

Main fungal diseases of the orchids

Principales enfermedades fúngicas de las orquídeas

Fernández-Herrera, Ernesto^{1*}; Ramírez-Bustos, Irene I.²; Moreno-Salazar, Sergio F.¹; Ochoa-Meza, Andrés¹; Villar-Luna, Edgar³

¹Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora, Carr. Bahía de Kino, Km. 21. Hermosillo, Sonora, México. Apartado postal 305. Tel: 66 25 96 02 97. ²Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C. (CIAD), Km. 0.6, Carretera a La Victoria, Hermosillo, Sonora, México. CP. 83304. ³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán. Justo Sierra núm. 28, Jiquilpan, Michoacán, C. P. 59510, MÉXICO.

*Autor para correspondencia: ernesto.fernandez@guayacan.uson.mx

ABSTRACT

Objective: To describe some of the main fungal diseases associated with the cultivation of orchids.

Design/methodology/approximation: A review of the scientific literature was carried out on the main fungal diseases, symptoms and causal organisms, which detract from the production in orchid cultivation.

Results: It was found that *Fusarium proliferatum*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *Phytophthora cactorum*, *P. palmivora* and *Pythium* spp., are the main pathogens that cause diseases in the radical system and pseudobulbs, while *Colletotrichum* spp., *Botrytis cinerea* and *Phyllosticta* are the main fungi that damage flowers and leaves. Symptoms caused by these pathogens are rot or root necrosis, pseudobulb rot, spots or blight on flowers or leaves, leaf fall, to the death of plants.

Findings/conclusions: In Mexico the cultivation of orchids is in development, and therefore there is a wide ignorance of the fungal diseases that limit commercial production. The greater knowledge of the symptoms and the causal pathogens of the main diseases of the orchid culture, will allow to make a correct diagnosis of the disease, since the choice of the appropriate management method that can avoid severe damage to the crop depends on this.

Keywords: Orchidaceae, oomycetes, *Fusarium* spp., *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Phyllosticta*.

RESUMEN

Objetivo: Describir algunas de las principales enfermedades fúngicas asociadas al cultivo de orquídeas.

Diseño/metodología/aproximación: Se realizó una revisión de la literatura científica sobre las principales enfermedades fúngicas, síntomas y organismos causales, que demeritan la producción en el cultivo de orquídeas.

Resultados: Se encontró que *Fusarium proliferatum*, *F. solani*, *F. oxysporum*, *Phytophthora cactorum*, *P. palmivora* y *Pythium* spp., son los principales patógenos que causan enfermedades en el sistema radical y pseudobulbos, mientras que *Colletotrichum* spp., *Botrytis cinerea* y *Phyllosticta* son los principales hongos que dañan las flores y hojas. Los síntomas generales causados por estos patógenos son desde pudriciones o necrosis de raíces, pudriciones de pseudobulbos, manchas o tizones en flores u hojas, caída de hojas, hasta la muerte de las plantas.

Hallazgos/conclusiones: En México el cultivo de orquídeas está en desarrollo, y por lo tanto existe un desconocimiento amplio de las enfermedades fúngicas que limitan la producción comercial. El mayor conocimiento de los síntomas y de los patógenos causales de las principales enfermedades del cultivo de orquídeas, permitirá realizar un diagnóstico correcto de la enfermedad, pues de esto depende en mucho la elección del método de manejo apropiado que pueda evitar daños severos al cultivo.

Palabras clave: Orchidaceae, oomicetos, *Fusarium* spp., *Botrytis*, *Colletotrichum*, *Phyllosticta*.

Agroproductividad: Vol. 13, Núm. 1, enero. 2020. pp: 9-14.

Recibido: septiembre, 2019. **Aceptado:** diciembre, 2019.

INTRODUCCIÓN

La familia Orchidaceae es la más grande de las angiospermas, con aproximadamente 880 géneros y 27,800 especies (Givnish *et al.*, 2016). Estas plantas han sido comercializadas durante mucho tiempo como plantas ornamentales y medicinales, y su cultivo representa una parte importante del comercio mundial de flores, con ventas anuales de más de 4 mil millones de dólares estadounidenses (Zhang *et al.*, 2018). A pesar de la expansión del comercio legal y bien establecido, las orquídeas son extraídas ilegalmente de sus hábitats naturales para el comercio local e internacional.

Los principales países productores de orquídeas son Tailandia, Japón, Taiwán, China, Países Bajos, Italia y Polonia (Hanks, 2018). En México, existe una gran demanda nacional e internacional para el comercio de orquídeas, aunque nuestro país no se encuentra entre los principales productores, tiene condiciones favorables para su producción y una cercanía con los Estados Unidos, país que importa grandes cantidades de estas especies (Murguía-González *et al.*, 2016). En México el cultivo de orquídeas es una actividad que apenas se está desarrollando, y que presenta, como cualquier otro cultivo, la problemática de la incidencia de plagas y enfermedades; considerada como un factor limitante en la producción comercial de orquídeas (Swett y Uchida, 2015). Sobre las enfermedades fúngicas de este cultivo existe poca información en México, la mayoría de los reportes científicos son producto de investigaciones de otros países. En una revisión de literatura sobre los hongos fitopatógenos que afectan a las orquídeas, se encontró que estos pueden causar pudriciones de raíces, tallos y pseudobulbos, manchas o necrosis de hojas y flores, pérdidas de raíces, reducción del crecimiento y muerte de plantas, entre otros síntomas.

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión de la literatura científica sobre las principales enfermedades fúngicas, síntomas y organismos causales, que demeritan la producción en el cultivo de orquídeas.

Enfermedades causantes de pudrición de raíces, tallos y pseudobulbo

Marchitez por *Fusarium*: Este género puede causar marchitamientos, clorosis del follaje, pudriciones de raíces (Figura 1) y canchales en el tallo de muchos cultivos hortícolas, ornamentales y forestales, tanto en

ecosistemas agrícolas como naturales. En orquídeas, *Fusarium* es uno de los principales géneros de hongos fitopatógenos que infecta a las orquídeas y que puede ser propagado a través del comercio internacional de plantas.

Las enfermedades por *Fusarium* se inician en las raíces desde el inóculo presente en el suelo o en las partes superiores de la planta por el inóculo arrastrado por el aire o salpicado por el agua. Por ejemplo, *F. oxysporum* inicialmente penetra en las raíces sanas y posteriormente coloniza el tejido vascular, provocando un marchitamiento generalizado, clorosis y necrosis de la parte aérea de la planta (Ma *et al.*, 2013). En orquídeas, *Fusarium proliferatum* es una de las especies de *Fusarium* más comunes y ampliamente distribuida que afecta a estas plantas ornamentales. *F. proliferatum* causa manchas en las flores, hojas, tallo, así como la pudrición de meristemos apicales. Este patógeno infecta a las plantas cuando son jóvenes y la severidad de la enfermedad depende de la edad del tejido infectado y los niveles de humedad. Las plantas jóvenes mueren rápidamente cuando son infectadas por *F. proliferatum*, mientras que las plantas sobrevivientes continúan siendo afectadas, destruyendo el nuevo crecimiento y no floreciendo cuando maduran (Uchida, 1999). En este sentido, Swett y Uchida (2015) reportaron en viveros comerciales de orquídeas en Hawaii, que las especies de *Fusarium* presentes en plantas de orquídeas con síntomas de necrosis y degradación de raíces y pseudobulbos, muerte de los meristemos apicales, tizones en hojas y flores, fueron *F. proliferatum* (el más frecuentemente aislado), *F. solani*, *F. oxysporum* y dos aislados similares a *F. subglutinans*, indicando que la alta incidencia y el amplio rango de hospedantes de estos hongos, representa un desafío importante en la producción comercial de orquídeas. *F. oxysporum* y *F. solani* también han sido reportados ampliamente como patógenos de orquídeas, en las que induce amarillamiento de hojas, pudrición seca de raíces, pseudobulbos y colapso de plantas de *Cymbidium* spp. (Lee *et al.*, 2002), pudrición de raíces, tallos y vainas en *Vanilla planifolia* (Vilayan *et al.*, 2012), pudrición, estrangulamiento y decoloración vascular del tallo en *Anoectochilus formosanus* (Huang *et al.*, 2014), pudrición de raíces y tallos en plantas de *Dendrobium* (Latiffah *et al.*, 2009) y clorosis y caída de hojas, pudrición de raíces y muerte de plantas de *Phalaenopsis* (Su *et al.*, 2010).

Pudrición negra causada por oomicetos.

Estos organismos son miembros del reino Cromista y producen esporas de resistencia, llamadas oosporas, en su fase sexual, y esporas con movimientos propios, llamadas zoosporas en su fase asexual. *Pythium* y *Phytophthora* son dos de los principales géneros de oomicetos que causan importantes pérdidas económicas en cultivos de solanáceas, cucurbitáceas y muchas otras plantas ornamentales.

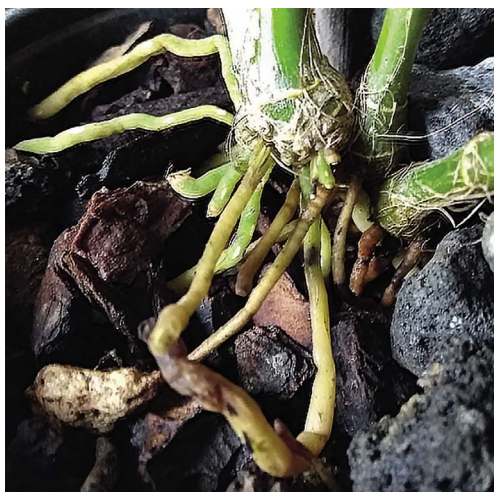


Figura 1. Necrosis radical en plantas de *Dendrobium nobile*, asociada a la infección por *Fusarium* sp.

En orquídeas, estos patógenos causan pérdidas importantes a los agricultores, principalmente en condiciones de alta humedad y temperaturas frescas. La lluvia es el factor ambiental más importante que afecta la incidencia y el progreso de las enfermedades causadas por oomicetos, así también, los riegos excesivos provocan un aumento en el brote de la enfermedad (Granke *et al.*, 2012), por lo que en las regiones tropicales y subtropicales, con lluvias abundantes y frecuentes, las enfermedades por oomicetos son comunes. En estos climas las zoosporas, esporas capaces de movimientos independientes, nadan a través del agua. Si esa agua está sobre una hoja de orquídea, las zoosporas pueden penetrar el tejido de la planta e infectarla, creciendo rápidamente a través de los tejidos de las plantas afectadas. Una vez que esto ocurre, los signos visibles de infección (manchas pequeñas, acuosas y translúcidas) se expanden rápidamente y cambian a marrón y luego a negro (Jones, 2002). Si no se trata, la planta o las plantas afectadas por oomicetos pueden infectar a otras y morir. Las plántulas jóvenes de orquídeas de muchos géneros son altamente susceptibles a las infecciones causadas por especies de *Phytophthora*, principalmente *P. palmivora* y *P. cactorum* (Uchida y Aragaki, 1991; Cating *et al.*, 2010). Las plántulas infectadas con estos patógenos típicamente tienen lesiones foliares de apariencia húmeda, pudriciones de tallo, pseudobulbo y raíz, las cuales causan que las plantas se debiliten y crezcan lentamente a medida que maduran, o bien pueden presentar hojas amarillas y caída prematura de hojas como en *Dendrobium* (Kawate y Sewake, 2014). En las plantas grandes, las lesiones suelen estar hundidas, secas y de color marrón oscuro a oscuro con centros pálidos, y las hojas eventualmente se vuelven amarillas y se caen (Uchida y Aragaki, 1991). El género *Pythium* causa síntomas si-

milares a los de *Phytophthora*, aunque estos patógenos son menos comunes en orquídeas y aunque son géneros diferentes, su ciclo de vida, epidemiología y control son muy similares (Cating *et al.*, 2008). En plantas de *Dendrobium* de dos a tres años, la infección por *Pythium* rara vez causa la muerte, mientras que en plántulas de un año la infección provoca pudrición de raíces, pseudobulbo, abscisión de hojas y muerte de las plantas (Tao *et al.*, 2011).

Enfermedades causantes de manchas en hojas y flores

Antracnosis causada por *Colletotrichum*. Este género es uno de los más comunes e importantes de hongos fitopatógenos que afecta a casi todos los cultivos que se producen en el mundo. Estos hongos causan antracnosis, manchas y tizones en las partes aéreas de plantas, además de pudriciones postcosecha, especialmente en frutas, vegetales y plantas ornamentales (Dean *et al.*, 2012). El género *Colletotrichum* se presenta principalmente en regiones con clima tropical y subtropical, aunque algunas especies afectan cultivos templados (Cannon *et al.*, 2012). Estos fitopatógenos invaden principalmente los tejidos lesionados o debilitados de las plantas, produciendo varias estructuras especializadas durante el proceso de infección (Gautam, 2014). En *Dendrobium*, la antracnosis causada por *Colletotrichum*, se caracteriza por presentar manchas foliares circulares, bien definidas y deprimidas, con centro oscuro y circundada por un halo difuso de coloración café claro (Figura 2A, 2B). Con el progreso de la enfermedad, las manchas crecen y se juntan para formar áreas necróticas más grandes. McMillan (2011) señala que en infecciones severas, en clima nublado y lluvioso, esta enfermedad puede provocar defoliación y muerte de las plantas. En *Paphiopedilum insigne*, los síntomas causados por *C. gloeosporioides* son similares a los descritos anteriormente, aunque cuando la colonización del tejido foliar es intensa, sobre todo en periodos de mucha humedad, se puede observar en el centro de la lesión masas de esporas de coloración crema, producidas en acérvulos (Mafia *et al.*, 2005).

Los estudios sobre los agentes causales de antracnosis en especies de orquídeas actualmente son pocos. En estas plantas se ha identificado a *Colletotrichum cymbidiicola*

y *C. cliviae* en orquídeas del género *Cymbidium*, *Eria*, *Dendrobium*, *Bulbophyllum*, *Oncidium*, *Coelogyne* y *Liparis* en India (Chowdappa et al., 2014), en diversas especies de orquídeas en Argentina (Cabrera et al., 2003), y *Colletotrichum karstii* en *Phalaenopsis* en Estados Unidos (Jadrane et al., 2012), entre otras.

Moho gris causado por *Botrytis cinerea*. *B. cinerea* es un importante fitopatógeno que causa enfermedades devastadoras antes y después de la cosecha en más de 500 especies de plantas (Hua et al., 2018). Este patógeno causa problemas en cultivos como tomate, vid, pepino, fresa, albahaca, flores con bulbo, flores de corte y planta ornamentales. En flores de corte la enfermedad se presenta en postcosecha, mientras que en plantas en maceta la enfermedad se encuentra tanto en pre y postcosecha. *B. cinerea* es un patógeno necrotrófico, que induce la muerte de la célula huésped y ocasiona daños graves en los tejidos, que culminan en la podredumbre de la planta o del producto cosechado (Dik y Wubben, 2004; van Kan, 2005).

B. cinerea produce un amplio rango de síntomas en sus hospedantes, siendo la pudrición blanda, acompañada de un colapso y apariencia húmeda del tejido, seguida de una rápida aparición de masas de esporas grises, los síntomas más típicos en las hojas y tejidos dañados (Williamson et al., 2007). En orquídeas, *B. cinerea* infecta a las flores, pero no a hojas y tallos. En flores causa manchas y tizones en flor, que con frecuencia son de forma circular y cafés o rosas, las cuales se expanden rápidamente y pudren todo el pétalo o la flor (Uchida, 1999). Bajo condiciones favorables de humedad en el tejido afectado es muy común observar estructuras reproductivas del hongo llamadas conidióforos (Figura 3). Este patógeno produce rápidamente esporas sobre las flores dañadas o tejido en descomposición, causando epidemias principalmente en los meses de mayor humedad y frío (Uchida, 1994).

Muchos cultivares comerciales de *Dendrobium* y *Vanda* son susceptibles a *Botrytis*. A diferencia de las enfermedades tropicales, las temperaturas óptimas



Figura 2. Antracnosis en hojas de *Dendrobium nobile*. A) haz y B) envés.

para que *Botrytis cinerea* dañe la floración son menores a 21 °C, pues arriba de los 27 °C la enfermedad se reduce (Kawate y Sewake, 2014).

Mancha foliar causada por *Phyllosticta*. Las especies de *Phyllosticta* (teleomorfo *Guignardia* Viala & Ravaz) causan manchas foliares y enfermedades de frutos en un amplio rango de hospedantes económicamente importantes en todo el mundo. Los síntomas de las enfermedades causadas por especies de *Phyllosticta*, son lesiones necróticas pequeñas en las hojas, a menudo de 1 a 2 mm de diámetro, circulares, de color café en el medio y más oscuras o rojizas en el margen, con picnidios en el centro (Wikee et al., 2011). En plantas de *Dendrobium*, *Phyllosticta* causa manchas amarillas en las hojas, que conforme la enfermedad avanza necrosa el tejido

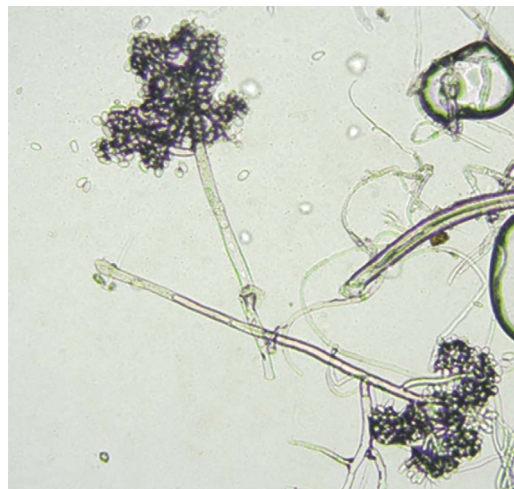


Figura 3. Conidióforos en forma de racimos de uvas, típico de *Botrytis cinerea*.

e invade toda la hoja, produciendo picnidios que en condiciones de humedad liberan esporas que se propagan a las hojas jóvenes para germinar e infectar a las plantas sanas (Uchida, 1999). Esta enfermedad se reportó en Brasil por Silva et al. (2008) en la orquídea terrestre *Bifrenaria harrisoniae*, quienes indicaron que *Phyllosticta capitalensis* producía en esta orquídea manchas cloróticas y circulares en un principio, y necróticas después, las cuales se unieron para formar

áreas más grandes que provocaron la muerte de las hojas. Así mismo, el teleomorfo de este hongo (*Guignardia endophyllicola*) ha sido identificado como el agente causal de lesiones necróticas foliares en plantas de *Cymbidium* (Silva y Pereira, 2007). También, debido a que las plantas afectadas por *Phyllosticta* pierden sus hojas en estado avanzados de la enfermedad, las flores producidas por estas plantas reducen su longevidad.

CONCLUSIONES

El cultivo de orquídeas es de gran importancia económica en el comercio mundial de flores. En México este cultivo está en desarrollo, y por lo tanto existe un desconocimiento de las enfermedades fúngicas que limitan la producción comercial a escala nacional. El mayor conocimiento de los síntomas y de los patógenos causales de las principales enfermedades del cultivo de orquídeas, permitirá realizar un diagnóstico correcto de la enfermedad, pues de esto depende en mucho la elección del método de manejo apropiado que pueda evitar daños severos al cultivo.

LITERATURA CITADA

- Cabrera, M. G., Galmarini, M. R. & Flachsland, E. (2003). *Colletotrichum gloeosporioides*, patógeno de orquídeas en el noroeste de Argentina. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 68, 57-61.
- Cannon, P. F., Damm, U., Johnston, P. R. & Weir, B. S. (2012). *Colletotrichum*, current status and future directions. *Studies in Mycology* 73(1), 181-213.
- Cating, R. A., Palmateer, A. J., Stiles, C. M., Rayside, P. A. & Davison, D. A. (2008). Black rot of orchids caused by *Phytophthora palmivora* y *Phytophthora cactorum*. UF/IFAS Extension, document PP260, University of Florida. Recuperado de <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/PP/PP26000.pdf>
- Cating, R. A., Palmateer, A. J., Stiles, C. M. & Rayside, P. A. (2010). Black rot of orchids caused by *Phytophthora cactorum* and *Phytophthora palmivora* in Florida. *Plant Health Progress*. doi: 10.1094/PHP-2010-0614-01-DG.
- Chowdappa, P., Chethana, C. S., Pant, R.P. & Bridge, P. D. (2014). Multilocus gene phylogeny reveals occurrence of *Colletotrichum cymbidiicola* and *C. cliviae* orchids in north east India. *Journal of Plant Pathology* 96(2), 327-334.
- Dean, R., Van Kan, J. A. L., Pretorius, Z. A., Hammond-Kosack, K. E., Di Pietro, A., Spanu, P. D.,... Foster, G. D. (2012). The Top 10 fungal pathogens in Molecular Plant Pathology. *Molecular Plant Pathology* 13(4), 414-430.
- Dik, A. J. & Wubben, J. P. (2004). Epidemiology of *Botrytis cinerea* diseases in greenhouses. En Y. Elad, B. Williamson, P. Tudzynski & N. Delen (eds.), *Botrytis: biology, pathology and control* (pp. 319-333). Dordrecht, Netherlands: Klumer Academic Publishers.
- Gautam, A. K. (2014). *Colletotrichum gloeosporioides*: biology, pathology and management in India. *Journal of Plant Physiology and Pathology*, 2(2), 1-11.
- Givnish, T. J., Spalink, D., Ames, M., Lyon, S. P., Hunter, S. J., Zuluaga, A.,...Cameron, K. M. (2016). Orchid historical biogeography, diversification, Antarctica and the paradox of orchid dispersal. *Journal of Biogeography* 43, 1905-1916.
- Granke, L. L., Quesada-Ocampo, L., Lamour, K. & Hausbeck, M. K. (2012). Advances in research on *Phytophthora capsici* on vegetable crops in The United States. *Plant Disease* 95(11), 1588-1600.
- Hanks, G. A. (2018). A review of production statistics for the cut flower and foliage (part of AHDB Horticulture project PO BOF 002a). The National Cut Flower Centre, AHDB. Recuperado de: <https://horticulture.ahdb.org.uk/sites/default/files/CFC%20Cut%20Flower%20production%20statistics%202018.pdf>
- Hua, L., Yong, Ch., Zhanquan, Z., Boqiang, L., Guozheng, Q. & Shiping, T. (2018). Pathogenic mechanisms and control strategies of *Botrytis cinerea* causing post-harvest decay in fruits and vegetables. *Food Quality and Safety* 3, 111-119.
- Huang, L. W., Wang, C. J., Lin, Y. S., Chung, W. C. & Chung, W. H. (2014). Stem rot of jewel orchids caused by a new forma specialis, *Fusarium oxysporum* f. sp. *anoectochili* in Taiwan. *Plant Pathology* 63, 539-547.
- Jadrane, I., Kornievsky, M., Desjardin, D. E., He, Z. H., Cai, L. & Hyde, K. (2012). First report of flower anthracnose caused by *Colletotrichum karstii* in white *Phalaenopsis* orchids in the United States. *Plant Disease* 96(8), 1227.
- Jones, S. (2002). Black rot. *The Bulletin of the American Orchid Society*. Recuperado de <http://www.aos.org/orchids/orchid-pests-diseases/black-rot.aspx>
- Kawate, M. & Sewake, K.T. (2014). Pest Management Strategic Plan for Potted Orchid Production in Hawai'i. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii at Mānoa, Honolulu, Hawaii. Recuperado de https://ipmdata.ipmcenters.org/documents/pmsps/HI_orchid_PMSP.pdf
- Latiffah, Z., Nur, H.M.Z., Baharuddin, S. & Maziah, Z. (2009). Identification and pathogenicity of *Fusarium* species associated with root rot and stem rot of *Dendrobium*. *Asian Journal of Plant Pathology* 3(1), 14-21.
- Lee, B. D., Kim, W. G., Cho, W. D. & Sung, J. M. (2002). Occurrence of dry rot on *Cymbidium* orchids caused by *Fusarium* spp. in Korea. *The Plant Pathology Journal* 18(3), 156-160.
- Ma, L.-J., Geiser, D. M., Proctor, R. H., Rooney, A. P., O'Donnell, K., Trail, F.,...Kazan, K. (2013). *Fusarium* pathogenomics. *Annual Review of Microbiology* 67: 399-416.
- Máfia, R. G., Alfenas, A. C., Ventura, G. M. & Alfenas, R. F. (2005). Antracnose em *Paphiopedilum insigne* (Orquidaceae) causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. *Fitopatologia Brasileira* 30(4), 436.
- McMillan, R. T. Jr. (2011). Efficacy of fungicides for control of *Colletotrichum gloeosporioides* on *Dendrobiums*. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 124, 314-316.
- Murguía-González, J., Leyva-Ovalle, O.R., Lee-Espinosa, H.E., Galindo-Tovar, M.E., Pardío-Sedas, V.T., Llárena-Hernández, R.C. (2016). Sistemas de producción de orquídeas (Orquidaceae) en Veracruz, México. *Agroproductividad* 9(6), 62-66.
- Silva, M. & Pereira, O. L. (2007). First report of *Guignardia endophyllicola* leaf blight on *Cymbidium* (Orchidaceae) in Brazil. *Australasian Plant Disease Notes* 2, 31-32.

- Silva, M., Pereira, O. L., Braga, I. F. & Melis, S. M. (2008). Leaf and pseudobulb disease on *Bifrenaria harrisoniae* (Orchidaceae) caused by *Phyllosticta capitalensis* in Brazil. *Australasian Plant Disease Notes* 3, 53-56.
- Su, J. F., Lee, Y. C., Chen, C. W., Hsieh, T. F., and Huang, J. H. 2010. Sheath and Root rot of *Phalaenopsis* caused by *Fusarium solani*. *Acta Horticulturae* 878: 389-394.
- Swett, C. S. & Uchida, J. Y. (2015). Characterization of *Fusarium* diseases on commercially grown orchids in Hawaii. *Plant Pathology*, 64, 648-654.
- Tao, Y., Zeng, F., Ho, H., Wei, J., Wu, Y., Yang, L. & He, Y. (2011). *Pythium vexans* causing stem rot of *Dendrobium* in Yunnan province, China. *Journal of Phytopathology* 159, 255-259.
- Uchida, J. Y. 1994. Diseases of orchids in Hawaii. *Plant Disease*, 78(3), 220-224.
- Uchida, J. Y. (1999). Pests and pest management: diseases. En: K. Leonhardt & K. Sewake (eds), *Growing dendrobium orchids in Hawaii: production and pest management guide*. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii: College of Tropical Agriculture and Human Resources, 46-55.
- Uchida, J. Y. & Aragaki, M. 1991. *Phytophthora* diseases of orchids in Hawaii. Research extension series 129. College of Tropical Agriculture and Human Resources. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii.
- van Kan, J. A. L. 2005. Infection strategies of *Botrytis cinerea*. *Acta Horticulturae* 669, 77-90.
- Vilayan, A. K., Sithara, L., Sreelakshmi, K. P., Thomas, J., Thomas, J., Misra, R. S. & Saju, K. A. (2012). Molecular diversity of *Fusarium oxysporum* causing rot diseases of vanilla in south India. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(11), 1319-1326.
- Wikee, S., Udayanga, D., Crous, P. W., Chukeatirore, E., McKenzie, E. H. C., Bahkali, A. H., Dai, D. & Hyde, K. D. (2011). *Phyllosticta*, an overview of current status of species recognition. *Fungal Diversity* 51(1), 43-61.
- Williamson, B., Tudzynski, B., Tudzynski, P. & Kan, J. A. L. V. (2007). *Botrytis cinerea*: the cause of grey mould disease. *Molecular Plant Pathology* 8(5), 561-580.
- Zhang, S-B., Yang, Y., Li, J., Qin, J., Zhang, W., Huang, W. & Hu, H. (2018). Physiological diversity of orchids. *Plant Diversity* 40(4), 196-208.

