

Polen fósil en sedimentos de manglar de Quintana Roo, México

El polen fósil en sedimentos de manglar es de gran utilidad para interpretar la dinámica e historia de este ecosistema y otros en las zonas costeras. A través de un estudio paleoecológico basado en la palinología, interpretamos la historia ecológica y la variabilidad climática en los sistemas de manglares y vegetación presentes en el Río Hondo, al sur de Quintana Roo (México), durante los últimos 4000 años. Cambios macro y microclimáticos han contribuido en la expansión y retracción de este ecosistema, así como a la transformación del paisaje derivado posiblemente a la presencia de antiguos pobladores mayas y su actividad agrícola.

Palabras clave:
manglares,
paleoambientes,
paleoecología,
palinología, polen fósil

ALEJANDRO ANTONIO ARAGÓN-MORENO Y GERALD
ALEXANDER ISLEBE

El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal,
Av. Centenario Km. 5.5, Col. Pacto Obrero
Campesino, C.P. 77014, Chetumal,
Quintana Roo, México.

alejandro.aragon@ecosur.mx, gislebe@ecosur.mx

Los manglares son ecosistemas dinámicos que proveen a los habitantes de las costas tropicales del mundo un sinfín de beneficios denominados ecosistémicos. Por ejemplo, protegen las costas de la erosión, amortiguan los efectos de huracanes, ofrecen zonas de refugio a muchas especies para su reproducción y desarrollo y guardan en sus sedimentos grandes cantidades de carbono orgánico. En Quintana Roo, las principales especies de manglar que se distribuyen en las costas son el mangle rojo (*Rhizophora mangle* L., Rhizophoraceae), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn., Combretaceae), mangle negro (*Avicennia germinans* L., Acanthaceae) y el mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L., Combretaceae) (Figura 1). Todas las especies de manglar se caracterizan por tolerar distintas condiciones y rangos de salinidad, sin embargo, tienen rangos de tolerancia diferenciales. De manera general, se puede observar cómo se distribuyen a lo largo de las costas, aunque también se puede encontrar mangle rojo (*Rhizophora mangle*) a 135 kilómetros tierra adentro en la Laguna Chichankanab, Quintana Roo, o a una distancia de 170 kilómetros de la costa en otras zonas costeras tropicales del país (Aburto-Oropeza *et al.* 2021). Las principales amenazas a los manglares son el desarrollo turístico, la degradación ambiental y los efectos del cambio climático (Gilman *et al.* 2008, Friess *et al.* 2019). Una de las preguntas clave que surgen sobre la estructura y distribución de manglares en el sur de Quintana Roo es ¿siempre fueron así o han cambiado con el tiempo? y, de ser distintos, ¿cómo influyeron las variaciones en las condiciones ambientales del pasado como cambios en la temperatura, precipitación e hidrodinámica sobre su estructura y distribución?

Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá

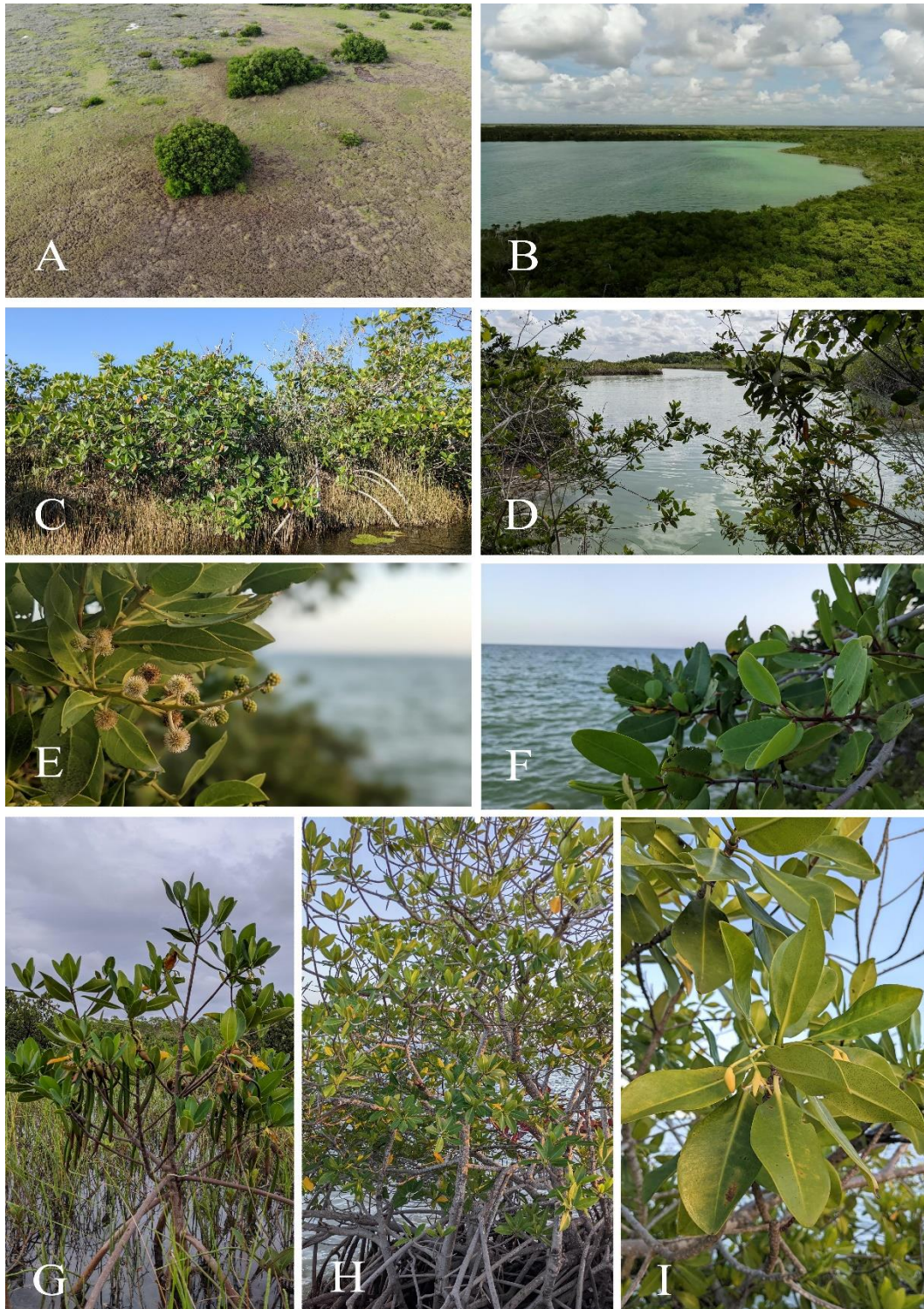


Figura 1. Ecosistemas de manglar al sur de Quintana Roo. **A y B.** Manglar en la desembocadura del Río Hondo; **C y D.** *Rhizophora mangle* L. es la especie dominante y en contacto directo con el Río Hondo y el Mar Caribe en forma de franja, petenes o bosques; **E.** *Conocarpus erectus* L. es la especie acompañante y se encuentra principalmente en la zona de transición hacia vegetación selvática; **F.** La presencia de *Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn. es menos frecuente y generalmente se asocia a zonas perturbadas; **G, H, I.** Detalles de *Rhizophora mangle* L. (**A-B.** Fotografías aéreas tomadas con dron DJI Mavic Air", Gerald Alexander Islebe. **C-I.** Alejandro Antonio Aragón-Moreno).

Para responder estas preguntas recurrimos a la paleoecología, rama de la ecología que se encarga de detectar cambios ecológicos en el pasado. Nos ayuda a entender mejor la dinámica y la historia de los ecosistemas, modificando nuestra visión estática de los mismos; de tal forma que se pueda saber cómo era el paisaje que dominaba en un momento determinado y cómo fue cambiando a través del tiempo, incluyendo cambios en la dominancia de las especies y tipos de vegetación. Así, los estudios paleoecológicos se basan en el análisis de polen y esporas preservados en sedimentos de cuerpos de agua durante largos periodos de tiempo (Islebe 1999). La presencia, ausencia y abundancia de los diferentes tipos de polen, o microfósiles, nos ayuda a interpretar y a describir cambios en la vegetación y el clima. Es así como hemos analizado el contenido de polen fósil de varios sedimentos en manglares del sur de Quintana Roo (Figura 2). Las especies de manglar, al igual que la mayoría de las plantas, producen polen, el cual se deposita y preserva en los sedimentos gracias a que está formado por un compuesto llamado esporopolenina, que es sumamente resistente. Los sedimentos de manglar albergan información relevante sobre las condiciones ambientales pasadas, también llamadas paleoambientales, al mostrar variaciones en la acumulación de sedimentos, tipos y concentración de polen, esporas de hongos y otros microfósiles, así como cambios en la concentración de carbonatos, arenas, limos, arcillas y variaciones en los elementos geoquímicos. Esta información combinada proporciona valiosos datos sobre los cambios ecológicos y la variabilidad climática del pasado.

Por otra parte, estudios paleoecológicos han encontrado que el actual nivel del mar en el Caribe mexicano se estableció hace aproximadamente 6000 años, cuando las masas de hielo polar y glaciares alcanzaron volúmenes similares a los actuales después de miles de años derritiéndose. El aumento del nivel del mar en el pasado ocasionó que la gran mayoría de las lagunas de la península de Yucatán, acumularan masas de agua a un nivel similar al actual debido a que el agua subterránea igualmente incrementó, permitiendo su acumulación en el subsuelo y sistemas lagunares costeros. Sin embargo, durante los últimos 4000 años (Holoceno tardío), se han registrado fuertes cambios en la precipitación con una tendencia paulatina a la disminución, que propiciaron cambios en la salinidad del suelo, así co-

mo la disponibilidad de agua y la reducción de suelos aptos para el desarrollo de extensos bosques de manglar, a los cuales las especies de manglar se tuvieron que adaptar. En los estudios realizados en sedimentos del Río Hondo (Aragón-Moreno *et al.* 2018), usando los granos de polen fósiles resguardados en los sedimentos de manglar, se observan cambios de paisaje. La zona de manglar del Río Hondo está rodeada por selvas bajas y medianas que, a su vez, expulsan polen al aire que es depositado en las capas del sedimento.

Hace 4000 y 3500 años antes del presente, el mangle rojo y el mangle botoncillo eran los manglares dominantes con condiciones climáticas estables, muy similares en temperatura y precipitación anual promedio (26° y 1200 mm anuales, respectivamente) a las actuales. En este período también observamos la presencia del maíz, indicando las primeras prácticas agrícolas de los antiguos pobladores de la región del Río Hondo (Figura 3). Una reducción constante de la precipitación hace alrededor de 3500 años favoreció la presencia del mangle blanco en la zona, indicada por el aumento en la cantidad/presencia de polen de esta especie. Dicha reducción de precipitación se debe, principalmente, al fortalecimiento del El Niño-Oscilación del Sur, un fenómeno oceánico-atmosférico que ocurre en el Océano Pacífico ecuatorial que afecta, de alguna forma, a todo el sistema climático global, incluido el Mar Caribe.

Estas condiciones ambientales más secas duraron unos 300 a 500 años, hasta que nuevamente aumentan los granos fósiles del mangle rojo y de mangle negro, acompañado de polen de especies típicas de selvas aledañas, como son el jabín (*Piscidia piscipula* L., Fabaceae) y el tinto (*Haematoxylum campechianum* L., Fabaceae), ya'ay tiik (*Gymnanthes lucida* Sw., Euphorbiaceae), ramón (*Brosimum alicastrum* Sw., Moraceae) y álamo (*Ficus cotinifolia* Kunth, Moraceae).

Entre 3000 y 2800 años antes del presente, nuevamente fuertes reducciones de la precipitación, debido a los efectos de El Niño, causaron una reducción de la cobertura vegetal, y se observa un aumento de polen fósil de pastos y asteráceas. A partir de 2500 años antes del presente, en la región del Río Hondo se observan cambios en el paisaje de duración multi-decadal, donde el mangle rojo aumenta, elementos indicadores de disturbio como gramíneas y asterá-



Figura 2. Sitio de muestreo al sur de Quintana Roo, en la desembocadura del Río Hondo (A), donde, a través del análisis de los sedimentos de manglar (B), se pueden identificar granos de polen de mangle rojo (*Rhizophora mangle* L.) (C), mangle botoncillo (*Conocarpus erectus* L.) (D), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* (L.) C.F. Gaertn.) (E) y mangle negro (*Avicennia germinans* L.) (F), entre otros, que en su conjunto permiten reconstruir la historia de la vegetación y clima de la región. (Diagrama original de Alejandro Antonio Aragón-Moreno).

ceas también aumentan, mientras la vegetación selvática disminuye a causa de las actividades de la antigua cultura Maya. A lo largo de esta escala milenaria, el mangle botoncillo es la especie que muestra una mayor presencia. Esto es debido a sus capacidades de adaptación a condiciones hidrológicas cambiantes. Además, el mangle botoncillo se adapta rápidamente a los espacios que deja el mangle rojo. El patrón aquí descrito se puede ver en otros estudios paleoecológicos en Quintana Roo (Islebe y Sánchez 2002, Torrescano-Valle y Islebe 2006). Esto se puede interpretar como una dinámica de dos vías: 1) los efectos macro-climáticos que actúan a una escala centenaria a milenaria sobre los ecosistemas, y 2) los efectos ecológicos que actúan a una escala anual a decadal.

De los determinantes macro-climáticos más importantes podemos mencionar dos principales: la zona de convergencia intertropical (ITCZ por sus siglas en inglés) y el efecto El Niño-Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés). Adicionalmente, desde los últimos 4000 años se agrega otro factor para entender la dinámica de los manglares: el ser humano. Los efectos ecológicos de escala anual a decadal pueden atribuirse a los humanos y a su intervención sobre los manglares en el Holoceno tardío, reflejado en la reducción de la cobertura arbórea, el cultivo de maíz cerca de cuerpos de agua y un aumento en especies vegetales herbáceas como algunos helechos, gramíneas y asteráceas. En resumen, podemos observar que los sedimentos reflejan los tipos de vegetación imperante en cada periodo de

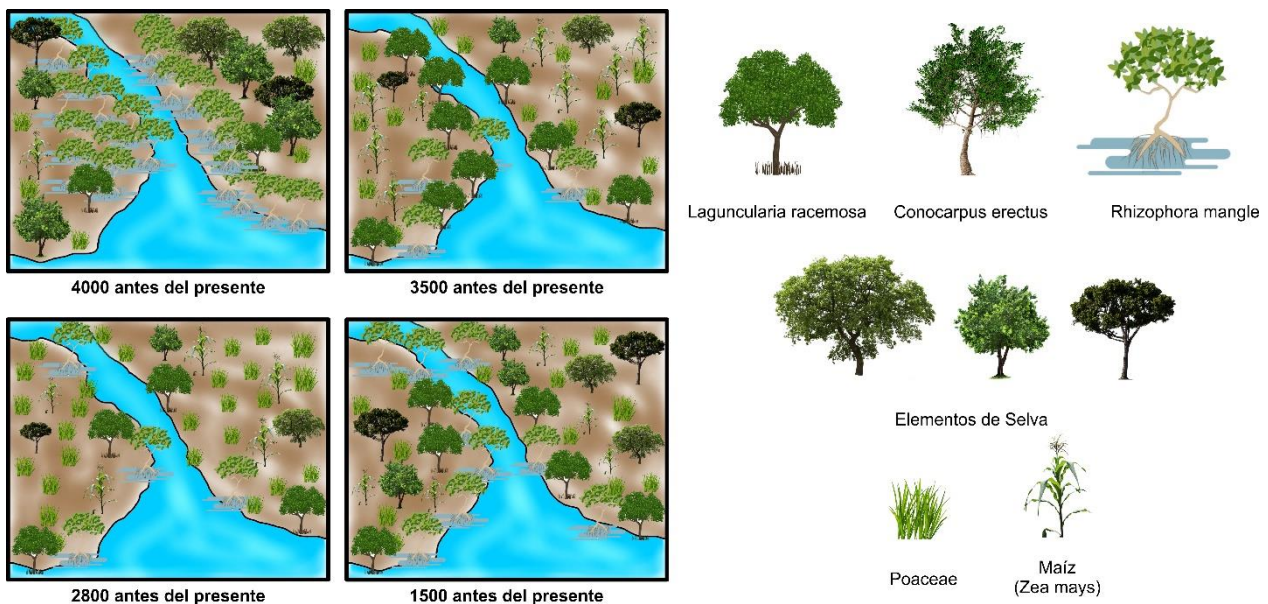


Figura 3. Representación gráfica de la composición y estructura de los manglares y vegetación circundante cerca de la desembocadura del Río Hondo al sur de Quintana Roo, en distintas épocas de los últimos 4000 años, basado en el análisis del polen fósil en sedimentos de manglar en la desembocadura del Río Hondo, al sur de Quintana Roo. A la izquierda se presenta la representación gráfica de algunas especies de manglar, así como elementos selváticos detallados en el texto, Poaceae como elementos de disturbio y maíz (*Zea mays* L.) como indicador de actividad agrícola. (Diagrama original de Alejandro Antonio Aragón-Moreno).

tiempo, y el polen fósil es un fiel indicio de las condiciones ambientales y su variabilidad.

Referencias

- Aburto-Oropeza O., Burelo-Ramos C.M., Ezcurra E., Ezcurra P., Henríquez C.L., Vanderplank, S. E. y Zapata F. 2021.** Relict inland mangrove ecosystem reveals Last Interglacial sea levels. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 118. doi:10.1073/pnas.2024518118.
- Aragón-Moreno A.A., Islebe G.A., Roy P.D., Torrescano-Valle N. y Mueller A.D. 2018.** Climate forcings on vegetation of the southeastern Yucatán Peninsula (Mexico) during the middle to late Holocene. *Palaeogeography, Palaeclimatology, Palaecology* 495: 214–226.
- Friess D.A., Rogers K., Lovelock C.E., Krauss K.**

- Hamilton S.E., Lee S.Y., Lucas R., Primavera J., Rajkaran A. y Shi S. 2019.** The State of the World's Mangrove Forests: Past, Present, and Future. *Annual Review of Environment and Resources* 44: 89–115.
- Gilman E.L., Ellison J., Duke N.C. y Field C. 2008.** Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review. *Aquatic Botany* 89: 237–250.
- Islebe G. 1999.** La paleoecología: bases y su aplicación. *Foresta Veracruzana* 1: 47–50.
- Islebe G. y Sánchez O. 2002.** History of Late Holocene vegetation at Quintana Roo, Caribbean coast of Mexico. *Plant Ecology* 160: 187–192.
- Torrescano-Valle N. y Islebe G. 2006.** Tropical forest and mangrove history from southeastern Mexico: a 5000 yr pollen record and implications for sea level rise. *Vegetation History Archaeobotany* 15: 191–195.

Desde el Herbario CICY, 14: 101–106 (19-mayo-2022), es una publicación semanal editada por el Herbario CICY del Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., con oficinas en Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Tel. 52 (999) 942-8330 Ext. 110, www.cicy.mx/Sitios/Desde_Herbario/, webmas@cicy.mx. Editores responsables: Rodrigo Duno de Stefano, Diego Angulo y Lilia Lorena Can Itzá. Reserva de Derechos al Título Exclusivo No. 04-2016-041413195700-203, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, ISSN: 2395-8790. Responsable de la publicación: José Fernely Aguilar Cruz, Calle 43 x 32 y 34 No. 130, Col. Chuburná de Hidalgo, C.P. 97205, Mérida, Yucatán, México. Fecha de última modificación: 19 de mayo de 2022. Las opiniones expuestas por los autores no necesariamente expresan la postura del editor de la publicación. De la misma manera, la responsabilidad sobre la veracidad y la precisión de los contenidos, le corresponde totalmente a los autores de los ensayos.