

Botryosphaeriaceae en el cultivo de aguacate

Juan Mendoza-Churape^{1,2}
Margarita Vargas Sandoval³
Ma. Blanca Nieves Lara-Chávez^{2,5}

1 Posgrado en Ciencias Biológicas-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. (juan.churape@umich.mx).

2 Laboratorio de Fitopatología-Facultad de Agrobiología 'Presidente Juárez'-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Paseo Lázaro Cárdenas 2290, Emiliano Zapata, Melchor Ocampo, Uruapan, Michoacán, México. CP. 60170.

3 Facultad de Biología-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Av. Francisco J. Mujica s/n, Ciudad Universitaria, Edificio B-1, Morelia, Michoacán, México. CP. 58060. (margarita.vargas@umich.mx).

Autora para correspondencia: blanca.lara@umich.mx

Resumen

El objetivo de la revisión bibliográfica fue conocer el estatus epidemiológico y de identificación de especies que se ha llevado, con respecto a miembros de la familia Botryosphaeriaceae de importancia agrícola. El escrito se elaboró en el año 2023 con base en reportes de investigación científica en el campo de fitopatología de reportes epidemiológicos de la enfermedad conocida como cancro y su síntoma característico de muerte descendente. La enfermedad está distribuida en toda la región productora de aguacate y reportada en varios cultivos, y está extendida a lo largo del mundo y coinciden que los miembros de Botryosphaeriaceae, son fitopatógenos severos y virulentos que generan grandes pérdidas económicas y biológicas en el caso de especies nativas. En México en el cultivo de aguacate este grupo de fitopatógenos fue reportado en la década de 1980 (Coria, 1985), con las condiciones favorables para que se desarrolle la enfermedad coloniza la raíz y base de la corona, invade haces vasculares y toma los nutrientes para su desarrollo, la enfermedad se desencadena por una condición de estrés y es influenciada por la temperatura, precipitación, humedad, pH y textura del suelo. En campo, la efectividad biológica de las moléculas, para su control, puede ser una alternativa factible, pero resultan más efectivas las prácticas preventivas y culturales. Dada la situación fitosanitaria que implica la producción de aguacate es necesario implementar alternativas de manejo integrado, sin antes conocer los fitopatógenos asociados, esto con técnicas moleculares por la plasticidad genética y la similitud morfológica que presentan.

Palabras clave:

cancro, control, enfermedad, secuencia, taxonomía.



License (open-access): Este es un artículo publicado en acceso abierto bajo una licencia **Creative Commons**

La familia Botryosphaeriaceae, se describe por primera vez en la década de 1820, con el género *Sphaeria* como miembro representativo (Crous *et al.*, 2006). El género *Botryosphaeria* como tal, fue establecido hasta 1863 y se describió como la mayoría de los Ascomycetes con estructuras características llamadas ascas de forma esféricas y ascas tunicadas y bitinucadas, se identificaron como saprófitos debido a que sus fructificaciones se presentaban solo sobre tejido muerto de plantas leñosas (Bega *et al.*, 1978; Brown y Britton, 1986; Von Arx, 1987; Michailides, 1991; Swart y Wingfield, 1991).

Hasta ahora los Botryosphaeriales están conformados por seis familias que son: Aplosporellaceae, Botryosphaeriaceae, Melanopsaceae, Phyllostictaceae, Planistromellaceae y Saccharataceae (Phillips *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2021). La mayoría de los taxa de Botryosphaeriales están reportados como endófitos, esto quiere decir, que se encuentran dentro del hospedero en los tejidos sanos de las plantas en lapsos de tiempo indefinidos de acuerdo con el ciclo fenológico y la especie hospedera vegetal (Slippers *et al.*, 2007).

Especies importantes dentro de Botryosphaeria como: *Diplodia*, *Dothiorella*, *Lasiodiplodia*, *Neofusicoccum*, *Phyllosticta*, *Pseudofusicoccum* y *Saccharata* incluyen endófitos bien caracterizados en distintos cultivos (Slippers y Winfield, 2007; Crous *et al.*, 2008; Crous *et al.*, 2016; Zhang *et al.*, 2021). Existen estudios detallados donde se mostraron la gran diversidad de estos hongos, también se incluyen dentro de un rango de plantas, especies con estilos de vida distintos como saprobios y fitopatógenos obligados, pero no menos importantes (Slippers y Wingfield, 2007).

Fisiología de Botryosphaeria

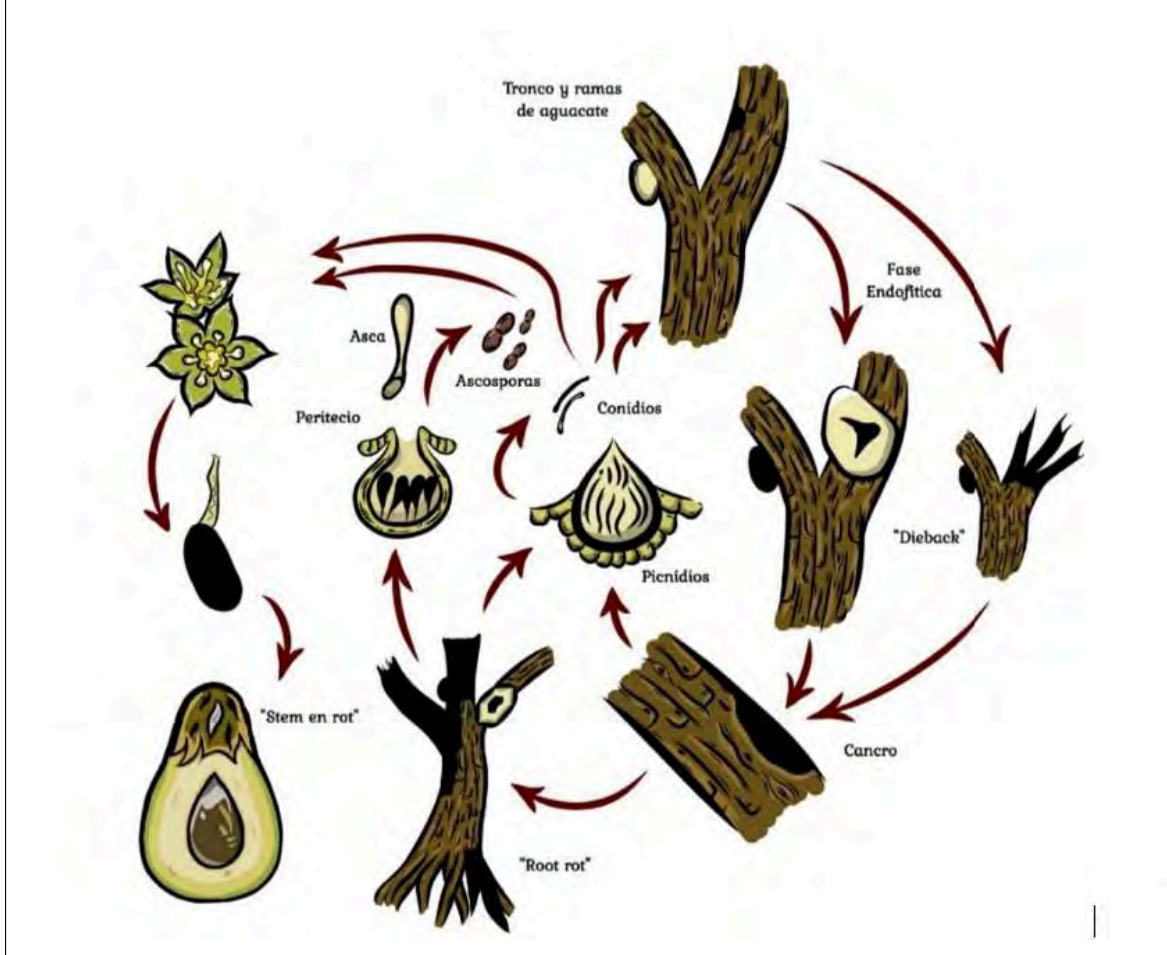
Las ascosporas y conidios de los Botryosphaeriales presentan una diversa morfología, pueden presentar pigmentación o ser hialinos, septados o aseptados y la presencia o ausencia de una vaina mucilaginosa los conidios pueden ser fusiforme a ovoide o elíptica. Los conidios hialinos y aseptados se convierten en uno o dos septados y algunas especies desarrollan una coloración marrón antes de la germinación como *Diplodia corticola*, *D. cupressi* y *D. mutila*, con conidios muy similares entre sí por pertenecer al mismo género (Phillips *et al.*, 2013). Los conidios de paredes gruesas y hialinos o marrones parecidos a diplodios también los podemos encontrar en la familia Botryosphaeriaceae.

Por último, las células más internas son de pared delgada y hialina. El ostiolo del picnidio es simple, circular y central. Las células conidiógenas son de aspecto hialino y se sitúan perpendicularmente a las paredes del picnidio, orientándose de esta manera hacia el centro de la cavidad. La melanina producida por estas estructuras se puede encontrar en especies fitopatógenas, así como en taxones de hábitos saprobios y esto contribuyó notablemente a la supervivencia en cuando las condiciones ambientales son adversas (Belozerskaya *et al.*, 2017). Esto significa que la producción de melanina tiene una mayor relación sobre los hongos fitopatógenos porque está directamente relacionado con la virulencia y la severidad (Nosanchuk y Casadevall, 2003; Belozerskaya *et al.*, 2017).

Ciclo de la enfermedad de familia Botryosphaeraceae

El ciclo de vida de la mayoría de los hongos fitopatógenos de la familia Botryosphaeraceae (Figura 1), comienza cuando los conidios o ascosporas tienen contacto con el hospedero; a través, de aberturas naturales o hechas artificialmente por daños mecánicos. Las aberturas naturales pueden ser lenticelas (estas son pequeñas estructuras que se encuentran en tallos, raíces y ramas que permiten el intercambio de gases) (Everett *et al.*, 2008) o incluso en las panículas en casos de 'podredumbre de rama o muerte descendente'. Las aberturas creadas artificialmente por daños mecánicos se pueden hacer accidentalmente al podar, injertar, cosechar, plantar u otras labores culturales, así como por granizadas incendios o insectos (Everett *et al.*, 1999).

Figura 1. Ciclo de patogénesis de hongos de la familia Botryosphaeriaceae, causantes de canchros en arboles de aguacate.



El ciclo de patogénesis de estos hongos se inicia cuando los conidios o las ascosporas infectan la planta a través de heridas o lenticelas, el hongo produce enzimas que atacan al cambium y albura, degradándolos para utilizarlos como nutrientes. Una vez colonizados los tejidos de la planta, se inicia la producción de conidios en los picnidios (peritecios: estructuras formadoras de esporas que emergen a través de la corteza infectadas). Estos conidios son los responsables de la aparición de los ciclos secundarios de la enfermedad en otros órganos de la planta.

En los tejidos ya muertos, conjuntamente a la producción de conidios, se generan las estructuras de carácter sexual, que una vez maduras producen las ascosporas infectivas que dan lugar a nuevas infecciones primarias. El hongo sobrevive en los canchros y en las ramas y brotes infectados, así como en las hojas muertas del suelo.

La infección comienza con la germinación de conidios o ascosporas que al alimentarse del hospedero avanza la infección, esto puede darse también por la influencia de estrés (Coakley *et al.*, 1999). El ciclo de la enfermedad puede desarrollarse simultáneamente y producir síntomas en diferentes partes de la planta esto resulta muy grave y la enfermedad puede ser aún mayor si el huésped está bajo la presión biótica de posibles agentes causales de problemas fitosanitarios, como la presencia de plagas o enfermedades, como la aparición de pudrición de la raíz causada por *Phytophthora cinnamomi* enfermedad común en el cultivo de aguacate (Desprez-Loustan *et al.*, 2006).

El hongo produce enzimas que degradan los tejidos del huésped, lo que representa una fuente de nutrientes y energía para el fitopatógeno. Tras la colonización de los tejidos, se inicia la producción de conidios en los picnidios, estructuras de reproducción asexual que emergen a través de la corteza de las ramas y el tronco (Valencia, 2019).

Los conidios son responsables de las infecciones secundarias de la enfermedad, son estructuras infecciosas que se propagan muy fácilmente a través de la salpicadura de lluvia y el viento, a través de insectos y herramientas contaminadas la esporulación es favorecida por condiciones de alta humedad (Pérez *et al.*, 2017).

Diagnóstico

Los canchros sobre el tejido leñoso son el síntoma más común y consistente ocasionado por géneros de la familia Botryosphaeraceae, es una alteración expandida a los tejidos corticales, de la parte central del árbol, produce necrosis y muerte del tejido, este síntoma se expresa con exudados acuosos o gomosos según la especie parasitada y con o sin reacciones hiperplásticas, observables en las células vivas circundantes. El diagnóstico de esta enfermedad se basa fundamentalmente en la identificación del síndrome junto con los signos específicos que produce el hongo según la especie (cuerpos fructíferos) (Sánchez *et al.*, 2013; Zlatkovic *et al.*, 2016).

Los síntomas en el tejido leñoso pueden presentarse también desde pequeñas zonas superficiales de corteza que penetra entre el cambium hasta la albura y lesiones alargadas que pueden llegar a ocupar una superficie considerable sobre la madera desde la base del tronco hasta zonas aéreas del árbol. Las lesiones suelen aparecer en el tronco principalmente, son asociadas con heridas hechas durante el debilitamiento y avance del fitopatógeno y se observan como zonas extensas de corteza infectada con un notable cambio en su coloración típica, un exudado de color blanco a crema resultado de la expulsión de sabia del árbol como respuesta de hipersensibilidad a la herida que más tarde se cristaliza y queda en forma de un polvillo de aspecto blancuzco, estas son bordeadas por abultamientos de la corteza de forma alargada, de aproximadamente 5 a 20 cm de longitud o más. Si las lesiones coalescen pueden anillar y matar al árbol. En la corteza muerta de las lesiones aparecen pústulas negras que corresponden a los pseudotecios del fitopatógeno (Doll *et al.*, 2015; Lawrence *et al.*, 2015).

Botryosphaeriales como problema fitosanitario importante en especies leñosas

Algunos géneros patógenos de especies de Botryosphaeriales, tienen un comportamiento peculiar y a su vez muy virulento, a este se le llama 'patógenos inactivos', es un hábito que también se le conoce como endófito pueden coexistir dentro de la planta y desarrollarse de una manera asintomática (como el género *Botryosphaeria* y especies de *Lasiodyplodia*) y tienen la capacidad de causar enfermedades después de un factor detonante, generado por sequía o un debilitamiento de la planta causado por otra infección por otro fitopatógeno más débil (Slippers y Winfield, 2007; Prusky *et al.*, 2013; Wyka y Broders, 2016).

Dentro de los hospederos más notables y de importancia agrícola se encuentran frutales de pepita como pomos, de semilla, frutos secos y frutillas. (Slippers *et al.*, 2007), existen también reportes de epidemias en plantas nativas de diferentes tipos de hábitats (Marincowitz *et al.*, 2008; Pavlic *et al.*, 2008; Jami *et al.*, 2015) en contraste los Botryosphaeriales también tienen géneros que poseen hospederos más estrechos pero igual de severos sobre las plantas infectadas por ejemplo: *Diplodia sapinea* en especies de *Pinus* sp. e incluso algunos muy específicos del huésped por ejemplo, *Eutiarosporella darliae*, *E. pseudodarliae* y *E. tritici-australis* en trigo (Thynne *et al.*, 2019).

Botryosphaeriales asociados al cultivo del aguacate

En los huertos comerciales del cultivo de aguacate ubicados en la región productora del estado de Michoacán, se encuentra una zona conformada por municipios que destacan por condiciones

agroclimáticas distintas y que pertenecen a uno de los sitios con una superficie cultivada considerable desde hace ya varias décadas (Téliz *et al.*, 1999).

Existen reportes de algunos miembros de la familia Botryosphaeriaceae y a pesar de que son ya clásicos, se reportan como agentes causales de infecciones y asociados al síntoma de cancro en los troncos y ramas, que generalmente se localiza en la base de los troncos, aunque también puede afectar las raíces cercanas a la base del tallo (Coria, 1985). La enfermedad se localiza en todas las zonas productoras de aguacate de Michoacán, no existe un huerto con al menos una planta con este síntoma ya que en huertos jóvenes es muy común encontrarla también en la unión del injerto (Jiménez, 1987).

Campos (1984) sugiere una incidencia de 5 a 20%, pero en la actualidad se estima un valor más elevado por las malas prácticas agrícolas, diseminación de la enfermedad por condiciones climáticas cada vez más adversas. Como lo ha reportado Coria (1985) desde la década de los 80's con una incidencia del cancro en los árboles de hasta un 29% en huertos ubicados en Ziracuaretiro, Michoacán. El cancro del tronco se ha reportado *Nectria galligena*, con un conjunto más de hongos esto por trabajos realizados por Martínez (1974); Jiménez (1987) en el estado de Michoacán.

Importancia económica del cancro causado por Botryosphaeriaceae en el cultivo de aguacate

Dado el aumento en la incidencia en huertos de aguacate y el impacto económico de los síntomas de la enfermedad generadas por miembros de esta familia y los informes recientes sobre la aparición de nuevas especies de Botryosphaeriaceae en plantas tropicales, es posible que varias especies de esta familia puedan estar asociadas con los cánceros y muerte de las plantas de *Persea americana* Miller en México. Para un manejo efectivo de la enfermedad, es necesario comprender claramente la etiología de la enfermedad, la identificación tanto morfológica como molecular es esencial para determinar la distribución de especies y la epidemiología de su enfermedad (Slippers y Wingfield, 2007; Mehl *et al.*, 2013).

Importancia de la identificación molecular de especies de Botryosphaeriaceae

Como en todas las identificaciones a nivel género y especie la familia Botryosphaeriaceae no es la excepción y se ha llevado a cabo de acuerdo con las características morfológicas de los anamorfos, como los conidiomas y conidios principalmente (Denman *et al.*, 2000). Sin embargo, es una práctica en la que no se había tomado en cuenta que estos hongos biológicamente poseen plasticidad genética la cual puede modificar fenotípicamente su morfología y puede ser activada por factores climáticos e inclusive por el hospedero donde se desarrollan y por otro lado muchas de las especies de Botryosphaeriaceae no fácilmente producen picnidios o conidio en medios de cultivo sintéticos (Liu *et al.*, 2012).

Un método de detección rápido y factible es realizar pruebas de PCR (reacción en cadena de la polimerasa), basado en el análisis de la secuencia de ADN esto proporcionaría una manera eficiente de detectar e identificar patógenos de plantas (Martin *et al.*, 2000; Abdollahzadeh y Zolfaghari, 2014). White *et al.* (1990) sugiere en sus investigaciones el uso de ITS (espaciador interno transcrito) región del ADN ribosomal (ADNr), es ideal usarlo como cebador para una detección basada en PCR, las regiones ITS generalmente son regiones conservadas dentro de una especie variable, otras regiones de genes comúnmente utilizadas para inferir relaciones filogenéticas y dilucidar especies dentro de la familia Botryosphaeriaceae son: *tef1*-, *tub2* y *rpb2* que permitieron identificar especies con facilidad y un alto grado de certeza (Michailides, 2002; Ridgway *et al.*, 2011; Ni *et al.*, 2012; Cruywagen *et al.*, 2016).

Control de la enfermedad

Las medidas de control para los canchros ocasionados por especies de la familia Botryosphaeriaceae deben ser de tipo preventivo, ya que una vez presentes las lesiones, las medidas curativas son ineficaces (Junta de Andalucía, 2010). Está comprobado que las plantas vigorosas, sanas con un buen manejo agronómico y de nutrición son más resistentes a este tipo de enfermedades y aunque dadas las condiciones óptimas para que se desarrolle una infección como estrés, debilitamiento, riego excesivo, sombreado y en ocasiones daño mecánico impedirá al patógeno el establecimiento de la enfermedad (Ceja *et al.*, 2000).

En general, se recomienda mantener las plantaciones en condiciones favorables, para así evitar cualquier tipo de estrés innecesario (Junta de Andalucía, 2010). Una práctica primordial, dentro del manejo cultural que ha resultado muy efectivo para un buen control, es la eliminación de las ramas afectadas durante los periodos secos de verano o los de reposo invernal, siempre antes de las primeras lluvias de primavera, ya que con éstas se produce la mayor dispersión de las esporas y así podemos reducir la diseminación y proliferación de la enfermedad.

Entre estas medidas preventivas cabe destacar un mejor control con un manejo integrado, al asegurar que la humedad ambiental sea la menor posible (podas recurrentes), evitar las heridas mecánicas en la corteza del árbol, desinfectar las herramientas y sellar las heridas de poda. Otro tipo complementario de control preventivo es con productos fungicidas, en aspersiones dirigidas desde vía drench al sistema radicular, tronco y ramas, con productos con actividad biológica sistémica, ingredientes activos como Benomilo, fungicida sistémico de amplio espectro capaz de ser absorbido por el tejido leñoso, este inhibe así la infección fúngica (Luque *et al.*, 2008; Junta de Andalucía, 2010).

Sin embargo, algunas moléculas de este tipo tienen restricciones fitosanitarias que hace que ya no se puedan utilizar. De esta manera se han buscado alternativas a estas moléculas fúngicas y en su búsqueda se han implementado protectores de contacto como cobres (no absorbibles) o mezclas de ambos (sistémicos y de contacto) (Luque *et al.*, 2008).

Conclusiones

La familia Botryosphaeraeacea es un grupo de hongos con miembros de fitopatógenos importantes a nivel mundial, la epidemiología de los Botryosphaeriales son el agente causal de muchas enfermedades como: canchros, muerte regresiva y pudrición de raíces distribuidas en las zonas productoras de aguacate. La incidencia de la enfermedad ha aumentado considerablemente y como resultado se ha vuelto en una limitante en la producción y desarrollo del cultivo. Debido a lo anterior y bajo la demanda que generó dicho cultivo, es necesario poder identificar en forma rápida y veraz las especies asociadas a la enfermedad para conocer su biología y así diseñar alternativas de control.

Bibliografía

- 1 Abdollahzadeh, J. and Zolfaghari, S. 2014. Efficiency of rep-PCR fingerprinting as a useful technique for molecular typing of plant pathogenic fungal species: Botryosphaeriaceae species as a case study. *FEMS Microbiology Letters*. 36(2):144-157. Doi: <https://doi.org/10.1111/1574-6968.12624>.
- 2 Bega, R. V.; Smith, R. S.; Martinez, A. P. and Davis, C. J. 1978. Severe Damage to *Pinus radiata* and *P. pinaster* by *Lophodermium* spp. on Molokai and Lanai in Hawaii. *Plant Disease Reporter*. 62(04):329-331.
- 3 Belozerskaya, T. A.; Gessler, N. N. and Aver'yanov, A. A. 2017. Melanin Pigments of Fungi. Ed. Fungal Metabolites. Reference Series in Phytochemistry. Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-25001-4-29>. 263-291 pp.

- 4 Brown, E. A. and Britton, K. O. 1986. Botryosphaeriadiseases of apple and peach in the Southeastern United States. *Plant Disease*. 70(5):480-484.
- 5 Campos, A. J. 1984. Principales enfermedades del aguacate en Uruapan, Michoacán. *Simposium Sobre Cultivo, Producción y Comercialización del Aguacate*. IV Congreso Nacional de A.N.E.F.A. Uruapan, Michoacán. 73.
- 6 Ceja, T. L. F.; Téliz, O. D.; Osada, K. S. y Morales, G. J. L. 2000. Etiología, distribución e incidencia del cancro del aguacate *Persea americana* Mill. *In: cuatro municipios del estado de Michoacán, México*. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 18(2):79-86.
- 7 Coakley, S. M.; Scherm, H. and Chakraborty, S. 1999. Climate change plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*. 37:399-426. DOI:10.1146/annurev.phyto.37.1.399
- 8 Coria, A. V. M. 1985. Distribución y etiología del cáncer en aguacate (*Persea americana* Miller) en la región de Uruapan, Michoacán. Tesis profesional. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez", UMSNH. Uruapan, Michoacán. 80 p.
- 9 Crous, P. W.; Slippers, B.; Wingfield, M. J.; Rheeder, J.; Marasas, W. F. O.; Philips, A. J. L.; Alves, A.; Burgess, T.; Barber, P. and Groenewald, J. Z. 2006. Phylogenetic lineages in the Botryosphaeriaceae. *Studies in Mycology*. 55:235-253. Doi: 10.3114/sim.55.1.235.
- 10 Crous, P. W.; Wood, A. R.; Okada, G. and Groenewald, J. Z. 2008. Foliicolous microfungi occurring on *Encephalartos*. *Pers. Mol. Phylogeny Evol. Fungi*. 21:135-146. Doi: <https://doi.org/10.3767/003158508X380612>.
- 11 Crous, P. W.; Wingfield, M. J.; Burgess, T. I.; Hardy, G. E. S. J.; Crane, C.; Barrett, S.; Le Roux, J. J.; Thangavel, R.; Guarro, J. and Stchigel, A. M. 2016. Fungal Planet description sheets: *Persoonia*. 37:218-403. Doi: <https://doi.org/10.3767/003158516X694499>.
- 12 Cruywagen, E. M.; Slippers, B.; Roux, J. and Wingfield, M. J. 2016. Phylogenetic species recognition and hybridisation in *Lasiodiplodia*: a case of study on species from baobabs. *Fungal Biology*. 121(4):420-436. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.07.014>.
- 13 Denman, S.; Crous, P. W.; Taylor, J. E.; Kang, J. C.; Pascoe, I. and Wingfield, M. J. 2000. An overview of the taxonomic history of Botryosphaeria, and a re-evaluation of its anamorph based on morphology and ITS rDNA phylogeny. *Studies in Mycology*. 45:129-140.
- 14 Desprez-Loustau, M. L.; Marçais, B.; Nageleisen, L. M.; Piou, D. and Vannini, A. 2006. Interactive effects of drought and pathogens in forest trees. *Annals of Forest Science*. 63(6):597-612. Doi: <https://doi.org/10.1051/forest:2006040>.
- 15 Doll, D. A.; Rolshausen, P. E.; Pouzoulet, J. and Michailides, T. J. 2015. First report of *Dothiorella iberica* causing trunk and scaffold cankers of almond in California. *Plant Disease*. 99(8):1185-1185. <https://doi.org/10.1094/PDIS-11-14-1233-PDN>.
- 16 Everett, K. R.; Hallett, I. C.; Rees, G. J.; Chynoweth, R. W. and Henry, A. P. 2008. Avocado lenticel damage: The cause and the effect on fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*. 48(3):383-390. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.008>.
- 17 Everett, K. R. 1999. Infection of unripe avocado fruit by stem end rot fungi in New Zealand. *Revista Chapingo Serie Horticultura*. 5:337-339.
- 18 Jami, F.; Slippers, B.; Wingfield, M. J.; Loots, M. T. and Gryzenhout, M. 2015. Temporal and spatial variation of Botryosphaeriaceae associated with *Acacia kar-rooin* South Africa. *Fungal Ecol*. 15:51-62. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.funeco.2015.03.001>.
- 19 Jiménez, R. P. 1987. Memoria del primer curso fitosanitario y de nutrición en aguacate. Facultad de agrobiología "Presidente Juárez". Uruapan, Michoacán. 165-166 pp.
- 20 Junta de Andalucía. 2010. El Chancro del tronco del alcornoque causado por Botryosphaeria (*Chancro de Diplodia*). Consejería de Medio Ambiente. <https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/449530/chancro-tronco.pdf>.

- 21 Lawrence, D. P.; Travadon, R. and Baumgartner, K. 2015. Diversity of *Diaporthe* species associated with wood cankers of fruit and nut crops in northern California. *Mycologia*. 107(5):926-940. Doi: 10.3852/14-353.
- 22 Liu, J. K.; Phookamsak, R.; Doilom, M.; Wikee, S.; Li, Y. M.; Ariyawansa, H.; Boonmee, S.; Chomnunti, P.; Dai, D. Q.; Bhat, J. D.; Romero, A. I.; Zhuang, W. Y.; Monkai, J.; Jones, E. B. G.; Chukeatirote, E.; Ko, T. W.; Zhao, Y. C.; Wang, Y. and Hyde, K. D. 2012. Towards a natural classification of Botryosphaeriales. *Fungal Diversity*. 57:149-210. Doi: <https://doi.org/10.1007/s13225-012-0207-4>.
- 23 Luque, J.; Pera, J. and Parlade, J. 2008. Evaluation of fungicides for the control of *Botryosphaeria corticola* on cork oak in Catalonia (NE Spain). *Forest Pathology*. 38(3):147-155. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0329.2007.00526.x>.
- 24 Marincowitz, S.; Groenewald, J. Z.; Wingfield, M. J. and Crous, P. W. 2008. Species of Botryosphaeriaceae occurring on Proteaceae. *Persoonia-Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*. 21(1):111-118. Doi: 10.3767/003158508X372387.
- 25 Martin, R. R.; James, D. and Lévesque, C. A. 2000. Impacts of molecular diagnostic technologies on plant disease management. *Annual Review of Phytopathology*. 38:207-239. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.38.1.207>.
- 26 Martínez, B. R. 1974. Compendio de enfermedades del aguacatero en la región de Uruapan, Michoacán y áreas adyacentes. Pfizer. Uruapan, Michoacán, México. 10-11 pp.
- 27 Mehl, J. W. M.; Slippers, B.; Roux, J. and Wingfield, M. J. 2013. Cankers and Other Diseases Caused by the Botryosphaeriaceae. *In*: Gonthier, P. and Nico, G. Ed. *Infectious Forest Diseases*: CABI. 298-317 pp. Doi: <https://doi.org/10.1079/9781780640402.0298>.
- 28 Michailides, T. J.; Morgan, D. P.; Felts, D. and Phillimonte, J. 2002. First report of *Botryosphaeria rodhina* causing shoot blight of Pistachio in California. *Plant Disease*. 86(11):1273-1273. Doi: <https://doi.org/10.1094/PDIS.2002.86.11.1273C>.
- 29 Michailides, T. J. 1991. Pathogenicity, distribution, sources of inoculum, and infection courts of *Botryosphaeria dothidea* on pistachio. *Phytopathology*. 81(5):566-573.
- 30 Ni, H. F.; Yang, H. R.; Chen, R. S.; Hung, T. H. and Liou, R. F. 2012. A nested multiplex PCR for species-specific identification and detection of Botryosphaeriaceae species on mango. *European Journal of Plant Pathology*. 133(4):819-828. <https://doi.org/10.1007/s10658-012-0003-8>.
- 31 Nosanchuk, J. D. and Casadevall, A. 2003. The contribution of melanin to microbial pathogenesis. *Cell. Microbiol*. 5(4):203-223. <https://doi.org/10.1046/j.1462-5814.2003.00268.x>.
- 32 Pavlic, D.; Wingfield, M. J.; Barber, P.; Slippers, B.; Hardy, G. E. S. J. and Burgess, T. I. 2008. Seven new species of the Botryosphaeriaceae from baobab and other native trees in Western Australia. *Mycologia*. 100(6):851-866. Doi: <https://doi.org/10.3852/08-020>.
- 33 Pérez, O. G.; González, S. P.; Pérez, A. R. y Silverio, F. 2017. Enfermedades del aguacate causadas por especies de hongos de la familia Botryosphaeriaceae. La Laguna, España: Gobierno de Canarias. <https://www.icia.es/icia/download/publicaciones/Botryosphaeriaceae.pdf>.
- 34 Phillips, A. J. L.; Alves, A.; Abdollahzadeh, J.; Slippers, B.; Wingfield, M. J.; Groenewald, J. Z. and Crous, P. W. 2013. The Botryosphaeriaceae: genera and species known from culture. *Studies in Mycology*. 76(1):51-167. Doi: <https://doi.org/10.3114/sim0021>.
- 35 Phillips, A. J. L.; Hyde, K. D.; Alves, A. and Liu, J. K. 2019. Families in Botryosphaeriales: A phylogenetic, morphological and evolutionary perspective. *Fungal Divers*. 94(5):1-22. Doi: 10.1007/s13225-018-0416-6.
- 36 Prusky, D.; Alkan, N.; Mengiste, T. and Fluhr, R. 2013. Quiescent and Necrotrophic lifestyle choice during postharvest disease development. *Annual Review of Phytopathology*. 51:155-176. Doi: <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082712-102349>.

- 37 Ridgway, H. J.; Amponsah, N. T.; Brown, D. S.; Baskarathevan, E. E. J. and Jaspers, M V. 2011. Detection of *Botryosphaeriaceae* species in environmental samples using a multi-species primer pair. *Plant Pathology*. 60(6):1118-1127. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2011.02474.x>.
- 38 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.
- 39 Slippers, B. and Wingfield, M. J. 2007. Botryosphaeriaceae as endophytes and latent pathogens of woody plants: diversity, ecology, and impact. *Fungal Biology Reviews*. 21(2):90-106. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.06.002>.
- 40 Slippers, B.; Smit, W. A.; Crous, P. W.; Coutinho, T. A.; Wingfield, B. D. and Wingfield, M. J. 2007. Taxonomy, phylogeny, and identification of Botryosphaeriaceae associated with pome and stone fruit trees in South Africa and other regions of the world. *Plant Pathology* . 56(1):128-139. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2006.01486.x>.
- 41 Swart, W. J. and Wingfield, M. J. 1991. Biology and Control of *Sphaeropsis sapinea* on *Pinus* Species in South Africa. University of the Orange Free State, Bloemfontein, South Africa. *Plant Disease* . Vol. 75 (8). 761-766 pp.
- 42 Téliz, D.; Mora, G. y Morales, L. 1999. Importancia histórica y socioeconómica del aguacate. *In: Téliz, D. El Aguacate y su Manejo Integrado*. Ed. Mundi-Prensa México, 3-16 pp.
- 43 Thynne, E.; Mead, O. L.; Chooi, Y. H.; McDonald, M. C. and Solomon, P. S. 2019. Acquisition and loss of secondary metabolites shaped the evolutionary path of three emerging phytopathogens of wheat. *Genome Biology and Evolution*. 11(3):890-905. Doi: <https://doi.org/10.1093/gbe/evz037>.
- 44 Valencia, A. L.; Gil, P. M.; Latorre, B. A.; Rosales, I. M. 2019. Characterization and pathogenicity of Botryosphaeriaceae species obtained from avocado stress with branch canker and dieback and from avocado fruit with stem end rot in Chile. *Plant disease*. 103:996-1005. <https://doi.org/10.1094/PDIS-07-18-1131-RE>.
- 45 Von Arx, J. A. 1987. Plant pathogenic fungi. *Mycologia* . 79(6):919-920. <https://doi.org/10.2307/3807701>.
- 46 White, T. J.; Bruns, T.; Lee, S. and Taylor, J. W. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *In: Innis, M. A. Editorial. PCR Protocols: a guide to methods and applications*. Ed. Academic Press Inc, New York. 315-322 pp.
- 47 Wyka, S. A. and Broders, K. D. 2016. The new family Septorioideaceae, within the Botryosphaeriales and *Septorioides strobi* as a new species associated with needle defoliation of *Pinus strobus* in the United States. *Fungal Biology* . 120(8):1030-1040. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2016.04.005>.
- 48 Zhang, W.; Groenewald, J. Z.; Lombard, L.; Schumacher, R. K.; Phillips, A. J. L. and Crous, P. W. 2021. Evaluating species in Botryosphaeriales. *Pers. Mol. Phylogeny Evol. Fungi* . 46:63-115. Doi: <https://doi.org/10.3767/persoonia.2021.46.03>.
- 49 Zlatkovic, M.; Keca N.; Wingfield, M. J.; Jami F. and Slippers, B. 2016. Botryosphaeriaceae associated with the die-back of ornamental trees in the Western Balkans. *Antonie van Leeuwenhoek*. 109:543-564. Doi: 10.1007/s10482-016-0659-8.



Botryosphaeriaceae en el cultivo de aguacate

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 May 2024
Date accepted: 01 June 2024
Publication date: 19 August 2024
Publication date: Jul-Aug 2024
Volume: 15
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e3745
DOI: 10.29312/remexca.v15i5.3745

Categories

Subject: Ensayo

Palabras clave:

Palabras clave:

cancro
control
enfermedad
secuencia
taxonomía

Counts

Figures: 1
Tables: 0
Equations: 0
References: 49
Pages: 0