

REVISTA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

Revista Ciencias del Mar, UAS

Octubre -Diciembre 2023 Núm. 1 Vol.1



U N I V E R S I D A D A U T Ó N O M A D E S I N A L O A



ISSN (En Trámite)



Revisión Científica

Sinergia interinstitucional para estudiar la antracnosis de los manglares en México

Interinstitutional synergy to study the anthrachnosis of mangroves in Mexico



CREATIVE COMMONS



OPEN ACCESS

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la Licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA 4.0), que permite compartir y adaptar siempre que se cite adecuadamente la obra, no se utilice con fines comerciales y se comparta bajo las mismas condiciones que el origina



1. Francisco Flores Cárdenas



0009-0005-8088-1008

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.



2. Rosa Stephanie Navarro Peraza



0000-0001-6835-4743

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.



3. Francisco J. Flores Verdugo



0000-0002-9707-0819

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.



4. Francisco Flores De Santiago



0000-0001-8813-0093

Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Nacional Autónoma de México.



5. Daisy Pérez Brito



0000-0003-2116-0065

Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, Yucatán, México



6. Anuar Magaña Álvarez



0000-0001-5207-9281

Centro de Investigación Científica de Yucatán, Mérida, Yucatán, México



7. Amparo Rodríguez Santiago



0000-0003-0616-237X

CONACyT, Universidad Autónoma del Carmen, Ciudad del Carmen, Campeche, México.



8. Brenda Solórzano García



0000-0002-6367-477X

Laboratorio de Parasitología y Medicina de la Conservación, ENES-Mérida, UNAM, Yucatán. México



9. Mario Nieves Soto



0000-0001-6624-5068

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.



10. Mayra I. Grano Maldonado



0000-0001-7519-379X

Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Autónoma de Sinaloa, Mazatlán, Sinaloa.

Autor de correspondencia: granomayra@uas.edu.mx



Sinergia interinstitucional para estudiar la antracnosis de los manglares en México

Interinstitutional synergy to study the anthracnosis of mangroves in Mexico

► RESUMEN

La antracnosis, causada principalmente por hongos del género *Colletotrichum*, es una enfermedad que afecta a los manglares, ecosistemas que son importantes y productivos. El presente estudio presenta por primera vez un enfoque colaborativo entre diferentes instituciones para el análisis y la comprensión del efecto de la antracnosis en los manglares mexicanos. También se exploran las causas de la enfermedad y se evalúan implicaciones ecológicas.

Palabras clave: salud ambiental, colaboración, ecosistemas costeros, humedales, fitopatógenos, *Colletotrichum*.

► ABSTRACT

Anthraco-nose is caused mainly by fungi of the *Colletotrichum* genus. It is a disease that affects mangroves, ecosystems that are important and productive. This study presents a collaborative approach for the first time between different institutions for the analysis and understanding of the effect of anthracnose in Mexican mangroves. The causes of the disease are also explored and ecological implications are evaluated.

Keywords: environmental health, collaboration, coastal ecosystems, wetlands, phytopathogens, *Colletotrichum*.



► INTRODUCCIÓN

Los manglares son importantes pues ofrecen servicios ecológicos a diferentes grupos de organismos que habitan ambientes marinos y terrestres, además de los múltiples servicios ecosistémicos que brindan a las comunidades humanas, tales como el mantenimiento de la línea de costa y el amortiguamiento de vientos y oleaje provocados por tormentas intensas y huracanes (Zhu, Vuik, Visser, Soens, van Wesenbeeck, van de Koppel, Bouma, 2020). Los manglares son zonas que se usan para la educación, el esparcimiento y la ciencia (Jariego, Holgado, Castillo, Florido-del-Corral, Gómez-Mestres, 2023), y son también áreas que se vinculan con sectores productivos como la pesca, el desarrollo inmobiliario y el turismo, entre otras (Vargas-del-Río & Brenner, 2023). A pesar de los múltiples servicios que brindan, los manglares son vulnerables tanto a desastres naturales como a los daños ocasionados por las actividades humanas (Mondal, Roy, Saha, 2022), aunado a ello, los manglares son susceptibles de enfermedades fúngicas, como la antracnosis, que se caracterizan por causar lesiones y necrosis sobre el tejido vegetal (Grano-Maldonado, Ramos-Payan, Rivera-Chaparro, Aguilar-Medina, Romero-Quintana, Rodríguez-Santiago, Nieves-Soto, 2021). La antracnosis es una enfermedad causada por hongos que afecta a manglares de las costas de México en litorales del Atlántico y el Pacífico. En estos manglares la antracnosis es causada por los fitopatógenos *Colletotrichum* sp. y *Fusarium* sp., ambos géneros son los más comunes e importantes (Grano-Maldonado et al., 2021). Debido a esto, se inició un proyecto de evaluación, restauración y conservación de zonas de manglares impactadas por hongos fitopatógenos en el sureste mexicano que, posteriormente, fue extendido a las costas del Pacífico en un convenio de investigación multidisciplinaria entre la Universidad Autónoma de Sinaloa, la Universidad Autónoma de Ciudad del Carmen, el Centro de Investigación Científica de Yucatán y la Universidad Nacional Autónoma de México. El objetivo de este estudio fue identificar y caracterizar las especies de hongos que afectan a las cuatro especies de manglar en ambos litorales en México en un esfuerzo colaborativo entre varias universidades.

► MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron muestreos periódicos en manglares en ambas costas de México, se colectaron hojas con signos de enfermedad (Figura 1). Las hojas enfermas de cuatro especies de manglares: mangle negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle botón (*Conocarpus erectus*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y de mango (*Mangifera indica*) con el propósito de identificar el origen de la transmisión y el proceso de infección en el sistema lagunar Huizache-Caimanero (Sinaloa) y Marismas Nacionales (Nayarit). Las hojas se colocaron en bolsas de papel etiquetadas y transportadas en hieleras al laboratorio (Facultad de Ciencias del Mar, FACIMAR-UAS) donde fueron procesadas de acuerdo con previa metodología (Grano-Maldonado et al., 2021). La identificación se llevó a cabo con la observación morfológica del micelio y las esporas. Así como, y características moleculares utilizando marcadores (ITS1/ITS4) luego fueron secuenciados y comparados en GenBank (NCBI).



Figura 1

▶ RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los hongos *Colletotrichum* sp. y *Fusarium* sp., se aislaron, identificaron y caracterizaron molecularmente por primera vez en México en la laguna costera de Términos en Campeche (Grano-Maldonado et al., 2021) afectando a las cuatro especies de mangle; negro (*Avicennia germinans*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), mangle botón (*Conocarpus erectus*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*) y de mango (*Mangifera indica*). Con estos resultados se expandió el interés de proyectar un programa de evaluación de manglares en las costas del Pacífico Mexicano. Los resultados obtenidos corresponden con la identificación morfológica de las muestras del análisis de filogenia. El ITS mostró que las especies de hongos de manglar categorizadas morfológicamente coinciden con especies *Colletotrichum* (Figura 2).

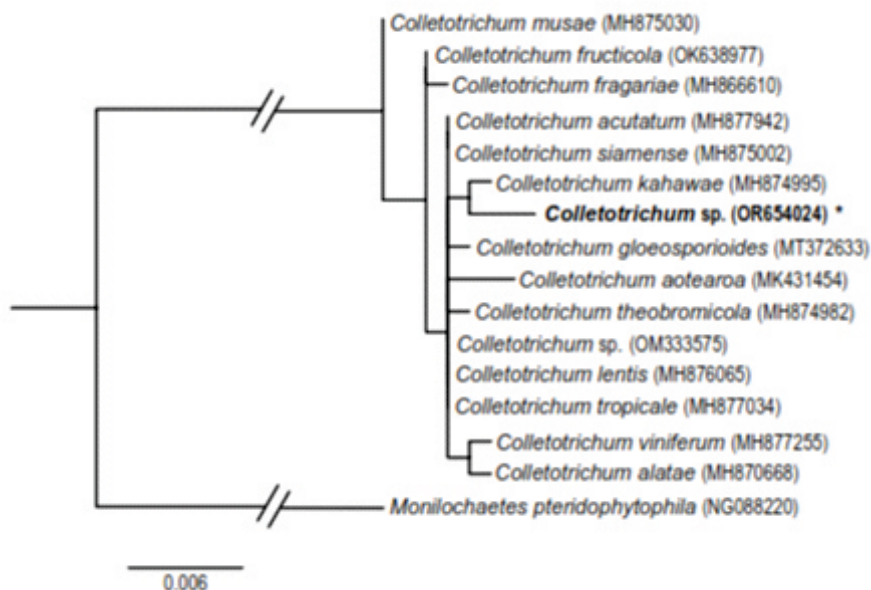


Figura. 2 Árbol filogenético construido con las muestras colectadas en 4 zonas del Pacífico mexicano.



Las muestras de hongos aislados de mangle negro y blanco en la zona del Caimanero pertenecen al género *Colletotrichum* sp., con un alto valor de soporte (bootstrap) (92%), lo que nos brinda alta fidelidad con agrupamiento preciso. Sin embargo, las especies aún no han sido definidas ya que se están analizando las secuencias para determinar la especie patógena. Los fitopatógenos que causan antracnosis en plantas cultivadas y nativas, en regiones tropicales y templadas, se manifiestan a través de daños y necrosis foliares, tal es el caso de la antracnosis del mango (*Mangifera indica* L.), causada por *Colletotrichum* spp., considerada la enfermedad más importante del mango en casi todas las zonas de producción del mundo. En México, la antracnosis del mango sólo se ha atribuido a *C. asianum* y *C. gloeosporioides* (Tovar-Pedraza, Mora-Aguilera, Nava-Díaz, Lima, Michereff, Sandoval-Islas, Câmara, Téliz-Ortiz, Leyva-Mir, 2020). La agricultura altamente tecnificada se ha extendido muy cerca de los manglares a pesar de su importancia ecológica y económica. Los ecosistemas de manglares en todo el mundo pueden estar sujetos a constante degradación debida a causas naturales (por ejemplo huracanes, aumento del nivel del mar y de la temperatura del océano), fluctuaciones de temperatura a causa del impacto antropogénico (deforestación, contaminación, urbanización, acuicultura, agricultura) (Arshad, Eid, Hasan, 2020). Los manglares son altamente susceptibles sobre todo cuando están estresados por variaciones atípicas de salinidad y temperatura. Estos factores han sido ampliamente estudiados en ecosistemas de manglares en el Pacífico Mexicano y entre los más importantes podemos destacar: parámetros hidrológicos, determinación de clorofila, restauración ecológica, dinámica para la eliminación eficiente de condiciones hipersalinas, influencia de canales construidos artificialmente en el crecimiento del manglar negro forestado, entre otros (Flores-de-Santiago, Rodríguez-Sobreyra, Álvarez-Sánchez, Valderrama-Landeros, Amezcua, Flores-Verdugo, 2023; Flores-de-Santiago, Valderrama-Landeros, Rodríguez-Sobreyra, Flores-Verdugo, 2020; Flores-de-Santiago, Serrano, Flores-Verdugo, Monroy-Torres, 2017; Flores-de-Santiago, Kovacs, Wang, Flores-Verdugo, Zhang, C., González-Farías, 2016; Flores-Verdugo, Ramírez-Barron, Flores-de-Santiago, 2018; Flores-Verdugo, Zebadua-



Penagos, Flores-de-Santiago, 2015). El hallazgo de patógenos vegetales físicamente próximos a las plantas de mango y manglares es un ejemplo de transmisión paralela desde cultivos agrícolas a manglares endémicos. Esto sugiere que las enfermedades agrícolas causadas por hongos generan riesgos potenciales como la antracnosis y pueden tener un impacto ecológico en la biodiversidad de los manglares afectándolos más si están estresados. En este contexto, Grano-Maldonado et al., (2021) realizaron evaluaciones antifúngicas antagonistas de *Tricoderma harzianum* que podrían aplicarse con éxito contra *Colletotrichum* sp. para controlar fitopatógenos en manglares y mangos comerciales. Se necesitan más estudios que incluyan el daño foliar para ampliar el conocimiento actual sobre estas enfermedades de antracnosis para proteger los bosques de manglares en México. El trabajo colaborativo entre instituciones puede impulsar mejoras y soluciones a futuro que puedan extenderse por todo el noroeste mexicano.

▶ LITERATURA CITADA

Arshad, M., Eid, E.M., Hasan, M. (2020). Mangrove health along the hyper-arid southern Red Sea coast of Saudi Arabia. *Environ. Monit. Assess.* 192, 189. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-8140-6>.

Flores-de-Santiago, F., Kovacs, J.M., Wang, J., Flores-Verdugo, F., Zhang, C., Gonzalez-Farías, F. (2016). Examining the influence of seasonality, condition, and species composition on mangrove leaf pigment contents and laboratory based spectroscopy data. *Rem. Sens.* 8, 226. <https://doi.org/10.3390/rs8030226>.

Flores-de-Santiago, F., Serrano, D., Flores-Verdugo, F., Monroy-Torres, M. (2017). Application of a simple and effective method for mangrove afforestation in semiarid regions combining nonlinear models and constructed platforms. *Ecol. Eng.* 103, 244–255. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.04.008>.

Flores-de-Santiago, F., Valderrama-Landeros, L., Rodríguez-Sobreyra, R., Flores-Verdugo, F. (2020). Assessing the effect of flight altitude and overlap on orthoimage generation for UAV estimates of coastal wetlands. *J. Coast Conserv.* 24, 35. <https://doi.org/10.1007/s11852-020-00753-9>.



Flores-de-Santiago, F., Rodríguez-Sobreyra, R., Álvarez-Sánchez, L., Valderrama-Landeros, L., Amezcua, F., Flores-Verdugo, F. (2023). Understanding the natural expansion of white mangrove (*Laguncularia racemosa*) in an ephemeral inlet based on geomorphological analysis and remote sensing data, *Journal of Environmental Management*, 338, 117820. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.117820>.

Flores-Verdugo, F., Ramírez-Barron, E., Flores-de-Santiago, F. (2018). Hydroperiod enhancement using underground pipes for the efficient removal of hypersaline conditions in a semiarid coastal lagoon. *Continental Shelf Res.* 162, 39–47. <https://doi.org/10.1016/j.csr.2018.04.008>.

Flores-Verdugo, F., Zebadua-Penagos, F., Flores-de-Santiago, F. (2015). Assessing the influence of artificially constructed channels in the growth of afforested black mangrove (*Avicennia germinans*) within an arid coastal region. *J. Environ. Manag.* 160, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.06.024>.

Grano-Maldonado, M.I., Ramos-Payan, R., Rivera-Chaparro, F., Aguilar-Medina, M., Romero-Quintana, J.G., Rodríguez-Santiago, A., & Nieves-Soto, M. (2021). First molecular characterization of *Colletotrichum* sp. and *Fusarium* sp. isolated from mangrove in Mexico and the antagonist effect of *Trichoderma harzianum* as an effective biocontrol agent. *Plant Pathol. J.*, 37, 465. doi: 10.5423/PPJ.OA.03.2021.0048.

Jariego, I. M., Holgado, D., Castillo, A. C., Florido del Corral, D., & Gómez Mestres, S. (2023). Children's interaction with ecosystem services in a mangrove forest: Perceptions of fisher folks on the involvement of minors in fishing activities in the Gulf of Fonseca in Honduras. *Ocean & Coastal Management*, 236, 106502. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106502>

Mondal, B., Roy, A., & Saha, A. K. (2022). Vulnerability assessment of mangrove areas in coastal West Bengal, India. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 25, 100680. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2021.100680>

Tovar-Pedraza, J.M., Mora-Aguilera, J.A., Nava-Díaz, C., Lima, N.B., Michereff, S.J., Sandoval-Islas, J.S., Cámara, M.P.S., Téliz-Ortiz, D., Leyva-Mir, S.G. (2020). Distribution and Pathogenicity of *Colletotrichum* Species Associated With Mango Anthracnose in Mexico. *Plant Dis.* 104(1):137-146. doi: 10.1094/PDIS-01-19-0178-RE

Vargas-del-Río, D., & Brenner, L. (2023). Mangroves in transition. Management of community spaces affected by conservation and tourism in Mexico. *Ocean & Coastal Management*, 232, 106439. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106439>

Zhu, Z., Vuik, V., Visser, P. J., Soens, T., van Wesenbeeck, B., van de Koppel, J., Bouma, T. J. (2020). Historic storms and the hidden value of coastal wetlands for nature-based flood defence. *Nature Sustainability*, 3(10), 853-862.