Desde el Herbario CICY
17: 25-30 (30/enero/2025)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

De la fisiología a la restauración de manglares: *Rhizophora mangle* L. en camino a la independencia

DIANA J. CISNEROS DE LA CRUZ[1], JOSÉ LUIS ANDRADE[2]

[1]Escuela Nacional de Estudios Superiores, Mérida, UNAM. Tablaje Catastral N°6998, Carretera Mérida-Tetiz Km. 4.5, 97357, Municipio de Ucú, Yucatán, México.
[2]Unidad de Recursos Naturales, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Calle 43 No. 130 x 32 y 34, Chuburná de Hidalgo, 97205, Mérida, Yucatán, México.
cisnerosdelacruzdiana@hotmail.com

Resumen: Los manglares, bosques entre el mar y la tierra, sin duda son excepcionales. Además de su increíble belleza, son ecosistemas asombrosos que crecen en la zona intermareal donde otras plantas no podrían. Estos árboles y arbustos crecen en suelos fangosos, expuestos a un amplio rango de inundaciones y salinidad. ¿Cómo es que lo logran? Tienen adaptaciones, que bien podrían parecer súper poderes. Desde que son pequeñas plántulas comienza el camino para su independencia funcional, respondiendo al ambiente variable de salinidad e inundación al que pueden enfrentarse ¿Cómo entender estas adaptaciones puede ayudarnos a salvar los manglares?

Palabras clave: Ecofisiología, servicios ecosistémicos, viviparidad.

Gobierno de México | Ciencia y Tecnología Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación | CICY

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
CICY

Desde el Herbario CICY
17: 25-30 (30/enero/2025)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

El bosque entre el mar y la tierra

Los manglares son bosques que crecen mayormente en la zona intermareal, es decir entre el mar y la tierra, de los trópicos y subtrópicos de todo el mundo. Estos increíbles bosques brindan numerosos servicios ecosistémicos como son protección de las costas, guardería de peces y moluscos, hábitat de diversas especies, almacenes de carbono, entre otros. Además de ser maravillosos por todo lo que hacen por nosotros, las especies de manglar que los conforman son excepcionales. A través de millones de años de evolución han desarrollado adaptaciones que les permiten crecer en suelos inestables, inundados (en diferentes niveles y frecuencias) y bajo un amplio rango de salinidad.

Crecer en la zona intermareal es un reto, más aún si pensamos en las pequeñas plántulas, etapa del ciclo de vida cuando los individuos suelen ser más vulnerables. Su establecimiento es sin duda una etapa crucial en la dinámica de los bosques de manglar y clave si pensamos en su restauración. En esta etapa inicial, las plántulas están expuestas a mareas constantes que pueden arrastrarlas fácilmente a sitios muy inundados. Además, si la salinidad es muy alta, puede llegar a ser tóxica y provocar la muerte de las plántulas durante su desarrollo (Krauss *et al*. 2008). Entonces, ¿cómo es que ante toda esta adversidad los pequeños mangles se abren camino, cruzando grandes distancias y colonizando nuevos territorios?

En camino a la independencia

Un ejemplo de éxito es el mangle rojo, *Rhizophora mangle* L., una de las especies de mangle más abundantes y más ampliamente distribuida en México. Al igual que otras especies del manglar, *R. mangle* es una especie vivípara. Es decir, sus semillas germinan aun estando en la planta madre, emergiendo a través del fruto una plántula de forma cilíndrica y alargada también conocida como propágulo (Figura 1A). Estos además son la unidad de dispersión, con la capacidad de flotar y viajar grandes distancias a través de ríos, estuarios y mares. El propágulo está conformado por una gran proporción de tejido lleno de gases que le permite flotar, llamado aerénquima, además de tejidos para almacenar reservas (Figura 1B). La formación de este propágulo puede durar hasta nueve meses en la planta madre, tiempo durante el cual almacena reservas; ya maduro cae para emprender su viaje hacia la independencia.

Una vez que el propágulo encuentra un sitio adecuado, las raíces emergen para anclarse y comenzar su establecimiento. Las condiciones de inundación, salinidad y disponibilidad de nutrientes pueden ser similares o muy diferentes al de la planta madre (Proffit y Travis 2010). Ante ello, el propágulo y las reservas dadas por la planta madre amortiguan las nuevas adversidades durante su independencia (Dissanayake *et al*. 2014). Estas le permiten sobrevivir y adaptarse a su nuevo estilo de vida; pensémoslo como un ahorro que da su madre a su hijo antes de mudarse por primera vez. Sin embargo, como bien sabemos, las reservas (y los ahorros) no son eternas, por lo que antes de que se agoten, las plántulas deben haber desarrollado las estrategias funcionales que les permitan crecer en el sitio en donde se encuentren. Es decir, gastar esos ahorros según las condiciones de salinidad, inundación y, disposición de nutrientes minerales, así como la capacidad para conseguir nuevos recursos a través de la fotosíntesis en las nuevas hojas.

Para lograr un establecimiento exitoso este ocurre en dos etapas: temprana y tardía (Cisneros-de la Cruz 2019). La primera etapa es una fase de reconocimiento, acompañado por un primer pulso de crecimiento rápido usando las

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
CICY

Desde el Herbario CICY
17: 25-30 (30/enero/2025)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

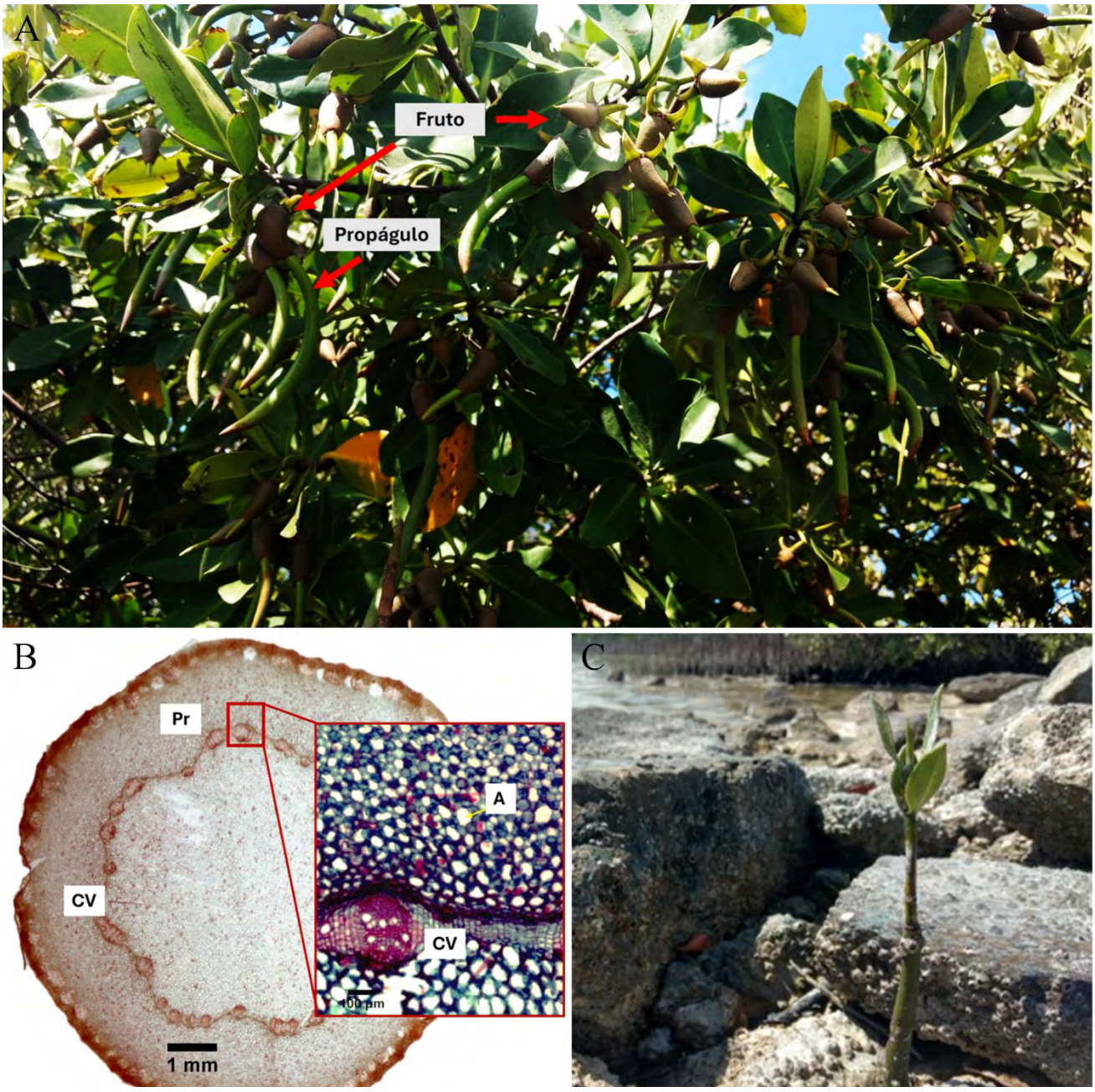

Figura 1A. Frutos de *Rhizophora mangle* L. en diferentes estados de germinación. **B.** Corte anatómico transversal del propágulo de *R. mangle.* Se observa el A: Aerénquima, tejido para almacenar y transportar gases, el Pr: Paréquima de reserva y el CV: Cilindro Vascular en donde ocurre el transporta el agua del suelo a las hojas. **C.** Anclaje de *R. mangle* durante su establecimiento temprano y la formación de primeras hojas con las reservas del propágulo.

Ciencia y Tecnología
Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
CICY

Desde el Herbario CICY
17: 25-30 (30/enero/2025)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

reservas de mamá. Las raíces emergen, las plántulas se anclan y las primeras hojas comienzan a crecer (Figura 1C). Al mismo tiempo que la planta comienza a recibir señales sobre la disponibilidad de agua, la salinidad y la incidencia de luz. En sitios menos salinos, con más agua disponible y mayor luz, las plantas pueden usar los ahorros con más holgura y crecer rápidamente; mientras que en sitios más salinos y con menos luz, el crecimiento es más lento y las reservas se usan con más mesura (Figura 2). Este primer crecimiento rápido otorga mayor resistencia mecánica ante el arrastre de las mareas y permite al tallo de las plántulas alargarse lo suficiente en zonas inundadas para poder respirar como si fuese un esnórquel.

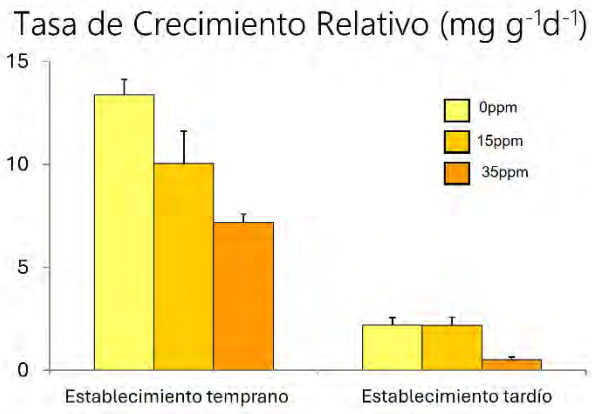

Figura 2. La gráfica refleja la tasa de crecimiento relativo, dado como el crecimiento en gramos (g) por tiempo (d, días) en diferentes condiciones de salinidad (ppm, partes por mil) durante el establecimiento temprano y tardío de plántulas de *R. mangle*. A mayor salinidad se observa una tasa de crecimiento menor, es decir más lento.

Después de este reconocimiento viene la fase de establecimiento tardío, cuando las plántulas han agotado las reservas y han logrado una independencia funcional. Es decir, son capaces de crecer por sí mismas, a través de la fotosíntesis que realizan en sus hojas nuevas, ya sin las reservas que le brindó mamá. Con la experiencia heredada en los genes y las reservas de mamá, las plántulas pueden ahora lidiar con las condiciones específicas de salinidad y luz en las que se encuentren. Así, en sitios con mayor salinidad su crecimiento será más lento, con estrategias más conservadoras de agua como puede ser el desarrollo de hojas más pequeñas para evitar la pérdida de agua durante la fotosíntesis. Mientras que en sitios con menor salinidad las plántulas pueden crecer más rápidamente y tener una estrategia más eficiente con el uso agua disponible (Cisneros-de la Cruz *et al.* 2022).

De la fisiología a la restauración de manglares

A pesar de la gran importancia de los manglares, su extensión y salud han disminuido, tanto por causas naturales, como por actividades humanas. Por lo tanto, los esfuerzos mundiales para su conservación y restauración se han incrementado durante la última década (Friess *et al.* 2020). Una de las técnicas más comunes para su recuperación es la reforestación. Sin embargo, si esta se realiza sin un adecuado análisis previo, termina en bajas tasas de supervivencia y un despilfarro de recursos económicos (Gorman *et al.* 2022). Esto se debe a que generalmente las plántulas son cultivadas en viveros en donde crecen "consentidas". Es decir, con gran disponibilidad de agua dulce (riego constante) y baja exposición solar (uso de malla sombra). Al crecer bajo estas condiciones las plántulas

Desde el Herbario CICY
17: 25-30 (30/enero/2025)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

desarrollan estrategias funcionales que responden a la disponibilidad de recursos, es decir, un uso rápido de las reservas y un crecimiento rápido. Sin embargo, al ser plantadas en el sitio a reforestar las condiciones son adversas, muy contrarias a las del vivero. Entonces las estrategias desarrolladas resultan contraproducentes para este nuevo ambiente, resultando en la muerte de muchas de ellas.

Conocer el camino hacia la independencia funcional de las plántulas de *R. mangle* y de otras especies de mangle es crítico para entender su respuesta ante el ambiente cambiante resultado del cambio climático, además de ser una etapa crucial para el éxito de la restauración de estos ecosistemas. La restauración de manglares siempre debe considerar la previa recuperación de las condiciones ambientales para que las plántulas puedan crecer de acuerdo con su tolerancia específica a la salinidad e inundación (Teutli *et al*. 2020). En caso de que se usen viveros, estos deben considerar las estrategias funcionales que las plántulas desarrollarán en respuesta a las condiciones del vivero, para que sean acordes al sitio en restauración donde serán plantadas. Así se incrementará su supervivencia y se desarrollará un manglar más resiliente. Integrar la Fisioecología, es decir cómo funcionan y responden las plántulas de mangle al ambiente, en la restauración permitirá utilizar técnicas más eficientes y eficaces para recuperar los valiosos servicios ecosistémicos que proporcionan los asombrosos bosques de manglar.

Referencias

Cisneros- de la Cruz D.J. 2019. Variabilidad genética, anatómica y fisiológica de *Rhizophora mangle* L. en la península de Yucatán. Tesis Doctorado, Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C., Mérida, Yucatán, México. https://cicy.repositorioinstitucinal.mx/jspui/handle/1003/1627

Cisneros-de la Cruz D.J., Yáñez-Espinosa L., Reyes-García C., Us-Santamaria R. y Andrade J.L. 2022. Hydraulic architecture of seedlings and adults of *Rhizophora mangle* L. in fringe and scrub mangrove. *Botanical Sciences* 100: 370-382. https://doi.org/10.17129/botsci.2906

Dissanayake N.P., Madarasinghe S.K., Kodikara K.A.S., Jayatissa L.P., Perera A.J.D., Koedam N. y Dahdouh-Guebas F. 2014. Preliminary study on the propagule dependency of *Rhizophora* seedlings. *Journal of the Department of Wildlife Conservation* 2: 141-151. https://serm.ulb.be/wp-content/uploads/2022/01/110_propaguledependency2014.pdf

Friess D.A., Yando E.S., Abuchahla G.M.O., Adams J.B., Cannicci S, Canty S.W.J., Cavanaugh K.C., Connolly R.M., Cormier N., Dahdouh-Guebas F., Diele K., Feller I.C., Fratini S., Jennerjahn T.C., Lee S.Y., Ogurcak D.E., Ouyang X., Rogers K., Rowntree J.K., Sharma S., Sloey T.M., Wee A.K.S. 2020. Mangroves give cause for conservation optimism, for now. *Current Biology* 30: R153-R154. https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.12.054

Gorman D., Vanderklift M.A., Lafratta A. 2022. Quantitative Analysis of Methodological and Environmental Influences on Survival of Planted Mangroves in Restoration and Afforestation. *Forests* 13:404. https://doi.org/10.3390/f13030404

Krauss K.W., Lovelock C.E., McKee K.L., López-Hoffman L., Ewe S.M.L. y Sousa W. P. 2008. Environmental driver in mangrove establishment and early development: A review. *Aquatic Botany* 89: 105-127.

Desde el Herbario CICY
17: 25-30 (30/enero/2025)
Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
http://www.cicy.mx/sitios/desde_herbario/
ISSN: 2395-8790

https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.12.014

Proffit C.E. y Travis S.E. 2010. Red Mangrove Seedling Survival, Growth, and Reproduction: Effects of environment and Maternal Genotype. *Estuaries and Coasts* 33: 890-901. https://doi.org/10.1007/s12237-010-9265-6

Teutli-Hernández C., Herrera-Silveira J.A., Cisneros-de la Cruz D.J. y Roman-Cuesta R. 2020. *Guía para la restauración ecológica de manglares: Lecciones aprendidas*. Proyecto, Mainstreaming Wetlands into the Climate Agenda: A multi-level approach (SWAMP). CIFOR/CINVESTAV-IPN/UNAM-Sisal/PMC. 40 pp. https://doi.org/10.17528/cifor/007794

Desde el Herbario CICY, 17: 25-30 (30-enero-2025), 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: Germán Carnevali, Patricia Rivera Pérez y José Luis Tapia Muñoz. 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: 30 de enero de 2025. 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.