryosphaeria rhodina</i> , <i>Botryosphaeria obtusa</i> , <i>B. parva</i>	China	Zhai <i>et al.</i> (2014)
<i>Rubus idaeus</i>	<i>Neofusicoccum algeriense</i>	México	Serret-López <i>et al.</i> (2017)
<i>Rubus</i> subgénero <i>Eubatu</i>	<i>L. theobromae</i> , <i>L. parva</i>	México	Contreras-Pérez <i>et al.</i> (2019)
<i>Saccharum officinarum</i>	<i>M. phaseolina</i>	México	Leyva-Mir <i>et al.</i> (2015)
<i>Vaccinium</i> spp.	<i>B. dothidea</i> , <i>L. theobromae</i> , <i>N. parvum</i> , <i>N. australe</i> , <i>Neofusicoccum eucalyptorum</i>	China, México, Portugal	Mondragón-Flores <i>et al.</i> (2012); Xu <i>et al.</i> (2015); Boyzo-Marín <i>et al.</i> (2016); Hilário <i>et al.</i> (2019)
<i>Vitis vinifera</i>	<i>D. seriata</i> , <i>D. mutilata</i> , <i>N. australe</i> , <i>N. luteum</i> , <i>N. parvum</i>	Nueva Zelanda	Billones-Baaijens <i>et al.</i> (2015)

* = especies descritas recientemente.

Factores que condicionan la enfermedad

Las especies fitopatógenas de Botryosphaeriaceae tienen una gran diversidad de hospedantes, son hongos oportunistas capaces de colonizar un gran número de especies botánicas y causar enfermedad en aquellas que se encuentran bajo algún tipo de estrés, principalmente hídrico (De Wet *et al.*, 2003). Lo anterior podría explicarse porque en respuesta a la falta de agua, la planta aumenta los niveles de ácido abscísico y se reprimen sus defensas reguladas por ácido jasmónico, etileno y ácido salicílico y como consecuencia la susceptibilidad a patógenos se incrementa (Asselbergh *et al.*, 2008).

Esto es importante ante las condiciones emergentes de cambio climático que no solo aumenta el estrés en las comunidades vegetales, sino que también favorece el desarrollo de patógenos y sus tasas de supervivencia (Slippers y Wingfield, 2017). El estrés en las plantas modifica su susceptibilidad a patógenos lo que provoca cambios en el impacto de las enfermedades en los cultivos (Elad y Pertot, 2014).

Síntomas

Enfermedades de consideración en diversos cultivos de importancia agrícola están asociadas a miembros de Botryosphaeriaceae (Eskalen *et al.*, 2013; Bautista-Cruz *et al.*, 2018). Algunos estudios hechos por Rosado *et al.* (2016), indican que con frecuencia múltiples especies del mismo género, así como de diferentes géneros, están asociadas con los síntomas y es difícil diferenciarlos para cada especie (Delgado-Cerrone *et al.*, 2016).

En algunos casos ha sido posible asociar síntomas con la especie del patógeno debido a ciertas características como la presencia de anillos en las lesiones (Tian *et al.*, 2018). Los síntomas asociados a estos hongos son: cancro en ramas y tronco, declinamiento, gomosis, muerte descendente de ramas, necrosis en hojas, pudriciones de semillas, frutos, pedúnculo, raíz y tizón de brotes e inflorescencias (Slippers *et al.*, 2005; Sandoval-Sánchez *et al.*, 2013; Dugan *et al.*, 2015; Hajlaoui *et al.*, 2015; Netto *et al.*, 2017; Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2017).

Trasmisión y dispersión

De acuerdo con Bihon *et al.* (2011), estos hongos se transmiten de manera horizontal de plantas maduras a plantas jóvenes por medio de esporas; sin embargo, la transmisión vertical aún no ha sido comprobada. La liberación de las esporas es frecuente durante el período de lluvias que en otras estaciones y estas se dispersan por salpicaduras de agua de lluvia (Skalen *et al.*, 2013).

Investigaciones indican que además de su potencial como patógenos, pueden asociarse a hongos de otras familias y ser transmitidos por el escarabajo de la corteza (*Hypocryphalus mangiferae*), que actúa como vector en la dispersión entre los hospedantes (Adawi *et al.*, 2006). Por otra parte, se cree que la muerte descendente causada por estos hongos podría servir como atenuante de otras enfermedades más importantes como la muerte repentina del roble, al matar ramas que de otra manera producirían hojas que se infectan fácilmente con *Phytophthora ramorum* y que se diseminan por salpicaduras de agua de lluvia (Lawrence *et al.*, 2017).

Cuando los frutales son sometidos a prácticas culturales, las heridas de poda son una fuente de estrés para la planta y proporcionan un punto de entrada a los patógenos que colonizan los tejidos de forma basipetal (Rodríguez-Gálvez *et al.*, 2017). Existen reportes que indican que la presencia de una herida no es necesaria para que los hongos infecten los órganos del hospedante, sin embargo, sí contribuyen a aumentar la gravedad de los síntomas (Zhou *et al.*, 2015).

Factores abióticos como el incremento de la temperatura, humedad relativa alta, sequías, heladas, altas densidades de siembra y malas prácticas de poda, favorecen el desarrollo de la enfermedad aumentando la incidencia que oscila de 20 a 97% en algunos cultivos (De la Mora-Castañeda *et al.*, 2014; Fernández-Herrera *et al.*, 2017; Bautista-Cruz *et al.*, 2018).

Conclusiones

La familia Botryosphaeriaceae es de gran importancia por las enfermedades que ocasionan en cultivos de importancia agrícola en todas las áreas templadas, tropicales y subtropicales en todo el mundo. Su habilidad para pasar de endófito a patógeno en plantas bajo estrés, representa una amenaza en cultivos sometidos a condiciones subóptimas de desarrollo, estrés hídrico, por ejemplo.

Debido a la falta de información en aspectos de reproducción, supervivencia, dispersión y técnicas de detección e identificación precisas, a nivel mundial se requieren más estudios de estos patógenos, para establecer medidas de control y manejo de las enfermedades que ocasionan.

Literatura citada

- Abdollahzadeh, J.; Javadi, A.; Goltapeh, M. E.; Zare, R. and Phillips, A. J. L. 2010. Phylogeny and morphology of four new species of *Lasiodiplodia* from Iran. *Persoonia*. 25(10):1-10. Doi: 10.3767/003158510X524150.
- Adesemoye, A. O. and Eskalen, A. 2011. First report of *Spencermartinsia viticola*, *Neofusicoccum australe* and *N. parvum* causing branch canker of citrus in California. *Plant Dis.* 95(6):770. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-11-0092>.
- Adesemoye, A. O.; Mayorquin, J. S.; Wang, D. H.; Twizeyimana, M.; Lynch, S. C. and Eskalen, A. 2014. Identification of species of Botryosphaeriaceae causing bot gummosis in citrus in California. *Plant disease*. 98(1):55-61. Doi: 10.1094/PDIS-05-13-0492-RE.
- Al-Adawi, A. O.; Deadman, M. L.; Al-Rawahi, A. K.; Al-Maqbali, Y. M.; Al-Jahwari, A. A.; Al-Saadi, B. A.; Al-Amri, I. S. and Wingfield, M. J. 2006. Etiology and causal agents of mango sudden decline disease in the Sultanate of Oman. *Eur. J. Plant Pathol.* 116(4):247-254. Doi: 10.1007/s10658-006-9056-x.
- Al-Sadi, A. M.; Al-Wehaibi, A. N.; Al-Shariqi, R. M.; Al-Hammadi, M. S.; Al-Hosni, I. A.; Al-Mahmooli, I. H. and Al-Ghathithi, A. G. 2013. Population genetic analysis reveals diversity in *Lasiodiplodia* species infecting date palm, citrus, and mango in oman and the UAE. *Plant Disc.* 97(10):1363-1369. Doi: 10.1094/PDIS-03-13-0245-RE.
- Alves, A.; Correia, A. and Phillips, A. J. L. 2006. Multi-gene genealogies and morphological data support *Diplodia cupressi* sp. nov., previously recognized as *D. pinea* f. sp. *cupressi*, as a distinct species. *Fungal Diversity*. 23(1):1-15.
- Alves, A.; Phillips, A. J. L.; Henriques, I. and Correia, A. 2007. Rapid differentiation of species of botryosphaeriaceae by PCR fingerprinting. *Res. Microbiol.* 158(2):112-121. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2006.10.003>.
- Asselbergh, B.; De-Vleeschauwer, D. and Höfte, M. 2008. Global switches and fine-tuning ABA modulates plant pathogen defense. *Mol. Plant Microbe Interact.* 21(6):709-719. Doi: 10.1094/MPMI-21-6-0709.
- Avilés, M.; Castillo, S.; Bascon, J.; Zea Bonilla, T.; Martín-Sánchez, P. M. and Pérez-Jiménez, R. M. 2008. First report of *Macrophomina phaseolina* causing crown and root rot of strawberry in Spain. *Plant Pathol.* 57(2):382-382. Doi: 10.1111/j.1365-3059.2007.01717.x.
- Awan, Q. N.; Akgül, D. S. and Unal, G. 2016. First Report of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* causing postharvest fruit rot of lemon in Turkey. *Plant Disc.* 100(11):2327. Doi: 10.1094/PDIS-04-16-0512-PDN.
- Batista, E.; Lopes, A. and Alves, A. 2012. What do we know about Botryosphaeriaceae? an overview of a worldwide cured dataset. *Forests*. 12(3):313. <https://doi.org/10.3390/f12030313>.
- Bautista-Cruz, M. A.; Almaguer-Vargas, G.; Leyva-Mir, S. G.; Colinas-León, M. T.; Correia, K. C.; Camacho-Tapia, M.; Robles-Yerena, L.; Michereff, S. J. and Tovar-Pedraza, J. M. 2018. Phylogeny, distribution, and pathogenicity of *Lasiodiplodia* species associated with cankers and dieback symptoms of persian lime in Mexico. *Plant Dis.* 103(6):1156-1165. Doi: 10.1094/PDIS-06-18-1036-RE.

- Billones-Baaijens, R.; Ridgway, H. J.; Jones, E. E. and Jaspers, M. V. 2015. Spatial distribution of *Neofusicoccum* species within a rootstock mother vine indicates potential infection pathways. *Eur. J. Plant Pathol.* 141(2):267-279. Doi: 10.1007/s10658-014-0540-4.
- Bihon, W.; Slippers, B.; Burgues, T.; Wingfield, M. J. and Wingfield, B. D. 2011. Sources of *Diplodia pinea* endophytic infections in *Pinus patula* and *P. radiata* seedlings in South Africa. *Forest Pathol.* 41(5):370-375. Doi: 10.1111/j.1439-0329.2010.00691.x.
- Boyzo-Marin, J.; Rebollar-Alviter, A.; Silva-Rojas, H. V. and Ramirez-Maldonado, G. 2016. First report of *Neofusicoccum parvum* causing stem blight and dieback of blueberry in Mexico. *Plant Dis.* 100(12):2524-2524. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-17-0251-PDN>.
- Contreras-Pérez, M.; Santoyo-Pizano, G.; De los Santos-Villalobos, S.; Gutiérrez-García, M. A.; Orozco-Mosqueda, M. C. and Rocha-Granados, M. C. 2019. First report of *Lasiodiplodia* on blackberry plants (*Rubus* subgenus *Eubatus*) in the Michoacan state, Mexico. *Mex. J. Phytopathol.* 37(3):479-485. Doi: 10.18781/R.MEX.FIT.1905-4.
- Cruywagen, E. M.; Slippers, B.; Roux, J. and Wingfield, M. J. 2017. Phylogenetic species recognition and hybridisation in *Lasiodiplodia*: a case study on species from baobabs. *Fungal Biol.* 121(4):420-436. Doi: 10.1016/j.funbio.2016.07.014.
- Delgado-Cerrone, L.; Mondino-Hintz, P. and Alaniz-Ferro, S. 2016. Botryosphaeriaceae species associated with stem canker, die-back and fruit rot on apple in Uruguay. *Eur. J. Plant Pathol.* 146(3):637-655. Doi: 10.1007/s10658-016-0949-z.
- De-Wet, J.; Burgess, T.; Slippers, B.; Preisig, O.; Wingfield, B. D. and Wingfield, M. J. 2003. Multiple gene genealogies and microsatellite markers reflect relationships between morphotypes of *Sphaeropsis sapinea* and distinguish a new species of *Diplodia*. *Mycol. Res.* 107(5):557-566. <https://doi.org/10.1017/S0953756203007706>.
- De-Wet, J.; Slippers, B.; Preisig, O.; Wingfield, B. D. and Wingfield, M. J. 2008. Phylogeny of the Botryosphaeriaceae reveals patterns of host association. *Mol. Phylog. Evol.* 46(1):116-126. Doi: 10.1016/j.ympev.2007.08.016.
- Dugan, F. M.; Lupien, S. L.; Osuagwu, A. N.; Uyoh, E. A.; Okpako, E. and Kisha, T. 2015. New records of *Lasiodiplodia theobromae* in seed of *Tetrapleurra tetraptera* from Nigeria and fruit of *Cocos nucifera* from Mexico. *J. Phytopathol.* 164(1):65-68. Doi: 10.1111/JPH.12384.
- Eland, Y. and Pertot, I. 2014. Climate change impacts on plant pathogens and plant diseases. *J. Crop Improv.* 28(1):99-139. Doi: 10.1080/15427528.2014.865412.
- Eskalen, A.; Faber, B. and Bianchi, M. 2013. Spore trapping and pathogenicity of fungi in the Botryosphaeriaceae and Diaporthaceae associated with avocado branch canker in California. *Plant Dis.* 97(3):329-332. Doi: 10.1094/PDIS-03-12-0260-RE.
- Fernández-Herrera, E.; Moreno-Salazar, S.; Rentería-Martínez, M. E.; Arratia-Castro, A. A. and Villar-Luna, E. 2017. *Neoscytalidium dimidiatum*: causal agent of dieback in *Ficus benjamina* L. in Mexico. *Rev. Chapingo. Ser. Hortic.* 23(3):203-210. Doi: 10.5154/r.rchsh.2017.02.009.
- Guajardo, J.; Riquelme, N.; Tapia, L.; Larach, A.; Torres, C.; Camps, R. and Besoain, X. 2018. First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing bot gummosis in *Citrus limon* in Chile. *Plant Dis.* 102(4):818. DOI: 10.1094/PDIS-09-17-1517-PDN.
- Hajlaoui, M. R.; Mnari-Hattab, M.; Sayen, M.; Zarrouk, I.; Jemmali, A. and Koike, S. T. 2015. First report of *Macrophomina phaseolina* causing charcoal rot of strawberry in Tunisia. *New Dis. Rep.* 32(1):14. Doi: 10.5197/j.2044-0588.2015.032.014.
- Hilário, S.; Lopes, A.; Santos, L. and Alves, A. 2019. Botryosphaeriaceae species associated with blueberry stem blight and dieback in the centre region of Portugal. *Eur. J. Plant Pathol.* 156(3):31-44. Doi: 10.1007/s10658-019-01860-6.

- Ismail, A. M.; Cirvilleri, G.; Polizzi, G.; Crous, P. W.; Groenewald, J. Z. and Lombard, L. 2012. *Lasiodiplodia* species associated with dieback disease of mango (*Mangifera indica*) in Egypt. Australasian Plant Pathol. 41(6):649-660. <https://doi.org/10.1007/s13313-012-0163-1>.
- Lawrence, P.; Peduto, H. F.; Gubler, W. D. and Trouillas, F. P. 2017. Botryosphaeriaceae species associated with dieback and canker disease of bay laurel in northern California with the description of *Dothiorella californica* sp. nov. Fungal Biol. 121(4):347-360. Doi: 10.1016/j.funbio.2016.09.005.
- Leyva-Mir, S. G.; Velázquez-Martínez, G. C.; Tlapal-Bolaños, B.; Tovar-Pedraza J. M.; Rosas-Salto, G. H. y Alvarado-Gómez, O. G. 2015. Caracterización morfológica y molecular de aislados de *Macrophomina phaseolina* asociados a caña de azúcar en México. Rev. Argentina Microbiol. 47(2):143-147. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2015.03.003>.
- Lopes, A.; Phillips, A. J. L. and Alves, A. 2017. Mating type genes in the genus *Neofusicoccum*: Mating strategies and usefulness in species delimitation. Fungal Biol. 121(4):394-404. Doi: 10.1016/j.funbio.2016.08.011.
- Mayorquin, J. S.; Wang, D. H.; Twizeyimana, M. and Eskalen, A. 2016. Identification, distribution, and pathogenicity of Diatrypaceae and Botryosphaeriaceae associated with citrus branch canker in the southern California desert. Plant Dis. 100(12):2402-2413. Doi: 10.1094/PDIS-03-16-0362-RE.
- Mc-Donald, V. and Eskalen, A. 2011. Botryosphaeriaceae species associated with avocado branch canker in California. Plant Dis. 95(11):1465-1473. Doi: 10.1094/PDIS-02-11-0136.
- Mehl, J. W. M.; Slippers, B.; Roux, J. and Wingfield, M. J. 2017. Overlap of latent pathogens in the Botryosphaeriaceae on a native and agricultural host. Fungal Biol. 121(4):405-419. Doi: 10.1016/j.funbio.2016.07.015.
- Molina-Gayosso, E.; Silva-Rojas, H. V.; García-Morales, S. and Ávila-Quezada, G. 2012. First report of black spots on avocado fruit caused by *Neofusicoccum parvum* in Mexico. Plant Dis. 96(2):287. Doi: 10.1094/PDIS-08-11-0699.
- Modragón-Flores, A.; López-Medina, J.; Ochoa-Ascencio, S. y Gutiérrez-Contreras, M. 2012. Hongos asociados a la parte aérea del arándano en Los Reyes, Michoacán, México. Rev. Mex. Fitopatol. 30(2):141-144.
- Netto, M. S. B.; Assunção, I. P.; Lima, G. S. A.; Marques, M. W.; Lima, W. G.; Monteiro, J. H. A.; Balbino, V. Q.; Michereff, S. J.; Phillips, A. J. L. and Câmara, M. P. S. 2014. Species of *Lasiodiplodia* associated with papaya stem-end rot in Brazil. Fungal Divers. 67(1):127-141. Doi: 10.1007/s13225-014-0279-4.
- Netto, M. S. B.; Lima, W. G.; Correia, K. C.; Da Silva, CH. F. B.; Thon, M.; Martins, R. B.; Miller, R. N. G.; Michereff, S. J. and Camara, M. P. S. 2017. Analysis of phylogeny, distribution, and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species associated with gummosis of anacardium in Brazil, with a new species of *Lasiodiplodia*. Fungal Biol. 121(4):437-451. Doi: 10.1016/j.funbio.2016.07.006.
- Pavlic-Zup, D.; Wingfield, M. J.; Boissin, E. and Slippers, B. 2015. The distribution of genetic diversity in the *Neofusicoccum parvum*/*N. ribis* complex suggests structure correlated with level of disturbance. Fungal Ecol. 13(13):93-102. Doi: 10.1016/j.funeco.2014.09.002.
- Pérez, C. A.; Wingfield, M. J.; Slippers, B.; Altier, N. A. and Blanchette, R. A. 2010. Endophytic and canker-associated Botryosphaeriaceae occurring on non-native eucalyptus and native myrtaceae trees in Uruguay. Fungal Divers. 41(1):53-69. Doi: 10.1007/s13225-009-0014-8.
- Pis-kur, B.; Pavlic, D.; Slippers, B.; Ogris, N.; Maresi, G.; Wingfield, M. J. and Jurc, D. 2011. Diversity and pathogenicity of Botryosphaeriaceae on declining *Ostrya carpinifolia* in Slovenia and Italy following extreme weather conditions. Eur. J. Forest Res. 130(2):235-249. Doi: 10.1007/s10342-010-0424-x.

- Polanco-Florián, L. G.; Alvarado-Gómez, O. G.; Pérez-González, O.; González-Garza, R. y Olivares-Sáenz, E. 2019. Hongos asociados con la muerte regresiva de los cítricos en Nuevo León y Tamaulipas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 10(4):757-764. Doi: 10.29312/remexca.v10i4.1417.
- Polizzi, G.; Aiello, D.; Vitale, A.; Giuffrida, F.; Groenewald, J. Z. and Crous P. W. 2009. First report of shoot blight, canker, and gummosis caused by *Neoscytalidium dimidiatum* on citrus in Italy. *Plant Dis.* 93(11):1215-1215. Doi: 10.1094/PDIS-93-11-1215A.
- Rodríguez-Gálvez, E.; Guerrero, P.; Barradas, C.; Crous, P. W. and Alves, A. 2017. Phylogeny and pathogenicity of *Lasiodiplodia* species associated with dieback of mango in Peru. *Fungal Biol.* 121(4):452-465. Doi: 10.1016/j.funbio.2016.06.004.
- Sakalidis, L. M.; Hardy, G. E. S. J. and Burgess, T. I. 2011. Class III endophytes, clandestine movement amongst hosts and habitats and their potential for disease; a focus on *Neofusicoccum austral.* *Australasian Plant Pathol.* 40(5):510-521. <https://doi.org/10.1007/s13313-011-0077-3>.
- Sakalidis, M. L.; Slippers, B.; Wingfield, B. D.; Hardy, G. E. S. J. and Burgess T. I. 2013. The challenge of understanding the origin, pathways and extent of fungal invasions: global populations of the *Neofusicoccum parvum/N. ribis* species complex. *Divers. Distrib.* 19(8):873-1094. Doi: 10.1111/DDI.12030.
- Sánchez, S.; Gambardella, M.; Henríquez, J. L. and Díaz I. 2013. First report of crown rot of strawberry caused by *Macrophomina phaseolina* in Chile. *Plant Dis.* 97(7):996. Doi: 10.1094/PDIS-12-12-1121-PDN.
- Sandoval-Sánchez, M.; Nieto-Ángel, D.; Sandoval-Islas, J.; Téliz-Ortiz, D.; Orozco-Santos, M. y Silva-Rojas, H. V. 2013. Hongos asociados a pudrición del pedúnculo y muerte descendente del mango (*Mangifera indica* L.). *Agrociencia.* 47(1):61-73.
- Schoch, C. L.; Shoemaker, R. A.; Seifert, K. A.; Hambleton, S.; Spatafora, J. W. and Crous, P. W. 2006. A multigene phylogeny of the dothideomycetes using four nuclear loci. *Mycologia.* 98(6):1041-1052. Doi: 10.3852/mycologia.98.6.1041.
- Serret-López, R. E.; Tlapal-Bolaños, B.; Leyva-Mir, S. G.; Correia, K. C.; Camacho-Tapia, M.; Méndez-Jaimes, F. and Tovar-Pedraza, J. M. 2017. First report of *Neofusicoccum algeriense* causing dieback of red raspberry in Mexico. *Plant Dis.* 101(9):1673-1673. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-17-0251-PDN>.
- Serrato-Díaz, L. M.; Aviles-Noriega, A.; Soto-Bauzo, A.; Rivera-Vargas, L. I.; Goenaga, R. and Bayman, P. 2019. Botryosphaeriaceae fungi as causal agents of dieback and corky bark in rambutan and Longan. *Plant Dis.* 104(1):105-115. Doi: 10.1094/PDIS-02-19-0295-RE.
- Slippers, B.; Crous, P. W.; Jami F.; Groenewald, J. Z. and Wingfield, M. J. 2017. Diversity in the botryosphaeriales: looking back, looking forward. *Fungal Biol.* 121(4):307-321. Doi: 10.1016/j.funbio.2017.02.002.
- Slippers, B.; Johnson, G. I.; Crous, P. W.; Coutinho, T. A.; Wingfield, B. D. and Wingfield, M. J. 2005. Phylogenetic and morphological re-evaluation of the *Botryosphaeria* species causing diseases of *Mangifera indica*. *Mycologia.* 97(1):99-110. Doi: 10.3852/mycologia.97.1.99.
- Slippers, B. and Wingfield, M. J. 2007. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology and their impact. *Fungal Biol. Rev.* 21(2-3):90-106. Doi: 10.1016/j.fbr.2007.06.002.
- Tedihou, E.; Kpemoua, K. and Tounou, A. 2017. Dépérissement des manguiers et citrus dans la région centrale du togo et méthodes de lutte par des fongicides. *J. Appl. Bioscience.* 119(1):11829-11838. Doi: 10.4314/jab.v119i1.1.
- Theissen, F. and Sydow, H. 1918. Vorentwürfe zu den pseudosphaeriales. *Annales Mycol.* 16(1-2):1-34.

- Tian, Y.; Zhao, Y.; Sun, T. and Wang, L. 2018. Identification and characterization of *Phomopsis amygdali* and *Botryosphaeria dothidea* associated with peach shoot blight in yangshan, China. *Plant Dis.* 102(12):2511-2518. Doi: 10.1094/PDIS-02-18-0243-RE.
- Tovar-Pedraza, J. M.; Mora-Aguilera, J. A.; Nava-Díaz, C.; Téliz-Ortíz, D.; Valdovinos-Ponce, G.; Villegas-Monter, Á. y Hernández-Morales, J. 2012. Identificación, patogenicidad e histopatología de *Lasiodiplodia theobromae* en injertos de zapote mamey en Guerrero, México. *Agrociencia.* 46(2):147-161.
- Trakunyingcharoen, T.; Cheewangkoon, R.; To-anun, C.; Crous, P. W.; Van Niekerk, J. M. and Lombard, L. 2014. Botryosphaeriaceae associated with diseases of mango (*Mangifera indica*). *Australasian Plant Pathol.* 43(4):425-438. Doi: 10.1007/s13313-014-0284-9.
- Valencia, A. L.; Gil, P. M.; Latorre, B. A. and Rosales, I. M. 2019. Characterization and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species obtained from avocado trees with branch canker and dieback and from avocado fruit with stem end rot in Chile. *Plant Dis.* 103(5):996-1005. Doi: 10.1094/PDIS-07-18-1131-RE.
- Valle-De la Paz, M.; Guillén-Sánchez, D.; Perales-Rosas, D.; López-Martínez, V.; Juárez-López, P.; Martínez-Fernández, E.; Hernández-Arenas, M.; Ariza-Flores, R. and Gijón-Hernán, A. R. 2019. Distribution, incidence and severity of dieback (*Lasiodiplodia* spp.) in persa lime in Morelos, Mexico. *Mex. J. Phytopathol.* 37(3):464-478. Doi: 10.18781/R.MEX.FIT.1904-7.
- Wang, F.; Zhao, L.; Li, G.; Huang, J. and Hsiang, T. 2011. Identification and characterization of *Botryosphaeria* spp. causing gummosis of peach trees in Hubei province, central China. *Plant Dis.* 95(11):1378-1384. Doi: 10.1094/PDIS-12-10-0893.
- Xu, Ch.; Zhang, H.; Zhou, Z.; Hu, T.; Wang, S.; Wang, Y. and Cao, K. 2015. Identification and distribution of Botryosphaeriaceae species associated with blueberry stem blight in China. *Eur. J. Plant Pathol.* 143(4):737-752. Doi: 10.1007/s10658-015-0724-6.
- Xue, D.; Meng, L.; Li, G.; Li, B. and Wang, C. 2019. First report of *Lasiodiplodia pseudotheobromae* causing canker and shoot dieback on apple in China. *Plant Dis.* 103(9):2478. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-19-0182-PDN>.
- Zhang, W. and Niu, X. L. 2019. First report of *Lasiodiplodia theobromae* causing postharvest stem end rot on coconut in China. *Plant Dis.* 103(6):1420-1420. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-18-1861-PDN>.
- Zhai, L.; Zhang, M.; Lv, G.; Chen, X.; Jia, N.; Hong, N. and Wang, G. 2014. Biological and molecular characterization of four *Botryosphaeria* species isolated from pear plants showing stem wart and stem canker in China. *Plant Dis.* 98(6):716-726. Doi: 10.1094/PDIS-10-13-1060-RE.
- Zhou, Y.; Gong, G.; Cui, Y.; Zhang, D.; Chang, X.; Hu, R.; Liu, N. and Sun, X. 2015. Identification of Botryosphaeriaceae species causing kiwifruit rot in Sichuan province, China. *Plant Dis.* 99(5):699-708. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-14-0727-RE>.
- Zhou, S.; Smith, D. R. and Stanosz, G. R. 2001. Differentiation of *Botryosphaeria* species and related anamorphic fungi using inter simple or short sequence repeat (ISSR) fingerprinting. *Mycol. Res.* 105(8):919-926. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(08\)61947-4](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(08)61947-4).