

Antracnosis foliar en *Swietenia macrophylla* causada por especies de *Colletotrichum* y escala logarítmica diagramática de severidad

Leaf anthracnose on *Swietenia macrophylla* caused by *Colletotrichum* species and diagrammatic logarithmic scale of severity

Lorenza Caamal Eb¹ , Silvia Edith García Díaz³ , Jairo Cristóbal Alejo^{1*} , Alberto Uc Vázquez² , José María Tun Suárez¹ , Arturo Reyes Ramírez¹ 

¹ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Conkal. Av. Tecnológico s/n. Conkal, Yucatán, México.

² Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. Tablaje Catastral 31264 Km 5.5, carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto, Parque Científico Tecnológico de Yucatán CP: 97302 Mérida, Yucatán.

³ Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Km 38.5 carretera México-Texcoco, C.P. 56230, Texcoco, Estado de México, México.

ABSTRACT

Swietenia macrophylla, is the forest species with the greatest commercial use in southeastern Mexico. In tropical agroecosystems, due to its rapid growth and high leaf content, it contributes to the supply of organic matter, prevents soil erosion and reduces water evaporation. In the state of Yucatan, Mexico, nursery production of *S. macrophylla* is intended for restoration, reforestation or incorporation into agroecosystems. The objective was to determine the causative agent of leaf anthracnose on *S. macrophylla* and developed a diagrammatic logarithmic scale to assess its severity. During 2023, in two nurseries in the state of Yucatan, leaf samples of *S. macrophylla* with anthracnose symptoms were collected. Five isolates were obtained, corresponding to two fungal groups. Based on morphological characteristics and amplification of the ITS and TEF-1 α regions, they were identified as *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. truncatum*. Pathogenicity tests confirmed these fungal species as the causes of anthracnose on *S. macrophylla*. A diagrammatic logarithmic scale with 7 classes was generated, the accuracy and precision results validated its reproducibility and its use to estimate severity in the pathosystem *S. macrophylla* - *Colletotrichum* spp.

Keywords: Forest plant; phytopathogenic fungi; morphological characteristics; molecular identification; pathogenicity.

RESUMEN

Swietenia macrophylla, es la especie forestal con mayor aprovechamiento comercial en el sureste de México. En los agroecosistemas tropicales por su crecimiento rápido y alto contenido foliar, contribuye con la aportación de materia orgánica, evita la erosión del suelo y reduce la evaporación del agua. En el estado de Yucatán, México, la producción de *S. macrophylla* en vivero, se destina para fines de restauración, reforestación o incorporación en los agroecosistemas. El objetivo fue determinar el agente causal de la antracnosis foliar en *S. macrophylla* y elaborar una escala logarítmica diagramática para evaluar su severidad. Durante el año 2023, en dos viveros del estado de Yucatán, se colectaron muestras foliares de *S. macrophylla* con síntomas de antracnosis, de

los cuales, se obtuvieron cinco aislados correspondientes a dos grupos fúngicos, mediante características morfológicas y amplificación de las regiones ITS y TEF-1 α se identificaron como *Colletotrichum gloeosporioides* y *C. truncatum*. Las pruebas de patogenicidad, confirmaron a estas especies de hongos, los causantes de la antracnosis en *S. macrophylla*. Se generó la escala logarítmica diagramática con 7 clases, los resultados de la exactitud y precisión validaron su reproducibilidad y su uso para estimar la severidad en el patosistema *S. macrophylla* - *Colletotrichum* spp.

Palabras clave: Planta forestal; hongos fitopatógenos; caracterización morfológica; identificación molecular; patogenicidad.

INTRODUCCIÓN

Swietenia macrophylla, es una especie arbórea que pertenece a la familia de las Meliáceas, se encuentra en regiones tropicales y subtropicales de América Central y América del Sur, en áreas naturales puede alcanzar alturas de 70 m y diámetros de 3.5 m (Ramírez-Magil *et al.*, 2020; Jazuli *et al.*, 2023). En el sureste de México, es la especie forestal con mayor aprovechamiento comercial (Hernández-Ramos *et al.*, 2020). En los agroecosistemas tropicales por su crecimiento rápido y alto contenido foliar contribuye con la aportación de materia orgánica, lo que evita erosión del suelo y reduce la evaporación del agua (Saducos *et al.*, 2024; da Cruz *et al.*, 2024). No obstante, por las características de su madera, se le ha sometido a un aprovechamiento intensivo y una sobreexplotación inadecuada en plantaciones de monocultivo, por lo que han surgido enfermedades emergentes o reemergentes que causan la mortalidad en los árboles, disminución en sus poblaciones, convirtiendo en una amenaza la supervivencia de la especie (CONABIO, 2019; Guégan *et al.*, 2023). En vivero, la producción de plantas de *S. macrophylla* se destina para fines de restauración, reforestación o incorporación en los agroecosistemas, así, en el estado de Yucatán, México, en el periodo del 2013-2021 se produjeron 10 millones de plantas forestales, de los cuales, el 10 % del total de esta producción correspondió a *S. macrophylla* (SNIGF, 2021). Por consiguiente, es indispensable establecer especies forestales libres de

*Autor para correspondencia: Jairo Cristóbal Alejo

Correo-e: jairo.ca@conkal.tecnm.mx

Recibido: 13 de octubre de 2025

Aceptado: 5 de febrero de 2026

Publicado: 25 de febrero de 2026

problemas fitosanitarios, de lo contrario pueden servir como fuente de inóculo para las especies aledañas. En este contexto, los hongos fitopatógenos son los principales factores que amenazan la sanidad de las plantas (Jayawardena *et al.*, 2021), porque pueden causar la muerte de la planta hospedante. Lo anterior, se agrava porque existen pocos estudios sobre los hongos que afectan la producción de las especies forestales tropicales en vivero, lo que dificulta su control (Gomdola *et al.*, 2022). Además, para evaluar la efectividad de una estrategia de manejo fitosanitario, se requiere estimar la incidencia y severidad antes y después de una medida de control. Así, en diferentes cultivos, las escalas logarítmicas diagramáticas se han usado con frecuencia para estimar la severidad de enfermedades ocasionadas por fitopatógenos (Rodrigues-Robaina *et al.*, 2020; Lavilla *et al.*, 2022).

Entre las principales amenazas fúngicas de las plantas, sobresalen las especies del género *Colletotrichum*; responsables de considerables pérdidas en cultivos de importancia económica a nivel mundial (Praveena *et al.*, 2024). Las especies fitopatógenas del género *Colletotrichum*, se encuentran distribuidas en regiones tropicales, subtropicales, templadas y mediterráneas, son causantes de la enfermedad conocida como antracnosis; esta enfermedad se caracteriza por causar lesiones o manchas necróticas, algunas veces hundidas con anillos concéntricos, con bordes definidos rodeados por un halo clorótico (Salotti *et al.*, 2022; Liu *et al.*, 2024a) en hojas, ramas, tallos, flores y frutos. En la actualidad, existen 1091

especies de *Colletotrichum*, con diversos estilos de vida desde patógenos, endófitos o saprófitos (Index Fungorum, 2025), de los cuales, 344 especies están reconocidas como causantes de enfermedades de plantas cultivadas y están agrupados en 20 complejos de especies (Talhinhas *et al.*, 2023); se les ha reportado afectando diversos cultivos agrícolas, frutícolas, ornamentales (Bouffleur *et al.*, 2021; Laurel *et al.*, 2021; Shi *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023; Tharana *et al.*, 2023; Sui *et al.*, 2024; Yang *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024), entre otros. Por lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar el agente causal de la antracnosis foliar en *S. macrophylla* y elaborar una escala logarítmica diagramática para evaluar su severidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Colecta de muestras foliares, aislamientos y purificación

Durante el año 2023, en el vivero forestal ubicado en el municipio de Tzucacab, Yucatán, con coordenadas 88° 58' 48.15" W y 19° 59' 10.56" N y en el vivero forestal ubicado en el municipio de Motul, Yucatán, con coordenadas 89° 14' 04.3" W y 21° 02' 38.6" N, se observaron en plantas de *S. macrophylla* de tres a cinco meses de edad síntomas de antracnosis foliar (Figura 1a, 1c); de forma irregular, de coloración café marrón con bordes oscuros rodeados por un halo clorótico (Figura 1b, 1d). En cada vivero se colectaron 20 hojas, las muestras se guardaron en bolsas de papel estraza del No. 8, se etiquetaron y se trasladaron al Laboratorio de Fitopatología

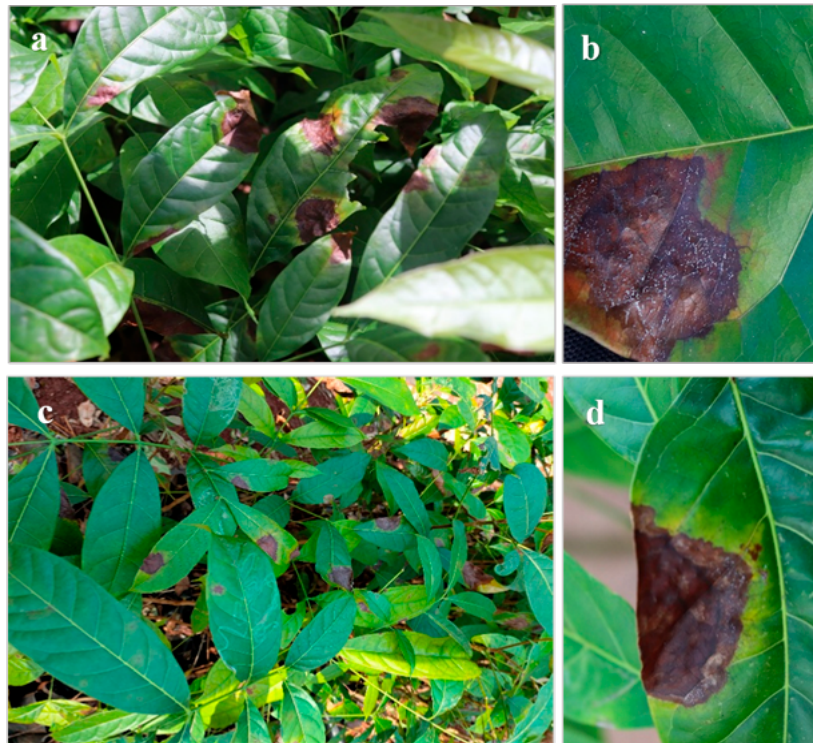


Figura 1. a) y c) Plantas de *Swietenia macrophylla* afectadas por antracnosis foliar, b) y d) Síntomas en las hojas de *S. macrophylla* causados por la antracnosis.

Figure 1. a) and c) *Swietenia macrophylla* plants affected by leaf anthracnose. b) and d) Symptoms on *Swietenia macrophylla* leaves caused by anthracnose.

del Tecnológico Nacional de México, Campus Conkal, para el aislamiento e identificación del (los) agente (s) causal (es). Posteriormente, se realizaron cortes de 5 mm² que incluyeron partes con síntomas y asintomáticas. Los fragmentos cortados se desinfectaron con hipoclorito de sodio comercial al 2 % (v/v) durante 1 m y se enjuagaron tres veces con agua destilada estéril por el mismo tiempo, después se secaron con papel absorbente estéril, por último, se colocaron en cajas Petri con medio de cultivo Papa-Dextrosa-Agar (PDA) y se incubaron a 28 ± 2 °C. A las 48 horas que se observó crecimiento fúngico, se tomaron fragmentos de puntas de hifas y se transfirieron a una nueva caja Petri con medio PDA, se incubaron en las condiciones descritas hasta la formación de conidios. Los cultivos puros se utilizaron para obtener aislados monospóricos (Zhang *et al.*, 2013; Noman *et al.*, 2018).

Caracterización morfológica de los aislados fúngicos

Con una aguja de disección estéril, se tomaron fragmentos de micelio de cada aislado monospórico y se transfirieron a tres cajas Petri provistas con medio PDA, se sellaron con Parafilm e incubaron a 28 ± 2 °C, se monitorearon hasta el desarrollo de estructuras de reproducción; se consideraron las características morfológicas correspondientes al color de la cepa, tipo de micelio, color y forma de conidios, presencia o ausencia de cuerpos fructíferos. Para su caracterización se realizaron preparaciones semipermanentes y se observaron en microscopio compuesto Axiostar Plus, Carls Zeiss (40x y 100x), provisto de reglilla de medición ocular previamente calibrada y, se midieron la longitud y el ancho de 100 conidios. La caracterización morfológica de los aislados se basó en claves taxonómicas (Barnett y Hunter, 1998) y en descripciones de especies realizadas en estudios previos (Guo *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2023).

Identificación molecular de los aislados fúngicos

De cinco aislados purificados de las hojas con antracnosis; se formaron dos grupos, el primero (LC3ASm_2023.1 y LC3ASm_2023.2) y el segundo (LC4ASm_2023.1, LC4ASm_2023.2 y LC4ASm_2023.3), se agruparon de acuerdo a características morfológicas similares entre los aislados; por ello se eligió aleatoriamente un aislado de cada grupo para la identificación a nivel de especie. Cada aislado fúngico se cultivó por cinco días en medio de cultivo PDA para la extracción de ADN mediante el método CTAB al 2 % (Dar *et al.*, 2025) con algunas modificaciones. A partir del ADN extraído, se amplificó mediante la reacción de la cadena de la polimerasa (PCR) el espaciador transcrito interno (ITS) con los oligonucleótidos universales ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') e ITS5 (5'-GGAAGTAAAAGTCGTAACAAGG-3') (White *et al.*, 1990; Zhang *et al.*, 2024), bajo las siguientes condiciones: desnaturalización inicial por 5 min a 94 °C, seguido de 38 ciclos (desnaturalización a 94 °C por 30 s, alineación a 55 °C por 45 s y extensión a 72 °C por 1 min) y una extensión final por 5 min a 72 °C. El factor de elongación de la traducción (TEF-1 α) se amplificó con los oligonucleótidos EF-1 (5'-ATGGGTAA-GGARGACAAGAC-3') y EF-2 (5'-GGARGTACCAAGTATCAT-

GTT-3') (O'Donnell *et al.*, 1998; Caamal-Eb *et al.*, 2024) bajo las siguientes condiciones: desnaturalización inicial por 5 min a 94 °C, seguido de 30 ciclos (desnaturalización a 94 °C por 30 s, alineación a 58 °C por 40 s y extensión a 72 °C por 55 s) y una extensión final por 7 min a 72 °C. Los productos de PCR se analizaron mediante una electroforesis en gel de agarosa al 1 %, se visualizaron en un fotodocumentador BIO RAD y se enviaron para su secuenciación en el Macrogen Genome Center ubicado en Seoul, República de Corea. Las secuencias resultantes fueron editadas con el Software BioEdit (versión, 7.7.1) y se compararon con secuencias reportadas en la base de datos del National Center for Biotechnology Information (NCBI), con la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool).

Pruebas de patogenicidad

Con el propósito de confirmar que los aislados fúngicos, son los agentes causales de la antracnosis en *S. macrophylla* y verificar su virulencia, se realizaron pruebas de patogenicidad *in vitro* e *in vivo*. Se utilizó un aislado de cada grupo fúngico, cultivado en medio PDA por siete días a 28 ± 2 °C. Para la inoculación *in vitro*, se desinfectaron con etanol al 70 %, hojas sanas de *S. macrophylla* y se colocaron en cajas Petri de 90 mm de diámetro provistas de papel absorbente estéril humedecido con agua destilada estéril, en cada caja Petri se depositó una hoja y en el haz se colocaron dos discos de 5 mm de diámetro de micelio del hongo, se inocularon cuatro hojas por aislado. Como testigo se utilizaron cuatro hojas provistas solo con discos de PDA. Las hojas se incubaron a 28 ± 2 °C y se mantuvieron en observación hasta que presentaron síntomas (Fernández-Herrera *et al.*, 2020; Praveena *et al.*, 2024). La inoculación *in vivo*, se realizó con plantas de *S. macrophylla* de tres a cinco meses de edad, se desinfectaron cuatro hojas por planta con etanol al 70 % y se les realizó heridas de 1 mm con un bisturí estéril, sobre la herida se colocó un disco de micelio del hongo de 5 mm de diámetro, posteriormente las plantas se cubrieron con bolsas de plástico durante 48 horas para mantener una humedad relativa superior al 80 %. Se inocularon tres plantas para cada aislado. En las plantas testigo se realizó la misma metodología y sobre la herida se colocó discos de PDA sin micelio del hongo (Praveena *et al.*, 2024). Posteriormente las plantas se llevaron a condiciones de vivero, donde la temperatura osciló entre 19.5 a 35 °C y humedad relativa superior al 80 %. Las plantas se revisaron frecuentemente hasta la observación de síntomas. Para cumplir con los postulados de Koch, a partir de los síntomas de las plantas inoculadas, se reaislaron los hongos y se corroboró su identidad mediante características morfológicas descritas previamente (Tharana *et al.*, 2023).

Elaboración y validación de la escala logarítmica diagnóstica de severidad

Se colectaron 60 hojas de *S. macrophylla* con síntomas de antracnosis en dos viveros del estado de Yucatán. Después, se seleccionaron 49 hojas con diferentes niveles de severidad de la enfermedad. Las hojas se fotografiaron con una cámara

digital Canon EOS REBEL y con el Software ImageJ versión 1.53t se calculó el área total y el área enferma (medición del total de las lesiones de la enfermedad) de cada hoja (González-Patiño *et al.*, 2019; Ferreira *et al.*, 2021). Con los resultados se obtuvo el porcentaje de severidad real de cada hoja, mediante la fórmula: Severidad= (área enferma/área total de la hoja) x 100 (Tovar *et al.*, 2002; Fragoso-Benhumea *et al.*, 2022). Con el porcentaje máximo de severidad obtenido y con el programa 2LOG (Tovar *et al.*, 2002) considerando la ley del estímulo de Weber y Fechner (Horsfall y Barrat, 1945; López-Reyes *et al.*, 2025), se obtuvo el número de clases de la escala. Finalmente, se asoció una imagen fotográfica para cada clase, así, de las 49 hojas fotografiadas se seleccionaron las hojas con el grado de severidad próximos a los puntos medios de cada clase (Tovar *et al.*, 2002). La escala de severidad propuesta se validó mediante dos evaluaciones. Para ello, las 49 hojas digitalizadas con los porcentajes de severidad de la enfermedad incluyendo las hojas sanas, se insertaron en diapositivas individuales de forma aleatoria para proyectarse en las evaluaciones. En cada evaluación participaron nueve evaluadores sin experiencia en el patosistema y con apoyo de la escala propuesta, estimaron la severidad de cada hoja proyectada. Posteriormente, se hicieron regresiones lineales

simples donde se correlacionó los valores de severidad estimada por los evaluadores con los valores de severidad real obtenidos con el Software ImageJ versión 1.53t. De esta manera, se obtuvieron los valores de precisión (r^2) y la exactitud (b_1) de cada evaluador; con los resultados de estos parámetros se determinó la reproducibilidad de la escala. Los análisis estadísticos se realizaron con el Statistic Analysis System (SAS) versión 9.4.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización morfológica de los aislados fúngicos

Dos de los cinco aislados fúngicos (LC3ASm_2023.1 y LC3ASm_2023.2) provenientes de antracnosis foliar, mostraron micelio escaso adherido al medio de cultivo, de textura lisa, septado y de coloración blanca en los primeros 10 días de crecimiento (Figura 2a), después se tornaron de color gris oscuro (Figura 2b) con la formación de acérvulos de color negro provistas de setas y cubiertos de masas conidiales de color blanco grisáceo (Figura 2d). Las setas eran septadas, rígidas, de color gris oscuro, el ápice de forma cónica más estrecha que la base. Los conidios de forma de media luna ligeramente curvados, con un extremo agudo, de paredes lisas, hialinos, unicelulares, con contenido granular, de 20-30

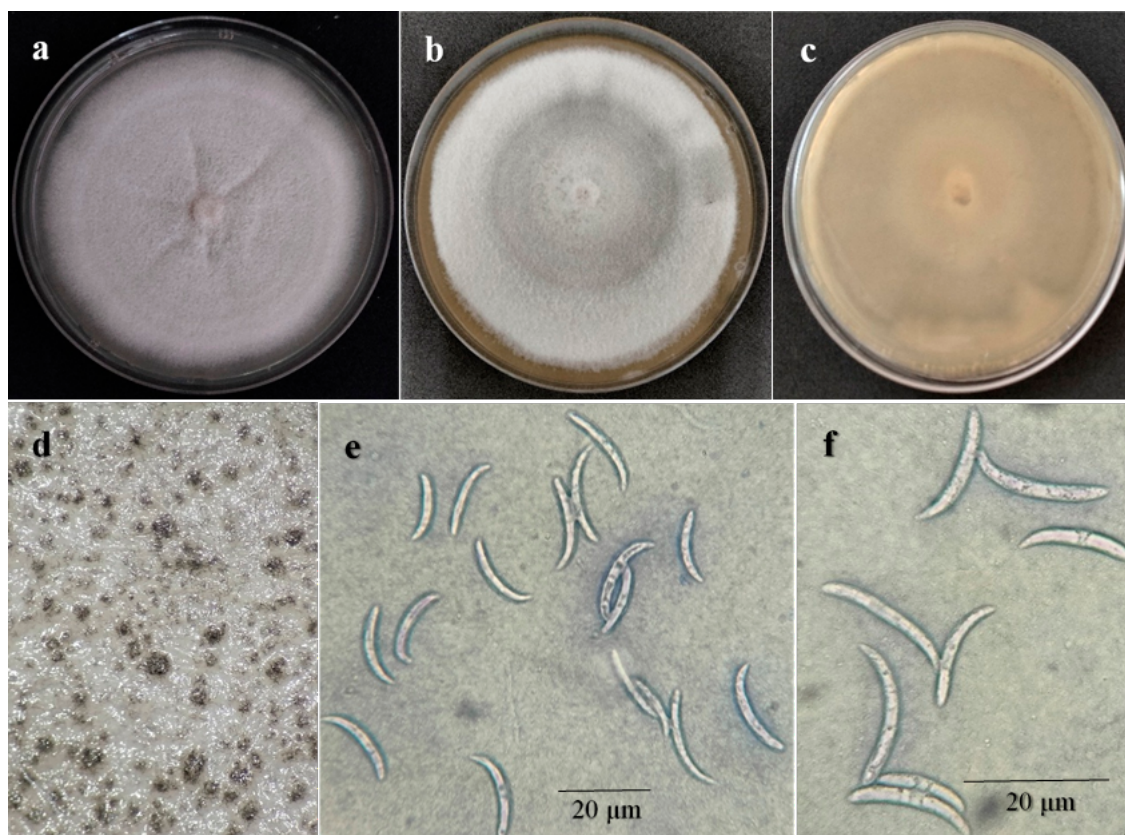


Figura 2. Características morfológicas del aislado LC3ASm_2023 (*Colletotrichum truncatum*). a) Crecimiento micelial del aislado, 10 días de cultivo en PDA, b) y c) Vista frontal y posterior del aislado produciendo acérvulos, 18 días de cultivo en PDA, d) Masas conidiales y acérvulos observados en un estereoscopio (Leica EZ4) con el aumento 30x, e) y f) Conidios observados en un microscopio con el objetivo 100x.

Figure 2. Morphological characteristics of isolate LC3ASm_2023 (*Colletotrichum truncatum*). a) Mycelial growth of isolate, of a 10-days old PDA culture. b) and c) Front and back view of the isolate producing acervuli, of a 18-days old PDA culture. d) Conidial masses and acervuli observed under a stereoscope (Leica EZ4) with 30x magnificación. e) and f) Conidia observed under a microscope with 100x objective.

μm de largo y 2-4 μm de ancho (Figura 2e, 2f); características morfológicas que correspondieron a *Colletotrichum truncatum* (Machado *et al.*, 2021; García-León *et al.*, 2022; Solano-Báez *et al.*, 2023; Zhang *et al.*, 2023).

Tres aislados (LC4ASm_2023.1, LC4ASm_2023.2 y LC4ASm_2023.3) mostraron micelio denso, algodonoso, septado, de crecimiento circular y de coloración blanca (Figura 3a), posteriormente se volvieron de tonalidad crema (Figura 3b, 3c) con la formación de masas conidiales (capa mucilaginosa de color salmón). Los acérvulos de color café oscuro, con setas septadas, cubiertos por masas conidiales (Figura 3d). Los conidios hialinos, de paredes lisas, cilíndricos, con un extremo ligeramente agudo, unicelulares con contenido granular, de 12-17 μm de largo y de 4-5 μm de ancho (Figura 3e, 3f). Estas características coincidieron con las de *Colletotrichum gloeosporioides* (Peng *et al.*, 2023; Wen y Li, 2023).

Identificación molecular de los aislados fúngicos

Las secuencias resultantes de los fragmentos amplificados de la región ITS (600 pb) y TEF-1 α (600 pb) de los aislados procedentes de antracnosis foliar en *S. macrophylla*, al compararlas con secuencias registradas en la base de datos del NCBI,

presentaron similitudes entre el 98.9-100 % con secuencias correspondientes a *C. truncatum* y *C. gloeosporioides* respectivamente. Lo anterior, explica y confirma las diferencias morfológicas observadas en los dos aislados (LC3ASm_2023 y LC4ASm_2023). La secuencia de cada uno de los aislados fueron registrados en la base de datos del NCBI con los números de acceso descritos en la Tabla 1.

Pruebas de patogenicidad

Se confirmó la patogenicidad de los aislados fúngicos (LC3ASm_2023 y LC4ASm_2023) con *S. macrophylla*, ya que los dos aislados indujeron la presencia de síntomas en las hojas inoculadas a diferencia de las hojas testigo, los síntomas fueron similares a las registradas en las plantas de vivero del cual se realizaron los aislamientos. En las pruebas *in vitro*, los síntomas fueron evidentes entre cinco a siete días después de la inoculación (ddi) con ambos aislados fúngicos, los síntomas en las hojas inoculadas fueron manchas necróticas de forma irregular que progresivamente aumentaron. En los siguientes días se observaron los signos característicos de la enfermedad, en las hojas inoculadas con el aislado LC3ASm_2023 a partir de los 15 ddi se formaron acérvulos de color negro,

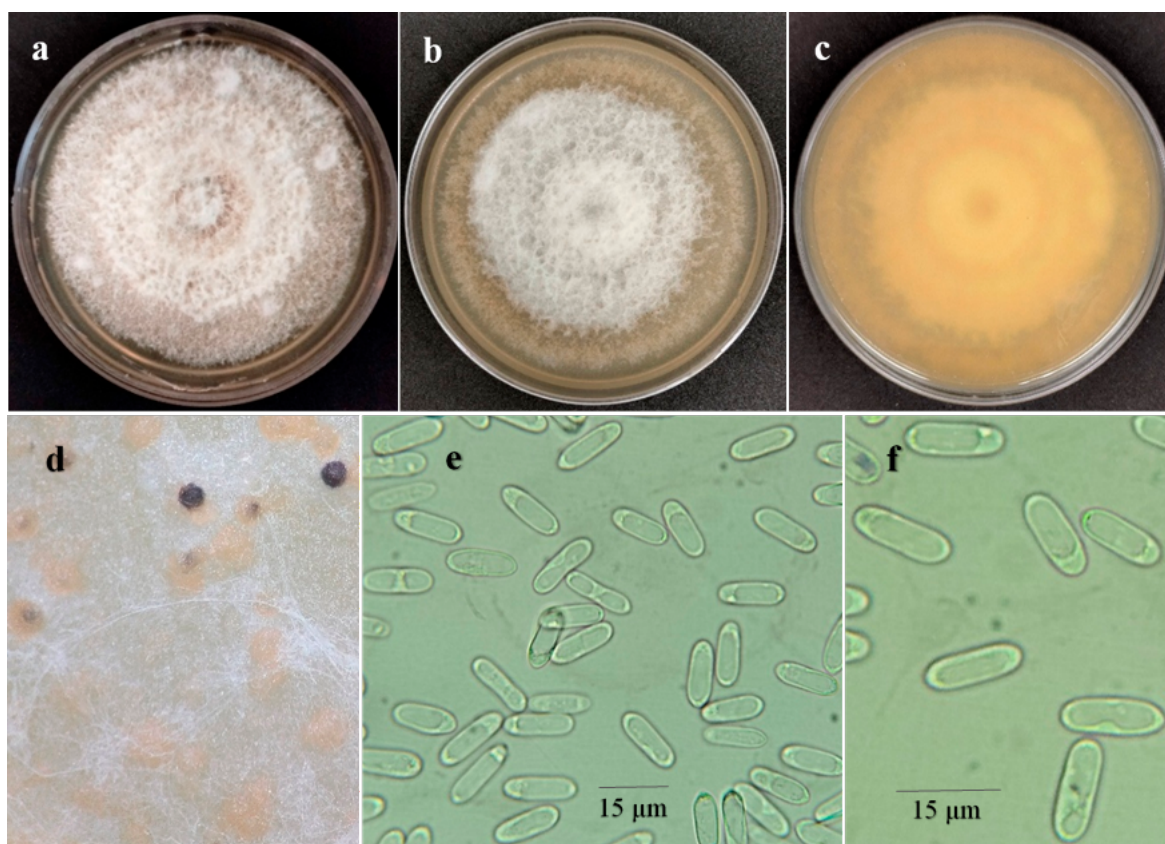


Figura 3. Características morfológicas del aislado LC4ASm_2023 (*Colletotrichum gloeosporioides*). a) Crecimiento micelial del aislado, 10 días de cultivo en PDA, b) y c) Vista frontal y posterior del aislado produciendo masas conidiales, 15 días de cultivo en PDA, d) Masas conidiales y acérvulos observados en un estereoscopio (Leica EZ4) con el aumento 20x, e) y f) Conidios observados en un microscopio con el objetivo 100x.

Figure 3. Morphological characteristics of isolate LC4ASm_2023 (*Colletotrichum gloeosporioides*). a) Mycelial growth of isolate, of a 10-days old PDA culture. b) and c) Front and back view of the isolate producing conidial masses, of a 15-days old PDA culture. d) Conidial masses and acervuli observed under a stereoscope (Leica EZ4) with 20x magnification. e) and f) Conidia observed under a microscope with 100x objective.

Tabla 1. Identificación molecular de los agentes causantes de antracnosis foliar en *Swietenia macrophylla*.**Table 1.** Molecular identification of the causative agents of leaf anthracnose on *Swietenia macrophylla*.

Clave de aislado	Especies	Homología con el NCBI-GenBank		
		Región amplificada	Similitud (%)	No. de registro en el GenBank
LC3ASm_2023	<i>C. truncatum</i>	ITS	99.74	PV944060
		TEF-1 α	99.0	PX111151
LC4ASm_2023	<i>C. gloeosporioides</i>	ITS	100	PX112655
		TEF-1 α	98.9	PX123049

mientras que en las inoculadas con el aislado LC4ASm_2023 a partir de los 12 ddi se formaron masas conidiales de color salmón, en las hojas testigo no se observaron síntomas ni signos de la enfermedad. En las pruebas en plantas, las inoculadas con el aislado LC4ASm_2023, al tercer ddi se observó crecimiento micelial en hojas inoculadas y, a partir del sexto día inició el progreso de los síntomas que consistieron en manchas de forma irregular. Los síntomas se expandieron gradualmente, a los 12 ddi las manchas fueron de color café marrón, rodeadas por un borde de color café oscuro a negro seguida de un halo clorótico (Figura 4a), las manchas se necrosaron del centro hacia afuera. Las plantas inoculadas con el aislado LC3ASm_2023, a los 21 ddi mostraron síntomas y fueron manchas de forma irregular, estos síntomas se expandieron progresivamente y 30 ddi las manchas fueron de color café con un margen de color más oscuro y rodeadas por un halo clorótico (Figura 4c). Los síntomas causados por el aislado LC3ASm_2023 fueron pequeñas, comparadas con los síntomas desarrollados por el aislado LC4ASm_2023; en las plantas testigo no se presentaron síntomas al finalizar el ensayo (Figura 4b, 4d). Después de la aparición de los síntomas, se reaisló en medio PDA los hongos de las hojas sintomáticas y su identidad se confirmó mediante preparaciones semipermanentes observadas al microscopio. De esta manera, el hongo reaislado de los síntomas desarrollados por las plantas inoculadas con el aislado LC3ASm_2023 correspondió a *C. truncatum* y en las plantas inoculadas con el aislado LC4ASm_2023 correspondió a *C. gloeosporioides*, ambos identificados preliminarmente por criterios morfotaxonomícos. Estos resultados determinaron a *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* como los agentes causales de la antracnosis foliar de *S. macrophylla*. Ambas especies con una amplia gama de hospedantes en especies agrícolas, medicinales, ornamentales y frutales (Laurel *et al.*, 2021; Wang *et al.*, 2022; Wen y Li, 2023; Zhang *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2024; Zhang *et al.*, 2024). Las pruebas de patogenicidad con *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* evidenciaron ser patógenos de *S. macrophylla*; Aunque en estas pruebas, *C. gloeosporioides* mostró mayor severidad que *C. truncatum*, porque desarrolló los síntomas de la antracnosis de mayor tamaño, además mostró mayor virulencia, dado que los síntomas los desarrolló en menos tiempo y se expandieron de forma rápida; caso contrario sucedió en las pruebas *in vitro*, ya que ambos aislados fúngicos

indujeron síntomas en las hojas inoculadas y produjeron sus respectivas estructuras de reproducción. Lo anterior, indicó que las condiciones ambientales son factores principales para la interacción patógeno-planta, e.g. el aumento o disminución de la temperatura limita la germinación de conidios, el desarrollo del apresorio y el crecimiento micelial; también, la humedad es un factor fundamental para la patogenicidad de los hongos al afectar la tasa de crecimiento de los mismos (Chen *et al.*, 2024; Boeckman *et al.*, 2024), en general ambos factores afectan el desarrollo de la infección y progreso de los síntomas de una enfermedad. Lo que explica el comportamiento variable de la patogenicidad de *C. truncatum* en este estudio, pues en condiciones controladas la temperatura y humedad se mantienen constantes, pero en condiciones de vivero los factores ambientales varían entre días incluso entre horas; lo que es determinante para el ciclo vital de cada especie fúngica. Mismas diferencias se reflejaron en otros estudios, como en plantas de *Zea mays* inoculadas con *C. truncatum* en invernadero mantenidas a 25 °C, a partir del tercer día desarrollaron los síntomas y para el séptimo día ya estaban rodeadas por un halo clorótico, en cambio, las plantas inoculadas en campo entre 18 a 29°C, no indujeron síntomas por lo tanto el hongo no causó infección (Yang *et al.*, 2024). Por el contrario, plantas inoculadas de *Sesamum indicum* mantenidas entre 25 a 30 °C mostraron síntomas a los 10 ddi (Solano-Báez *et al.*, 2023). Por otro lado, hojas de *Euonymus japonicus* y *Camellia sinensis* inoculadas *in vitro* con *C. gloeosporioides* e incubadas a 25 °C desarrollaron los síntomas a partir del segundo y tercer ddi, respectivamente (Liu *et al.*, 2024a; Wen y Li, 2023), mientras que plantas de *Euphorbia lathyris* incubadas a la misma temperatura, desarrollaron los síntomas entre el sexto y octavo día después de inoculadas (Liu *et al.*, 2024b). Se ha documentado que la temperatura óptima para el crecimiento micelial de *C. truncatum* es de 27.5 °C y para *C. gloeosporioides* es de 26 °C (Salotti *et al.*, 2022), pero en condiciones de vivero es imposible mantener constantes estos requerimientos, y se refleja en los resultados de las pruebas de patogenicidad. Sin embargo, *C. gloeosporioides* se adapta a climas cálidos y puede desarrollarse a mayor de 35 °C (Boeckman *et al.*, 2024), lo que puede explicar la alta virulencia y severidad causada en las plantas inoculadas de *S. macrophylla*. Además de las condiciones ambientales, existen otros factores que pueden modular los inicios de la



Figura 4. Pruebas de patogenicidad en plantas de *S. macrophylla*. a) Planta con síntomas de antracnosis desarrolladas después de 12 días de inoculación con el aislado LC4ASm_2023 (*Colletotrichum gloeosporioides*), b) Planta control. c) Planta con síntomas de antracnosis desarrolladas después de 30 días de inoculación con el aislado LC3ASm_2023 (*Colletotrichum truncatum*), d) Planta control.

Figure 4. Pathogenicity tests on *Swietenia macrophylla* plants. a) Plant with anthracnose symptoms developed 12 days after inoculation with isolate LC4ASm_2023 (*Colletotrichum gloeosporioides*), b) Control plant. c) Plant with anthracnose symptoms developed 12 days after inoculation with isolate LC3ASm_2023 (*Colletotrichum truncatum*), d) Control plant.

interacción patógeno-planta, como las ceras epicuticulares y el grosor de la cutícula de las hojas (Liu *et al.*, 2024a; Yang *et al.*, 2024); la capacidad del patógeno para hidrolizar estas barreras físicas de la planta puede facilitar la penetración del fitopatógeno e iniciar con la infección. Los mecanismos de hidrólisis, están integrados por enzimas, toxinas, reguladores de crecimiento, entre otros (Peng *et al.*, 2021), pero la eficacia de estos mecanismos puede variar en cada especie fúngica lo que se puede manifestar en las diferencias de tiempo en que cada fitopatógeno inicia la infección.

Escala logarítmica diagramática de severidad de la antracnosis foliar en *S. macrophylla*

El porcentaje de severidad calculada de las hojas colectadas en campo fue de un rango de 0 al 69.94 %. Por lo que el valor

máximo de severidad fue de 69.94 %, el cual, se utilizó para la construcción de la escala logarítmica diagramática de severidad. Con base a los porcentajes de severidad de la antracnosis de las 49 hojas seleccionadas, se determinaron siete clases (0-6), donde la clase 0 correspondió a hojas sanas (sin síntomas de antracnosis) y la clase 6 a hojas con el porcentaje máximo de severidad (este valor correspondió al punto medio de la clase 6); las clases 1-5 representaron niveles intermedios de severidad, obtenidos con el Software 2LOG (Tabla 2). La cantidad de material foliar seleccionado facilitó crear la escala diagramática, porque permitió las representaciones fotográficas correspondientes a los puntos medios de severidad de la enfermedad de cada clase (Figura 5), el número de clases en una escala de severidad, generalmente está compuesta de 5 a 8 clases (González-Patiño *et al.*, 2019),

Tabla 2. Límite inferior, punto medio y límite superior de las clases de la escala elaborada para estimar la severidad de la antracnosis foliar en el patosistema *Swietenia macrophylla-Colletotrichum* spp.

Table 2. Lower limit, midpoints and upper limit of the classes of the scale developed to estimate the severity of leaf anthracnose in the pathosystem *Swietenia macrophylla-Colletotrichum* spp.

Número de clases	Límite inferior (%)	Punto medio (%)	Límite superior (%)
0	0	0	0
1	0.01	2.09	3.02
2	3.03	4.36	6.31
3	6.32	9.12	13.18
4	13.19	19.05	27.54
5	27.55	39.81	56.55
6	56.56	69.94	> 69.94

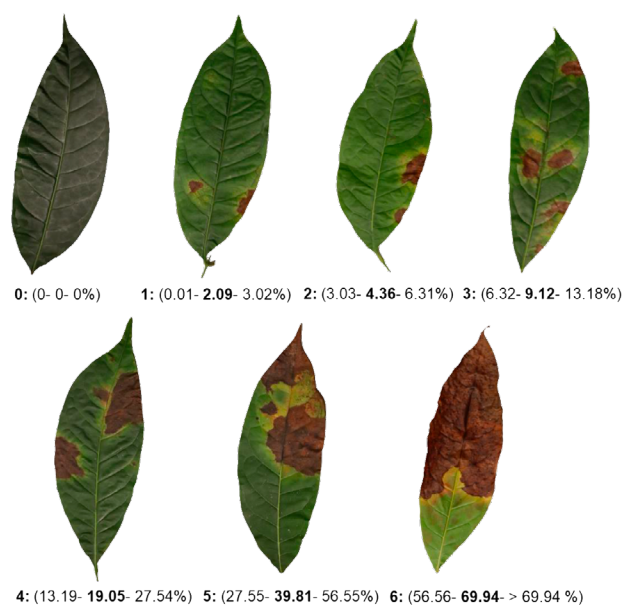


Figura 5. Escala logarítmica diagramática de la severidad de la antracnosis foliar en el patosistema *Swietenia macrophylla-Colletotrichum* spp., con 7 clases obtenidas con el software 2LOG.

Figure 5. Diagrammatic logarithmic scale of foliar anthracnose severity in the pathosystem *Swietenia macrophylla-Colletotrichum* spp., with 7 classes obtained with 2LOG software.

lo que coincide con otras escalas logarítmicas diagramáticas elaboradas para la cuantificación de la severidad en distintos patosistemas y, son reproducibles como herramienta de estimación de intensidad de enfermedad (Ferreira *et al.*, 2021; Patricio-Hernández *et al.*, 2023; López-Reyes *et al.*, 2025). Dado que un mayor número de clases en una escala dificulta al evaluador determinar con precisión; si la severidad de una muestra evaluada pertenece a una clase de severidad superior o inferior. Por otro lado, una escala con menor número de clases tiende a subestimar o sobreestimar la severidad de una enfermedad.

Los valores de la exactitud (b_1) en la primera evaluación el intervalo fue entre 0.98 a 1.18 y en el 89 % de los evaluadores se observó tendencia de sobreestimación de la severidad; en la segunda evaluación el intervalo fue entre 1.04-1.11 y la tendencia de sobreestimación se observó en el 100 % de los evaluadores (Tabla 3). Sin embargo, a pesar que se obtuvieron valores mayores a uno, el porcentaje de tendencia de sobreestimación fueron bajos con el 18 % en la primera evaluación y con el 10 % en la segunda, lo cual, indicó que estuvieron los valores cercanos al 1.0. Los rangos de la precisión (r^2) de la primera evaluación fluctuaron entre 0.85 y 0.92 y para la segunda evaluación entre 0.89 y 0.94 (Tabla 3). Lo que indicó que las estimaciones visuales de la severidad de la enfermedad realizado por los evaluadores sin experiencia, estuvieron cercanos a los valores de la severidad real calculada, lo que sugirió la reproducibilidad y validación de la escala, para su uso en este patosistema (Fragoso-Benhumea *et al.*, 2022). No obstante, debe considerarse que el uso de estas herramientas de medición se puede complementar con la capacitación previa a los evaluadores, para garantizar mejores resultados, ya que el uso de escalas para estimar la severidad de las enfermedades conlleva a errores de estimación por la inexperiencia de los evaluadores (Ferreira *et al.*, 2021; Lavilla *et al.*, 2022).

Tabla 3. Valores de los parámetros exactitud (b_1) y precisión (r^2) de las estimaciones visuales de severidad de la antracnosis foliar en el patosistema *Swietenia macrophylla-Colletotrichum* spp., realizada por evaluadores no capacitados con el apoyo de la escala diagramática.

Table 3. Values of the accuracy (b_1) and precision (r^2) parameters of visual estimates of leaf anthracnose severity in the pathosystem *Swietenia macrophylla-Colletotrichum* spp., performed by untrained evaluators with the support of the diagrammatic logarithmic scale.

Evaluador	1ª evaluación		2ª evaluación	
	b_1	r^2	b_1	r^2
1	1.16	0.90	1.10	0.90
2	1.10	0.91	1.10	0.89
3	1.10	0.88	1.05	0.89
4	1.06	0.85	1.05	0.91
5	0.98	0.90	1.09	0.89
6	1.15	0.85	1.07	0.93
7	1.16	0.91	1.07	0.93
8	1.18	0.92	1.11	0.91
9	1.08	0.87	1.04	0.94

CONCLUSIONES

El agente causal de la enfermedad se identificó por caracteres morfológicos y moleculares como *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* y se corroboró mediante pruebas de patogenicidad como antracnosis foliar en *S. macrophylla*. La escala generada para estimar la severidad en el patosistema *S. macrophylla-Colletotrichum* spp. constó de 7 clases con valores de exactitud y precisión aceptables, lo que se garantiza como herramienta confiable y reproducible para evaluar estrategias de control en este patosistema.

AGRADECIMIENTOS

El primer autor agradece a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) por la beca otorgada para realizar los estudios de Doctorado en Ciencias en Agricultura Tropical Sustentable en el Instituto Tecnológico de Conkal. De igual modo, a los alumnos de la Maestría en Ciencias en Horticultura Tropical de la generación 2022-2024, por su apoyo en la validación de la escala diagramática de severidad.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de interés

REFERENCIAS

- Barnett, H.L. y Hunter, B. 1998. Illustrated Genera of Imperfect Fungi, 4th Ed. The American Phytopathological Society. St Paul, Minnesota, USA. 218 p. https://www.academia.edu/35499449/Illustrated_genera_of_imperfect_fungi_fourth_edition_Barnett_y_Hunter_pdf_pdf
- Boeckman, N.J., Correa Borba, M., Valencia Bernal, V., Khodadadi, F., Jurick II, W.M. y Acimovic, S.G. 2024. Apple bitter rot: Biology, ecology, omics, virulence factors, and management of causal *Colletotrichum* species. *Molecular Plant Pathology*. 26: e70050. <https://doi.org/10.1111/mpp.70050>
- Bouffleur, T.R., Ciampi-Guillard, M., Tikami, I., Rogério, F., Thon, M.R., Sukno, S.A., Massola Júnior, N.S. y Baroncelli, R. 2021. Soybean anthracnose caused by *Colletotrichum* species: Current status and future prospects. *Molecular Plant Pathology*. 22(4): 393–409. <https://doi.org/10.1111/mpp.13036>
- Caamal-Eb, L., Cristóbal-Alejo, J., Tun-Suárez, J.M., Reyes-Ramírez, A., Uc-Vázquez, A. y García-Díaz, S.E. 2024. *Fusarium solani* asociado a *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* y su sensibilidad a fungicidas convencionales. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 42(3): 27. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2405-5>
- Chen, D.V., Slowinsky, S.P., Kido, A.K. y Bruns, E.L. 2024. High temperaturas reduce growth, infection, and transmission of a naturally occurring fungal plant pathogen. *Ecology*. 105: e4373. <https://doi.org/10.1002/ecy.4373>
- CONABIO. 2019. Guía informativa para el manejo y aprovechamiento sustentable de caoba en el marco de las disposiciones de la CITES. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Ciudad de México. Consultado 20 de agosto de 2024.
- da Cruz Ferreira, R.L., Braga, D.G., do Nascimento, V.R., da Silva, C.B., Barbosa Alves, A.C., da Costa Cabral, J.A., Rodrigues Cruz, F.J., de Araújo Brito, A.E., dos Santos Nogueira, G.A., Castro de Souza, L., Cruz, E.D. y Ferreira Oliveira Neto, C. 2024. Biochar improves growth and physiology of *Swietenia macrophylla* King in contaminated soil by copper. *Scientific Reports*. 14: 22546. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74356-x>
- Dar, G.J., Nazir, R., Wani, S.A., Farooq, S., Aziz, T. y Albekairi, T.H. 2025. Optimizing a modified cetyltrimethylammonium bromide protocol for fungal DNA extraction: Insights from multilocus gene amplification. *Open Life Sciences*. 20 (1): 20221006. <https://doi.org/10.1515/biol-2022-1006>
- Fernández-Herrera, E., Rentería-Martínez, M.E., Ramírez-Bustos, I.I., Moreno-Salazar, S.F., Ochoa-Meza, A. y Guillén-Sánchez, D. 2020. *Colletotrichum karstii*: causal agent of anthracnose of *Dendrobium nobile* in México. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 42(4): 514–519. <https://doi.org/10.1080/07060661.2020.1731711>
- Ferreira, A.C., Citadin, I., Scariotto, S., Pertille, R.H., Sachet, M.R., Guerrezi, M.T. y Donazzolo, J. 2021. Diagrammatic scale for assessment of anthracnose severity in feijoa fruit. *Ciência Rural*. 51(3): e20200033. <http://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200033>
- Fragoso-Benhumea, J.M., Sánchez-Pale, J.R., Castañeda-Vildózola, A., Franco-Mora O., Gutiérrez-Ibáñez, A.T., Contreras-Rendón, A. y García-Velasco, R. 2022. Escala diagramática para evaluar la severidad de roya en haba (*Vicia faba*). *Revista Mexicana de Fitopatología*. 40(3): 474–482. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2206-2>
- García-León, E., Mora-Romero, G.A., Beltrán-Peña, H., Leyva-Madrigal, K.Y., Valenzuela-Escoboza, F.A., Cota-Barreras, C.I. y Tovar-Pedraza, J.M. 2022. First report of *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose of guar (*Cyamopsis tetragonoloba*) in Mexico. *Plant disease*. 106(10). <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-22-0305-PDN>
- Gomdola, D., Bhunjun, C.S., Hyde, K.D., Jeewon, R., Pem, D. y Jayawardena, R.S. 2022. Ten important forest fungal pathogens: a review on their emergence and biology. *Mycosphere*. 13(1): 612–671. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/13/1/6>
- Guégan, J.F., Thoisy, B., Gomez-Gallego, M. y Jactel, H. 2023. World forests, global change, and emerging pests and pathogens. *Current opinion in environmental sustainability*. 61(101266). <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2023.101266>
- González- Patiño, P.A., Guerrero- Álvarez, G.E. y Isaza-Valencia, L. 2019. A diagrammatic scale to quantify severity of anthracnose in *Rubus glaucus* Benth. *Ciência Rural*. 49(04). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180770>
- Guo, L.W., Wu, Y.X., Ho, H.H., Su, Y.Y., Mao, Z.C., He, P.F. y He, Y.Q. 2014. First report of dragon fruit (*Hylocereus undatus*) anthracnose caused by *Colletotrichum truncatum* in China. *Journal of Phytopathology*. 162: 272–275
- Hernández-Ramos, J., Valdez-Hernández, J.I., García-Cuevas, X., Tadeo-Noble, A.E. y Reyes-Hernández, V.J. 2020. Estimación de la edad de *Swietenia macrophylla* (Meliácea) a partir del diámetro normal en poblaciones del sureste mexicano. *Biología Tropical*. 68(1): 200–217. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68i1.37725>
- Horsfall, J.G. y Barratt, R.W. 1945. An improved grading system for measuring plant diseases. *Phytopathology*. 35(8): 655. <https://doi.org/10.1094/Phyto-35-655>
- Index Fungorum. 2025. <https://www.indexfungorum.org/names/Names.asp>. Consultado el 22 de septiembre de 2025.
- Jayawardena, R.S., Hyde, K.D., Gomes de Farias, A.R., Bhunjun, C.S., Ferdinandez, H.S., Manamgoda, D.M., Udayanga, D., Herath, I.S., Thambugala, K.M., Manawasingue, I.S., Gajanayake, A.J., Samarakoon, B.C., Bhundun, D., Gomdola, D., Huanlaruek, N., Sun, Y., Thang, X., Promputtha, I. y Thines, M. 2021. What is a species in fungal plant pathogens?. *Fungal Diversity*. 109: 239–266. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00484-8>
- Jazuli, I., Hing, G.B., Selvaratnam, L., Han L.L., Alex, D. y Kumari, Y. 2023. Prospective approach of *Swietenia macrophylla* as a neuroprotective agent for Alzheimer's disease: Emphasis on

- ameliorative mechanism. *Journal of Functional Foods*. 108: 105764. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105764>
- Laurel, N.R., Magdalita, P.M. y De la Cueva, F.M. 2021. Identification and characterization of *Colletotrichum brevisporum* and *C. truncatum* causing papaya anthracnose in the Philippines. *Journal of Phytopathology*. 1–9. <https://doi.org/10.1111/jph.13039>
- Lavilla, M., Ivancovich, A. y Díaz-Paleo, A. 2022. Escala diagramática para evaluar la severidad del tizón foliar por *Cercospora* en los foliolos de soja (*Glycine max*). *Agronomía Mesoamericana*. 33(1): 43338. <http://dx.doi.org/10.15517/am.v33i1.43338>
- Liu, Y., Tan, X., Zhao, J., Niu, Y., Hsiang, T., Yu, Z. y Qin, W. 2024a. Diversity of *Colletotrichum* species associated with anthracnose on *Euonymus japonicus* and their sensitivity to fungicides. *Frontier in Plant Science*. 15: 1411625. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1411625>
- Liu, C., Chen, J., Qiao, S., Wang, R., Wang, B., Feng, X., Chen, Y. y Xu, S. 2024b. First report of *Colletotrichum gloeosporioides* causing anthracnose on *Euphorbia lathyris* in China. *Plant Disease*. 108(6). <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-23-2749-PDN>
- López-Reyes, E.A., Castaneda-Vildózola, A., Sánchez-Pale, J.R., Fragos-Benhumbea, J.M., García-Velasco, R. y Quezada-Salinas, A. 2025. Validación de una escala diagramática logarítmica de severidad para cuantificar daño de *Botrytis fabae* en haba. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 43 (3): 83. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2411-1>
- Machado, S., Viera, W., Duarte, I., Amaral, A., Veloso, J., Cámara, M. y Santos, G. 2021. First report of *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose in Cassava in Brazil. *Plant Disease*. 105: 3745. <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-21-0571-PDN>
- Noman, E., Al-Gheethi, A.A., Rahman, N.K., Talip, B., Mohamed, R., N.H. y Kadir, O.A. 2018. Single spore isolation as a simple and efficient technique to obtain fungal pure culture. *Earth and Environmental Science*. 140: 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/140/1/012055>
- O'Donnell, K., Kistler, H.C., Cigelnik, E. y Ploetz, R.C. 1998. Multiple evolutionary origins of the fungus causing Panama disease of banana: Concordant evidence from nuclear and mitochondrial gene genealogies. *Applied Biological Sciences*. 95(5): 2044–2049. <https://doi.org/10.1073/pnas.95.5.2044>
- Patricio-Hernández, A., Mercado-Flores, Y., Téllez-Jurado, A. y Ramírez-Vargas, M.R. 2023. Diagrammatic scale to evaluate the severity of gray mold (*Botrytis cinerea*) in pomegranate. *Mexican Journal of Phytopathology* 41(3): 524–536. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2302-9>
- Peng, Y., Li, S.J., Yan, J., Tang, Y., Cheng, J.P., Gao, A.J., Yao, X., R, J.J. y Xu, B.L. 2021. Research progress on phytopathogenic fungi and their role as biocontrol agents. *Frontiers in Microbiology*. 12: 670135. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.670135>
- Peng, X.J., Wang, Q.C., Zhang, S.K., Guo, K. y Zhou, X.D. 2023. *Colletotrichum* species associated with *Camellia* anthracnose in China. *Mycosphere* 14(2): 130–157. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/14/si2/3>
- Praveena, S., Kumar, S., Jose, P.A. y Mufeeda, K.T. 2024. First report of *Colletotrichum gloeosporioides* causing severe anthracnose on *Litsea deccanensis* seedlings in India. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 129: 102212. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2023.102212>
- Ramírez-Magil, G., Botello, F. y Navarro-Martínez, A. 2020. Idoneidad de hábitat para *Swietenia macrophylla* en escenarios de cambio climático en México. *Madera y Bosques*. 26(3): e2631954. <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2631954>
- Rodrigues-Robaina, R., Vigo-Longhi, T., Mariani-Zeffa, D., Azeredo-Goncalves, L.S. y Pereira-Leite, R. 2020. Development of a protocol and a diagrammatic scale for quantification of bacterial leaf streak disease on young plants of maize. *Plant Disease*. 104: 2921–2927. <https://doi.org/10.1094/PDIS-01-20-0041-RE>
- Shi, M., Xue, S.-M., Zhang, M.-Y., Li, S.-P., Huang, B.-Z., Huang, Q., Liu, Q.-B., Liao, X.-L. y Li, Y.-Z. 2022. *Colletotrichum truncatum*-A New etiological anthracnose agent of sword bean (*Canavalia gladiata*) in Southwestern China. *Pathogens*. 11(12): 1463 <https://doi.org/10.3390/pathogens11121463>
- SNIGF (Sistema Nacional de Información y Gestión Forestal). 2021. Comisión Nacional Forestal. <https://old-snigf.cnf.gob.mx/categoria-producto/noticias-del-sector-forestal/>. Consulta en Enero de 2021.
- Saducos, A.G. 2024. Litterfall variation and soil nutrient dynamics in *Swietenia macrophylla*, *Samanea saman* and *Bambusa blumeana* woodstands: Implications for nutrient cycling and soil fertility. *Plant Science Today*. 11(4): 1582–1587. <https://doi.org/10.14719/pst.3231>
- Salotti, I., Ji, T. y Rossi, V. 2022. Temperature requirements of *Colletotrichum* spp. belonging to different clades. *Frontiers in Plant science*. 13: 953760. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.953760>
- Solano-Báez, A.R., Márquez-Licona, G., Aguilar-Pérez, V.H., Trejo-Espino, J.L. y García-León, E. 2023. Occurrence of *Colletotrichum truncatum* causing foliar spot on sesame (*Sesamum indicum*) in Mexico. *Plant Disease* 107(10). <https://doi.org/10.1094/PDIS-03-23-0451-PDN>
- Sui, X.N., Guo, M.J., Wang, Q.T., Wang, H.Q., Zhou, H., Huang, X.B., Yu, Z.F. y Hou, C.L. 2024. Taxonomy and phylogeny of *Colletotrichum* on important forest plants in China. *Mycosphere*. 15(1): 4569–4743. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/15/1/19>
- Talhinhas, P. y Baroncelli, R. 2023. Host of *Colletotrichum*. *Mycosphere*. 14 (2): 158–261. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/14/si2/4>
- Tharana, P.T., Khan, F., Venkata, R.G., Tanuja, S., Supriya, M.L. y Palanna, K.B. 2023. First report of *Colletotrichum siamense* associated with anthracnose on beach spider lily (*Hymenocallis littoralis*) in India. *Crop Protection* 172: 106345. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2023.106345>
- Tovar-Soto, A., Hernández-Martínez, M., Cristóbal-Alejo, J., Romero-Hijo, R. y Mora-Aguilera, G. 2002. Escala logarítmica diagramática de severidad de la mancha negra (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.) en chirimoyo (*Annona cherimola* Mill.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 20: 103–109. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61220117>
- Wang, J., Wang, S., Li, W., Guo, F., Pang, J., Liu, A. y Han, C. 2022. Isolation and identification of *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose disease of the Chinese medicinal herb *Cynanchum paniculatum*. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 44(5): 680–688. <https://doi.org/10.1080/07060666.2022.2052965>
- Wang, W., Taylor, A.S., Tongson, E., Edwards, J., Vaghefi, N., Ades, P.K., Crous, P.W. y Taylor, P.W.J. 2024. Identification and

- pathogenicity of *Colletotrichum* species associated with twig dieback of citrus in Western Australia. *Plant Pathology*. 73: 1194–1212. <https://doi.org/10.1111/ppa.13888>
- Wen, L. y Li, H. 2023. Morphology, phylogeny, and pathogenicity of *Colletotrichum* species causing anthracnose in *Camellia japonica* in China. *Diversity*. 15(516). <https://doi.org/10.3390/d15040516>
- White, T., Bruns, T., Lee, S. y Taylor, J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. En: *PCR – Protocols and applications – A laboratory manual*. Academic Press. pp 315–322.
- Yang, R., Li, Y., Zhao, H., Sun, X., Chen, W., Li, P., Li, X., Wu, C., Ma, M. y Gong, G. 2024. Identification and characterization of *Colletotrichum* species associated with Maize in Sichuan, China. *Journal of fungi*. 10 (799). <https://doi.org/10.3390/jof10110799>
- Zhang, K., Su, Y. y Cai, L. 2013. An optimized protocol of single spore isolation for fungi. *Cryptogamie, Mycologie*. 34 (4): 349–356. <https://doi.org/10.7872/crym.v34.iss4.2013.349>
- Zhang, Y.X., Chen, J.W., Manawasinghe, I.S., Lin, Y.H., Jayawardena, R.S., McKenzie, E.H.C., Hyde, K.D. y Xiang, M.M. 2023. Identification and characterization of *Colletotrichum* species associated with ornamental plants in Southern China. *Mycosphere*. 14(2): 262–302. <https://doi.org/10.5943/mycosphere/14/si2/5>
- Zhang, S., Liu, Y., Liu, J., Li, E. y Xu, B. 2024. Characterization and pathogenicity of *Colletotrichum truncatum* causing *Hylocereus undatus* anthracnose through the changes of cell wall-degrading enzymes and components in fruits. *Journal of Fungi*. 10(652). <https://doi.org/10.3390/jof10090652>