

Investigación

Patogenicidad cruzada de *Ceratocystis fimbriata* en *Ochroma pyramidale* (balsa) en Ecuador

Cross-Pathogenicity of *Ceratocystis fimbriata* on *Ochroma pyramidale* (balsa) in Ecuador

Carlos Belezaca-Pinargote^{1*}, María Condor-Jiménez¹, Brithany Belezaca-Pinargote¹, Alexandra Cardenas-Loor², Paola Díaz-Navarrete³

* Autor para correspondencia: cbelezaca@uteq.edu.ec
de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo,
Quevedo-Ecuador. cbelezaca@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0000-0002-3158-7380>

María Fernanda Condor-Jiménez, Autor 2
Ingeniera Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
mcondorj@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0000-4891-204X>

Brithany Michelle Belezaca-Pinargote, Autor 3
Ingeniera Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador.
bbelezacap@uteq.edu.ec, <https://orcid.org/0009-0003-7124>

Alexandra Isabel Cárdenas-Loor, Autor 4
Docente-Investigadora. Facultad de Ciencias de la Educación. Universidad Técnica Estatal de
Quevedo. Facultad de Ciencias de la Educación. Quevedo. Ecuador. acardenasl@uteq.edu.ec;
<https://orcid.org/0000-0002-9791-3679>

Paola Eunice Díaz-Navarrete, Autor 5
Docente-Investigadora, Departamento de Ciencias Veterinarias y Salud Pública, Facultad de Recursos
Naturales. Universidad Católica de Temuco, Temuco 4780000, Chile. paola.diaz@uct.cl;
<https://orcid.org/0000-0003-0512-7695>

Sin conflicto de interés.

Enviado: 13/04/2026

Aprobado: 10/05/2026

DOI: 10.22370/bolmicol.2026.41.1.5781

Palabras clave: Fitopatógeno, inoculación, marchitez, patogénesis, plantaciones forestales.

Keywords: Forest plantations, inoculation, pathogenesis, phytopathogen, wilting.

RESUMEN

Se evaluó la potencial patogenicidad del hongo ascomiceto *Ceratocystis fimbriata* sobre *Ochroma pyramidale* (balsa), una especie forestal sin antecedentes documentados de afectación por este fitopatógeno en el Trópico Húmedo Ecuatoriano (THE). Se empleó una cepa de *C. fimbriata* previamente aislada de *Tectona grandis* (teca), con el objetivo de determinar su capacidad de inducir síntomas de enfermedad en plántulas de balsa de dos meses de edad. El ensayo se desarrolló en vivero bajo un diseño completamente al azar (DCA), con tres tratamientos: T1 (inoculación en la base del tallo), T2 (inoculación en el tercio superior del tallo) y T3 (control con agar-agar), cada uno con cinco repeticiones. La inoculación consistió en la introducción de discos miceliales del hongo en cortes realizados en el tallo. A los 45 días postinoculación. Se registraron síntomas evidentes en los tratamientos T1 y T2, incluyendo clorosis foliar, marchitez apical y necrosis del tejido vascular, con volúmenes y longitudes de necrosis significativamente superiores al control (T1 = 0,32 cm³ y 6,00 cm; T2 = 0,17 cm³ y 4,57 cm; Control = 0,01 cm³ y 0,61 cm). Los resultados confirman la capacidad de *C. fimbriata* para inducir patogénesis en *O. pyramidale*, representando el primer reporte técnico-científico de esta interacción. Se destaca la necesidad de implementar estrategias de monitoreo y manejo fitosanitario ante la posible emergencia de este patógeno en plantaciones de balsa.

ABSTRACT

The potential pathogenicity of the ascomycete fungus *Ceratocystis fimbriata* on *Ochroma pyramidale* (balsa), a forest species with no prior records of infection by this pathogen in the Ecuadorian Humid Tropics (EHT), was assessed. A strain of *C. fimbriata* isolated from *Tectona grandis* (teak) was used to evaluate its

ability to induce disease symptoms in two-month-old balsa seedlings. The experiment was conducted in a nursery under a completely randomized design (CRD), comprising three treatments: T1 (inoculation at the stem base), T2 (inoculation at the upper third of the stem), and T3 (control with agar-agar), each with five replicates. Inoculation involved inserting mycelial discs of the pathogen into stem incisions. After 45 days, symptoms such as leaf chlorosis, apical wilting, and vascular tissue necrosis were observed in T1 and T2, with significantly greater necrotic volume and length compared to the control (T1 = 0.32 cm³ and 6.00 cm; T2 = 0.17 cm³ and 4.57 cm; Control = 0.01 cm³ and 0.61 cm). The findings confirm the ability of *C. fimbriata* to induce pathogenesis in *O. pyramidale*, representing the first scientific and technical report of this host-pathogen interaction. These results underscore the importance of monitoring and managing this emerging threat to balsa plantations in the region.

INTRODUCCIÓN

Ochroma pyramidale (Cav. ex Lam.) Urb., comúnmente conocida como balsa, es una especie nativa del trópico americano ampliamente valorada por su rápido crecimiento y sus propiedades físicas excepcionales. Su madera, considerada la más liviana del mundo, combina una baja densidad con una resistencia mecánica notable, lo que la hace ideal para diversas aplicaciones industriales y ecológicas. En Sudamérica, particularmente en Ecuador, esta especie tiene un rol estratégico tanto económico como ambiental. La cuenca del río Guayas concentra la mayor parte de la producción nacional, abasteciendo cerca del 95 % de la balsa comercializada a nivel global (Jiménez-Romero *et al.*, 2017; Vargas-Luna, 2023). Actualmente, el sector de energías renovables, especialmente la industria eólica, representa el principal mercado para la madera de balsa,

absorbiendo alrededor del 70 % del volumen global disponible. En 2020, Ecuador exportó el 89 % de su producción a China, generando ingresos superiores a los 344 millones de dólares, lo que supuso un incremento del 314 % respecto al año anterior; en menor proporción, el 3,9 % fue exportado a Estados Unidos (Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca del Ecuador, 2023; Sánchez-Condoy & Bustos-Chuchuca, 2023).

A pesar de su importancia económica, *O. pyramidale* es vulnerable al ataque de organismos fitopatógenos, lo cual representa una amenaza potencial para su producción sostenible. Recientemente, se han reportado en viveros síntomas inusuales de marchitez en plántulas de balsa, distintos a los comúnmente atribuidos a patógenos asociados con "damping off". Análisis preliminares realizados por productores y técnicos locales han identificado la presencia del hongo ascomiceto *Ceratocystis fimbriata* en tejidos afectados. Sin embargo, hasta la fecha, no existen estudios experimentales que demuestren la patogenicidad de esta especie sobre *O. pyramidale*, ni reportes científicos que documenten dicha interacción.

C. fimbriata es un fitopatógeno de alta agresividad, responsable de enfermedades letales en diversas especies leñosas del Trópico Húmedo Ecuatoriano, como *Schizolobium parahybum* (Belezaca-Pinargote *et al.*, 2011, 2012a, 2012b), *Theobroma cacao* (Engelbrecht *et al.*, 2007; García Cabrera *et al.*, 2016), *Tectona grandis* (Belezaca-Pinargote *et al.*, 2018, 2020) y *Gmelina arborea* (Belezaca-Pinargote *et al.*, 2021a, 2021b), provocando la muerte masiva de árboles en plantaciones comerciales. Dado el comportamiento altamente virulento de este hongo y la coexistencia de especies hospederas en ambientes compartidos, se plantea la posibilidad de una infección cruzada hacia *O. pyramidale*.

En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la capacidad patogénica de una cepa de *C. fimbriata*, previamente aislada de *T. grandis*, sobre plántulas de *O. pyramidale* bajo condiciones controladas de vivero. Los resultados permitieron esclarecer el potencial riesgo fitosanitario que representa este hongo para las plantaciones de balsa en el Ecuador y contribuyen a la formulación de estrategias preventivas y de manejo integrado de enfermedades.

METODOLOGÍA

Localización del estudio. El experimento se desarrolló en un invernadero de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), campus "La María", ubicado en el km 7, vía Quevedo – El Empalme, Ecuador. Se utilizó una cepa de *C. fimbriata* perteneciente a la colección de cepas mantenidas en el laboratorio de Microbiología de la UTEQ, aislada previamente de árboles sintomáticos de *T. grandis*.

Reactivación del inóculo. A partir de la colección refrigerada de *C. fimbriata*, se seleccionó aleatoriamente una cepa previamente aislada de *T. grandis* y reactivó utilizando la técnica basada en "sándwich de zanahoria", según Belezaca-Pinargote *et al.* (2018, 2020, 2021a). Esta técnica consiste en colocar un fragmento micelial entre dos rodajas de zanahoria, fijadas con cinta de papel, e incubadas en una cámara húmeda durante ocho días. Finalizado este periodo, se aislaron colonias activas del hongo en tubos de ensayo con medio PDA suplementado con 0,2 mL de una mezcla antibiótica (penicilina 50 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ y estreptomycinina 25 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), siguiendo los protocolos de Parkinson (1994) y Suryanarayanan (2013). Las colonias fueron incubadas a temperatura ambiente (24 ± 2 °C) durante 96 horas y luego repicadas en placas de Petri con el mismo medio de cultivo y antibióticos.

Material vegetal. Se utilizaron plantas sanas de *O. pyramidale* de dos meses de edad,

provenientes de un vivero comercial. Las plantas fueron trasplantadas a recipientes plásticos de 1000 cm³ de capacidad y mantenidas en condiciones de invernadero. En el momento de la inoculación, presentaban un diámetro promedio de 0,5 cm.

Preparación del inóculo. Luego de ocho días de incubación en medio PDA, se constató la presencia de estructuras reproductivas de *C. fimbriata*, incluyendo conidias, peritecios y ascosporas maduras. Se utilizaron sacabocados estériles de 0,5 cm de diámetro para extraer discos miceliales que contenían tanto micelio como esporas, los cuales se emplearon como inóculo para la prueba de patogenicidad.

Inoculación y evaluación de la patogenicidad. La inoculación se realizó mediante un corte inclinado con bisturí estéril en la región seleccionada del tallo (previamente desinfectada), comprometiendo la corteza y el xilema. En cada herida se insertó un disco micelial (0,5 cm) del hongo y se selló con cinta de parafilm. Para el tratamiento control, se siguió el mismo procedimiento, pero se aplicó un segmento de agar-agar estéril sin nutrientes en lugar del hongo (Belezaca-Pinargote *et al.*, 2021a, 2021b, 2021c).

Las plantas se regaron periódicamente y se mantuvieron bajo observación durante 45 días. Al finalizar este periodo, se realizaron cortes longitudinales y transversales en los tallos para evaluar la presencia y extensión de necrosis en los tejidos vasculares, considerando el punto de inoculación como referencia. Las lesiones necróticas se midieron en tres dimensiones (largo, ancho y profundidad) para calcular el volumen aparente de necrosis, expresado en cm³, siguiendo la metodología de Zauza *et al.* (2004).

Tratamientos y Diseño Experimental. Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA), constituido por 3 tratamientos, T1: plantas de balsa inoculadas en el tallo, a 5 cm sobre el nivel de suelo; T2: plantas de balsa inoculadas en el tercio superior de las mismas,

y T3: plantas de balsa inoculadas únicamente con agar-agar (testigo). Cada tratamiento estuvo constituido por tres repeticiones y 10 unidades de observación (plantas) por repetición.

Análisis estadísticos. Los datos obtenidos fueron analizados mediante estadística descriptiva (media, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación). Posteriormente, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) para detectar diferencias significativas entre tratamientos, considerando un nivel de significancia del 95 % ($P < 0,05$), previa verificación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Las diferencias entre medias se evaluaron mediante la prueba de diferencia mínima significativa (LSD). Todos los análisis se realizaron con el software estadístico SAS v.9.0 para Windows.

RESULTADOS

Patogenicidad del hongo *C. fimbriata* en *O. pyramidale* Volumen aparente de necrosis en plantas de balsa inoculadas. El análisis estadístico reveló diferencias significativas ($F=49,77$; $P=0,0001$) en el volumen aparente de necrosis inducido por los diferentes tratamientos con *C. fimbriata* en plantas de *O. pyramidale*. Los mayores volúmenes de necrosis se registraron en los tratamientos donde el fitopatógeno fue inoculado en la base del tallo (0,32 cm³) y en el tercio superior (0,17 cm³), siendo ambos significativamente diferentes entre sí y respecto al testigo (0,011 cm³), el cual presentó el menor valor (Figura 1). Estos resultados evidencian una marcada agresividad del patógeno, especialmente cuando la inoculación se realiza en la base del tallo, sugiriendo una mayor susceptibilidad de los tejidos basales a la colonización e infección fúngica.

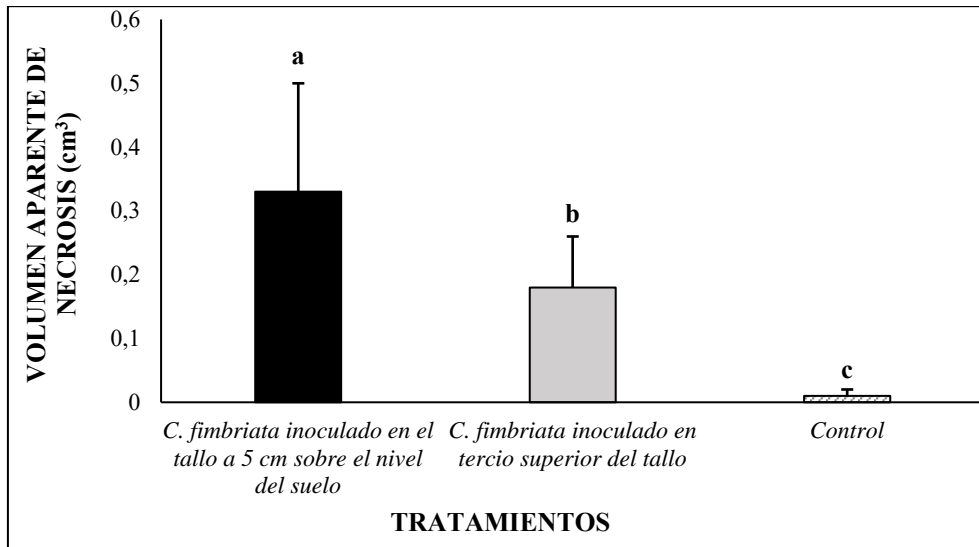


Figura 1. Volumen aparente de necrosis (cm³) generado por *C. fimbriata* en plantas de *O. pyramidale* (balsa) de 2 meses de edad, 45 días después de inoculadas a nivel de invernadero. Valores corresponden al volumen aparente de necrosis promedio de tres repeticiones (10 plantas por repetición), con su respectiva desviación estándar.

Longitud de necrosis interna en plantas de balsa inoculadas. En la Figura 2 se presentan las longitudes totales de necrosis interna inducidas por *C. fimbriata* en plantas de *O. pyramidale*, observándose diferencias altamente significativas entre los tratamientos ($F=179,76$; $P=0,0001$). La mayor extensión de necrosis se registró en las plantas inoculadas en la base del tallo (6,00 cm), seguida por aquellas

inoculadas en el tercio superior del tallo (4,57 cm), siendo ambos valores significativamente distintos entre sí y con respecto al tratamiento control (0,61 cm), que mostró la menor longitud de necrosis (Figura 3). Estos resultados confirman la capacidad invasiva del patógeno y sugieren un patrón diferencial de progresión de la infección según el sitio de inoculación

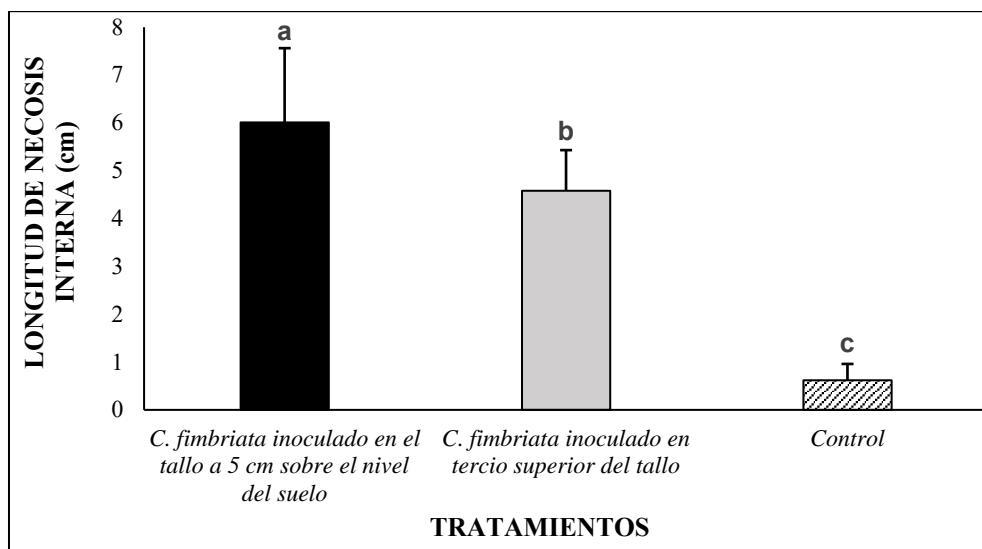


Figura 2. Longitud de necrosis (cm) generada por *C. fimbriata* inoculado en plantas de *O. pyramidale* (balsa) de 2 meses de edad, 45 días después de inoculadas a nivel de invernadero. Valores corresponden a la longitud de necrosis promedio de tres repeticiones (10 plantas por repetición), con su respectiva desviación estándar.



Figura 3. Daños internos (necrosis) causados por el hongo *C. fimbriata* inoculado en plantas de *O. pyramidale* (balsa) de 2 meses de edad, 45 días después de la inoculación. A = necrosis generada por *C. fimbriata* inoculado en el tallo a 5 cm sobre el nivel del suelo, B = necrosis generada por *C. fimbriata* inoculado en el tercio superior del tallo, y C = Control (plantas inoculadas con agar-agar).

Reaislamiento de *C. fimbriata* desde tejidos necróticos. Cumpliendo con el cuarto postulado de Koch, se procedió al reaislamiento del fitopatógeno a partir de tejidos necróticos de plantas de *O. pyramidale* previamente inoculadas. El microorganismo fue exitosamente recuperado utilizando la técnica de sándwich de zanahoria, lo que confirmó que *C. fimbriata* fue el agente causal responsable de los síntomas observados.

Sintomatología en plantas de balsa inoculadas. Las plantas de *O. pyramidale* inoculadas con *C. fimbriata* en el tallo, tanto a 5 cm sobre el nivel del suelo como en el tercio superior, desarrollaron sintomatología similar. A los 8 y 15 días posteriores a la inoculación, se

observó clorosis foliar progresiva, pérdida de turgencia en el sistema aéreo, y marchitez en tejidos meristemáticos, particularmente en las zonas de crecimiento apical. Los tallos afectados adquirieron una coloración parda. A los 20 días de la inoculación, se registró la muerte de tejidos por encima del punto de inoculación en cuatro plantas del tratamiento T1 (inoculación basal) y cinco del tratamiento T2 (inoculación en el tercio superior). En estos casos, las hojas permanecieron secas y adheridas a los tallos, indicando colapso vascular severo y muerte regresiva asociada a la infección (Figura 4)

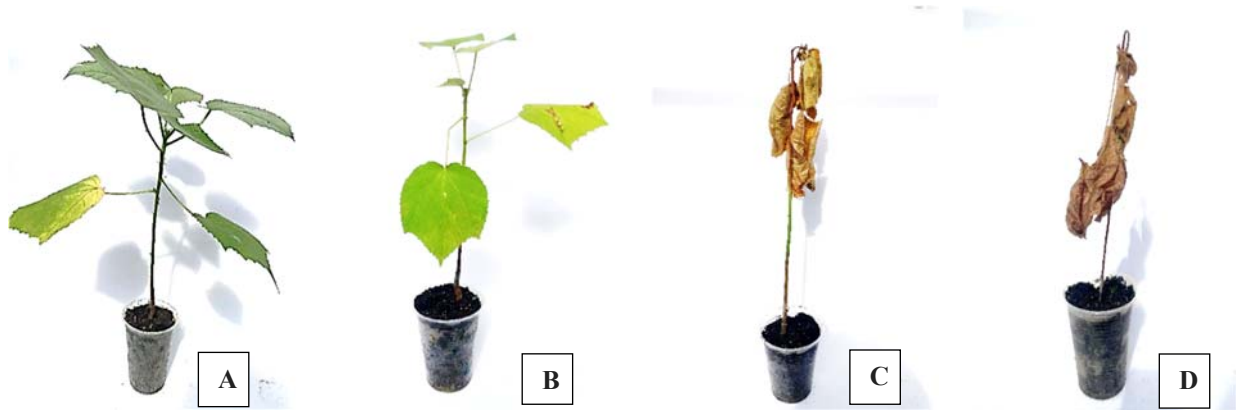


Figura 4. Sintomatología progresiva generada por la inoculación de *C. fimbriata* en plantas de *O. pyramidale* a nivel de invernadero. **A** = Planta recién inoculada (sana), **B** = Sistema foliar con inicios de clorosis, **C** = Sistema foliar con pérdida de turgencia y decaimiento del ápice, **D** = Sistema foliar muerto, con sus hojas adheridas a la planta.

DISCUSIÓN

La percepción de que las especies forestales están naturalmente protegidas frente a enfermedades fúngicas ha sido ampliamente refutada. Diversos estudios han documentado la alta susceptibilidad de estas especies a patógenos vasculares, entre los cuales *C. fimbriata* destaca por su agresividad, capacidad de dispersión y amplio rango de hospederos. En este estudio, se confirma por primera vez la patogenicidad de *C. fimbriata* en *O. pyramidale* bajo condiciones controladas de invernadero, lo que representa un hallazgo relevante para la sanidad forestal en el trópico americano.

Los resultados obtenidos revelaron un patrón claro de infección dependiente del sitio de inoculación. El mayor volumen aparente de necrosis y la mayor longitud de necrosis interna se registraron cuando el patógeno fue inoculado en la base del tallo, a diferencia de cuando la inoculación se realizó en el tercio superior. Estas discrepancias reflejan la alta agresividad del patógeno y su afinidad por tejidos con mayor grado de lignificación, como los ubicados en la porción basal del tallo, en concordancia con lo reportado por Johnson *et al.* (2005), Araujo *et al.* (2014), y Marincowitz *et al.* (2020), quienes destacan que el

establecimiento exitoso de *C. fimbriata* depende del acceso a tejidos xilemáticos maduros y vascularmente activos.

La sintomatología desarrollada en *O. pyramidale* posterior a las inoculaciones con *C. fimbriata* (clorosis foliar, marchitez, colapso de tejidos meristemáticos y muerte regresiva), coincide con las manifestaciones clínicas descritas en otras especies afectadas por este patógeno en el trópico húmedo, como *Acrocarpus fraxinifolius*, *Tectona grandis*, *Schizolobium parahybum*, *Gmelina arborea* y *Theobroma cacao* (Belezaca-Pinargote *et al.*, 2011, 2012a, 2020, 2021a). La retención de hojas secas adheridas al tallo, observada a los 20 días después de la inoculación, es una señal típica del colapso vascular ocasionado por la obstrucción de elementos del xilema, causada por la colonización del hongo (Harrington *et al.*, 2011; Lloren, 2023).

Aunque las dimensiones de necrosis fueron menores que las reportadas por Martínez-Chevez (2004), (5,52 cm³ y 14,74 cm en plantas de ocho meses de edad con un período de incubación de 90 días), estas diferencias podrían explicarse por el menor tiempo de evaluación (45 días) y el menor desarrollo fisiológico (2 meses) de las plantas en este

estudio. Sin embargo, los resultados son suficientemente concluyentes como para afirmar que *C. fimbriata* posee un alto potencial patogénico sobre *O. pyramidale*, aun cuando fue aislado de una especie distinta (*T. grandis*), lo que refuerza su capacidad de infección cruzada entre especies leñosas tropicales.

La recuperación exitosa del patógeno desde tejidos necróticos, mediante la técnica de sándwich de zanahoria, y su concordancia morfológica con el inóculo original, confirmaron el cumplimiento del cuarto postulado de Koch y validaron la identidad de *C. fimbriata* como agente causal de los síntomas observados. Este procedimiento es ampliamente reconocido en estudios de patología forestal para verificar la etiología de infecciones por *Ceratocystis* spp. (Piveta *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2020; Danki *et al.*, 2025).

Dado que no existían registros previos de afectación de *O. pyramidale* por *C. fimbriata*, estos hallazgos sugieren la posibilidad de que este patógeno emerja como un nuevo problema fitosanitario en plantaciones de balsa en condiciones de campo. Esta posibilidad cobra mayor relevancia al considerar que *C. fimbriata* ha sido catalogado como uno de los patógenos más invasivos a nivel mundial, con potencial destructivo en cultivos y especies forestales tanto en América como en África y Asia (Wingfield *et al.*, 2016; Jami *et al.*, 2017; Batista *et al.*, 2021). Su amplia gama de hospederos, que abarca angiospermas y gimnospermas, y su capacidad para inducir enfermedades letales en diferentes sistemas de producción, justifican la implementación de programas de monitoreo preventivo en viveros y plantaciones comerciales de *O. pyramidale*.

CONCLUSIONES

La cepa de *C. fimbriata* aislada desde un árbol enfermo de *T. grandis* e inoculada en plantas de *O. pyramidale* a nivel de vivero, provocó

síntomas de enfermedad como clorosis, pérdida de turgencia y marchites del sistema foliar. Además, generó necrosis en los tejidos internos, evidenciando que el fitopatógeno prefiere invadir tejidos xilemáticos con mayor grado de lignificación por sobre los tejidos jóvenes poco lignificados. Estos resultados son el primer reporte de la capacidad infecciosa cruzada de *C. fimbriata* aislado de otra especie leñosa en *O. pyramidale*.

BIBLIOGRAFÍA

Alves-Ferreira, F., Maffia, L.A., Weingart-Barreto, R., Demuner, N.L. & Pigatto, S. (2006). Sintomatología da murcha de *Ceratocystis fimbriata* en eucalipto. *Revista Árvore*, 30(2): 155-162. <https://www.redalyc.org/pdf/488/48830201.pdf>

Araujo, L., Silva Bispo, W.M., Cacique, I.S., Cruz, M.F.A. & Rodrigues, F.A. (2014). Histopathological aspects of mango resistance to the infection process of *Ceratocystis fimbriata*. *Plant Pathology*, 63: 1282-1295. <https://doi.org/10.1111/ppa.12208>

Batista, E., Lopes, A. & Alves, A. (2021). What do we know about Botryosphaeriaceae? An overview of a worldwide cured dataset. *Forests*, 12(3): 313. <https://doi.org/10.3390/f12030313>

Belezaca, C., Suárez, C. & Vera, D. (2011). Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de muerte regresiva y pudrición del fuste de pachaco (*Schizolobium parahybum*) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Boletín Micológico*, 26: 15 – 22. <https://doi.org/10.22370/bolmicol.2011.26.0.895>

Belezaca, C., Mora, W., Prieto, O., Cedeño, P., Moran, J. & Valenzuela, E. (2012a). Hongos asociados a problemas fitosanitarios emergente en especies forestales de importancia económica del Trópico Húmedo Ecuatoriano. *En Libro de resúmenes del XXI Congreso de la Sociedad Chilena de Fitopatología*. Puerto

Varas, Chile. pp. 79.
www.sochifit.cl/autoadministracion/editar_res_umenes/archivos/7.pdf?1729713946

Belezaca, C., Suárez, C., Cedeño, P., Mora, W., Díaz, G. & Garcés, F. (2012b). Propuesta de un método para evaluar resistencia genética en *Schizolobium parahybum* (vell.) Blake (pachaco) frente a *Ceratocystis* spp.: evidencias preliminares de resistencia en Ecuador. *Boletín Micológico*, 27: 8 – 27.
<https://doi.org/10.22370/bolmicol.2012.27.1.890>

Belezaca-Pinargote, C., Solano-Apuntes, E., López-Tobar, R., Baque-Mite, R., Ávila-Loor, A., Córdor-Jiménez, M., Bohórquez-Barros, T. & Dueñas-Alvarado, D. (2018). Hongos fitopatógenos asociados a la enfermedad de marchitez vascular y muerte regresiva en plantaciones de *Tectona grandis* L.f. (teca) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Boletín Micológico*, 33(2): 17-29.
<https://doi.org/10.22370/bolmicol.2018.33.2.1410>

Belezaca-Pinargote, C., Solano-Apuntes, E., López-Tobar, R., Córdor-Jiménez, M., Beltrán-Castro, F. & Díaz-Navarrete, P. (2020). *Ceratocystis fimbriata* agente causal de la enfermedad de marchitez vascular de *Tectona grandis* L.f. (teca) en Ecuador. *Boletín Micológico*, 35(1): 17-25.
<https://doi.org/10.22370/bolmicol.2020.35.1.2401>

Belezaca-Pinargote, C., Solano-Apuntes, E., López-Tobar, R. & Macías-Moncayo, M. (2021a). Problemas forestales e incidencias en el ser humano: Experiencia de *Gmelina arborea* en Ecuador. *Revista de Ciencias Sociales*, XXVII (Número Especial 3), 309- 325.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/racs/article/view/36510/39229>

Belezaca-Pinargote, C., Solano-Apuntes, E., López-Tobar, R., Morales-Escobar, C. & Díaz-Navarrete, P. (2021b). Presence of *Fusarium* spp. complex in diseased trees of *Gmelina arborea* Roxb (melina) in Ecuador. *Revista*

Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes, 11(2): 78-94.
http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/14/61

Belezaca-Pinargote, C., Solano-Apuntes, E., López-Tobar, R., Moran-Vásquez, M. & Díaz-Navarrete, P. (2021c). Implicaciones de *Fusarium* spp., en la etiología de la pudrición del fuste de *Gmelina arborea* Roxb (melina) en el Trópico Húmedo Ecuatoriano. *Centrosur Agraria*, 1(9): 31-41.
<https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/59/129>

Danki, V., Steenkamp, E., de Vos, L. *et al.* (2025). Growth, pathogenicity and sexual fertility of the African tree pathogen *Ceratocystis albifundus*. *Journal of Plant Pathology*, 107: 125–135 (2025).
<https://doi.org/10.1007/s42161-024-01634-y>

Engelbrecht, C.J., Harrington, T.C., & Alfenas, A. (2007). Ceratocystis wilt of cacao - A disease of increasing importance. *Phytopathology*, 97:1648-1649.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1648>

García Cabrera, O., López Molano, E.P., José, J., Correa Álvarez, J. & Guimarães Pereira, G.A. (2016). *Ceratocystis* wilt pathogens: history and biology - highlighting *C. cacaofunesta*, the causal agent of wilt disease of cacao. In: Bailey, B., Meinhardt, L. (eds). *Cacao Diseases*. Springer, Cham. 383-428 pp.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-24789-2_12

Halfeld-Vieira, B.A., Zilli, J.E., Nechet, K.L., Pereira, G.M.D. & Souza, G.R. (2012). First record of *Ceratocystis fimbriata* on *Carapa guianensis*. *New Disease Reports*, 26:13.
<http://dx.doi.org/10.5197/j.2044-0588.2012.026.013>

Harrington, T.C., Thorpe, D.J., & Alfenas, A.C. (2011). Genetic variation and variation in aggressiveness to native and exotic hosts among Brazilian populations of *Ceratocystis fimbriata*.

- Phytopathology*, 101:555-566.
<https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-10-0228>
- Herrera-Isla, L., Grillo-Ravelo, H., Harrington, T., Díaz-Medina, A. & Álvarez-Puente, R. (2015). *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst. f. sp. spathodense (nueva especialización): agente causal de la marchitez en *Spathodea campanulata* Beauv. en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 30(1):40-45.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rpv/v30s1/rpv105s15.pdf>
- Jami, F., Wingfield, M.J., Gryzenhout, M. & Slippers, B. (2017). Diversity of tree-infecting *Botryosphaeriales* on native and non-native trees in South Africa and Namibia. *Australasian Plant Pathology*. 46: 529–545. <https://doi.org/10.1007/s13313-017-0516-x>
- Jiménez-Romero, E., Garcías-Franco, L., Carranza-Patiño, M., Carranza-Patiño, H., Morante-Carriel, J., Martínez-Chevez, M., & Cuasquer-Fuel, E. (2017). Germinación y crecimiento de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb. en Ecuador. *Scientia Agropecuaria*, 8(3): 243-250.
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.03.07>
- Johnson, J. A., Harrington, T.C. & Engelbrecht, C.J.B. (2005). Phylogeny and taxonomy of the North American clade of the *Ceratocystis fimbriata* complex. *Mycologia*, 97(5): 1067–1092.
<https://doi.org/10.1080/15572536.2006.11832756>
- Lloren, R. (2023). Unveiling *Ceratocystis* wilt disease: a review of cocoa's unforgiving foe. *Earth and Environmental Science*, 1263-012008. <https://doi:10.1088/1755-1315/1263/1/012008>
- Marincowitz, S., Barnes, I., de Beer, Z.W. & Wingfield, M.J. (2020). Epitypification of *Ceratocystis fimbriata*. *Fungal Systematics and Evolution*, 6: 289-298.
<https://doi.10.3114/fuse.2020.06.14>
- Martínez-Chávez, M. (2004). Patogenicidad de varias especies de *Ceratocystis*, en pachaco (*Schizolobium parahybum* Vell Blake), cacao (*Theobroma cacao* Linneo) y balsa (*Ochroma lagopus* Cav). Tesis de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Forestal. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Quevedo - Ecuador. 56 p.
- Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca. (2023). Estudio de mercado balsa en Estados Unidos. Pro Ecuador Negocios sin Fronteras. Gobierno del Ecuador. 15 p. <https://www.proecuador.gob.ec/balsa-en-estados-unidos-2023/>
- Parkinson, D. (1994). Filamentous fungi. In Weaver, R., Angle, S., Bottomley, P., Bezdicek, D., Smith, S., Tabatabai, A., & Wollum, A. (eds). *Methods of Soil Analysis. Part 2, Microbiological and Biochemical Properties. Number 5 in Soil Science Society of America Book Series. Soil Science Society of America. Inc., Madison, Wisconsin, USA. 329 – 350 p.* <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.2.c17>
- Piveta, G., Ferreira, M., FB Muniz, M., Valdetaro, D., Valdebenito-Sanhueza, R., Harrington, T., & Alfenas, A. (2016). *Ceratocystis fimbriata* on kiwifruit (*Actinidia* spp.) in Brazil. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 44(1), 13–24.
<https://doi.org/10.1080/01140671.2016.1143020>
- Sánchez-Condoy, V.G., Bustos-Chuchuca, I.P. & Pizarro-Romero, K.H. (2023). Análisis de las exportaciones de madera de balsas y su influencia en ámbitos económico- ambiental. *Polo de Conocimiento*, 8(11): 1275-1302.
<http://10.23857/pc.v8i11.6261>
- Sun, Y., Li, M., Wang, Y., Li, L., Wang, M., Li, X., Xu, M., Loake, G.J., Guo, M. & Jiang, J. (2020). *Ceratocystis fimbriata* employs a unique infection strategy targeting peltate glandular trichomes of sweetpotato (*Ipomoea batatas*) plants. *Phytopathology*, 110:12, 1923-

1933. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-05-20-0165-R>

Suryanarayanan, T.S. (2013). Endophyte research: going beyond isolation and metabolite documentation. *Fungal Ecology*, 6(6): 561-568. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2013.09.007>

Vargas-Luna, E. (2023). Perspectivas económicas de un cultivo de balsa con riego en la provincia de Santa Elena. *Journal of Economic and Social Science Research*, 3(2): 45-58. <https://doi.org/10.55813/gaea/jessr/v3/n2/67>

Wingfield, M.J., Garnas, J.R., Hajek, A., Hurley, B.P., Wilhem de Beer, Z. Taerum S.J. (2016). Novel and co-evolved associations between insects and microorganisms as drivers of forest pestilence. *Biol Invasions* 18: 1045-1056. <https://doi.org/10.1007/s10530-016-1084-7>

Zauza, E.A., Alfenas, A.C., Harrington, T.C., Mizubuti, E.S. & Silva, J.F. (2004). Resistance of *Eucalyptus* clones to *Ceratocystis fimbriata*. *Plant Disease*, 88(7): 758-760. <https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.7.758>