

El mangle negro, el árbol más salado

En algunos lugares de América Latina, "estar salado" significa tener mala suerte o estar bajo una especie de maldición o envidia. Este término también se podría aplicar a los árboles debido a que un exceso de sal afecta el funcionamiento de la planta. Sin embargo, existen plantas que toleran la salinidad, conocidas como halófitas, que por medio de adaptaciones morfológicas y fisiológicas logrando ser competitivas en ambientes salinos. Una de estas adaptaciones son las glándulas salinas, que presentan solo algunas especies. En este ensayo hablaremos por qué el mangle negro es el árbol más salado.

Palabras clave:
Adaptación, *Avicennia germinans*, glándulas salinas, halófitas, manglares.

KARINA ELIZABETH GONZÁLEZ MUÑOZ Y JOSÉ LUIS ANDRADE

Centro de Investigación Científica de Yucatán, A.C.
Calle 43 # 130 x 32 y 34, Col. Chuburná de Hidalgo
CP. 97205, Mérida, Yucatán, México.
karina.gonzalez@estudiantes.cicy.mx

La mayoría de las plantas no sobreviven en terrenos pantanosos con poco oxígeno y agua salobre, pero existen plantas capaces de tolerar la salinidad, conocidas como halófitas (del griego halos = sal y phyton = planta). Los manglares son un ejemplo de árboles halófitos los cuales han logrado adaptarse a las condiciones extremas de radiación, inundación y salinidad. Sin embargo, no todas las especies de manglares tienen la misma tolerancia a la salinidad. La especie, *Avicennia germinans* L. o mangle negro se destaca por ser una especie de mangle con mayor tolerancia a la salinidad, gracias a su habilidad para expulsar la sal por las hojas (Esteban *et al.* 2012).

El mangle negro es un árbol nativo de las zonas tropicales y subtropicales de América, desde Estados Unidos de América (Florida), México, Centro América, hasta Sur América (Perú, Ecuador y Brasil) y las Antillas (Dodd *et al.* 2002).

A pesar de los desafíos que enfrenta por el exceso de sal, el mangle negro es capaz de crecer y desarrollarse. Sin embargo, el tamaño del mangle negro puede variar debido a la salinidad, el hidroperiodo y los nutrientes del entorno, lo que crea diferentes ecotipos, como son: franja, cuenca, ribereño y chaparro (Lugo y Snedaker 1974).

Por ejemplo, el ecotipo de cuenca está principalmente influenciado por las mareas, lo que significa que el nivel de salinidad puede variar dependiendo la frecuencia de inundación. Debido a esto, los árboles pueden alcanzar tamaños superiores a los 6 metros. En cambio, el ecotipo chaparro se caracteriza por estar en áreas con restricciones hidrológicas, mostrando altos niveles de evaporación, salinidad elevada y bajo contenido de nutrientes. En estas condiciones, los árboles raramente superan los 2 metros de altura (Ewel *et al.* 1998) (Figura 1).

¿Qué tan mala puede ser la sal?

Cuando un árbol absorbe agua y nutrientes minerales a través de sus raíces, un exceso de cualquier nutriente mineral puede tener consecuencias negativas. Por ejemplo, la sal puede provocar deshidratación y muerte celular en las raíces (Rico-Gray y Palacios-Ríos 1996). Además, si llega una gran cantidad de sal a las hojas esto puede ocasionar daños en las estructuras foliares, como: la cutícula, la epidermis, el mesófilo y los estomas; afectando negativamente la fotosíntesis y la respiración. Esto se debe a que la sal puede interferir con la síntesis de proteínas y la actividad enzimática en la planta (Nobel 2020).

En los manglares, cotidianamente el suelo contiene niveles muy altos de sal, lo que disminuye la presencia de agua pura y resulta en un aumento de solutos. Esto afecta la capacidad del suelo para retener agua (por la disminución del potencial osmótico) (Nobel 2020). Para adaptarse a este ambiente tan salino, las hojas de los manglares desarrollan un potencial osmótico inferior al del suelo, permitiéndoles absorber el agua necesaria para sobrevivir en este entorno (Scholander 1968).

¿Cuánto es mucho?

La mayoría de las especies de árboles pueden tolerar concentraciones de sal de hasta el 0.1 % en el suelo, lo que significa que, por cada millón de partículas en el suelo, hay alrededor de 1000 partículas de sal. Esta medida se conoce como partes por millón (ppm). Sin embargo, hay especies, como la *Salicornia* sp, la *Araucaria heterophylla* (Salisb.) Franco o lo manglares que pueden tolerar niveles considerablemente más altos de salinidad (Coc-Coj *et al.* 2020).

De acuerdo con McKee (1993) el mangle negro puede crecer en suelos con concentraciones de sal que van de los 45,000 a 60,000 ppm. Para adaptarse al exceso de sal que ingresa a su sistema al absorber el agua, el mangle negro presenta glándulas salinas en la superficie de sus hojas, las cuales liberan la sal que se acumula dentro de las hojas. Aunque esto puede parecer que las hojas generan su propia sal, en realidad solo la expulsan (Parida y Jha 2010).

Glándulas salinas: una forma de sobrevivir a un exceso de sal

A diferencia de otras especies de árboles que filtran la sal a través de sus raíces, el mangle negro

tiene dos formas de liberar la sal de forma pasiva y activa. La forma activa es por medio de pequeñas glándulas en la parte superior e inferior que liberan la sal acumulada. Este proceso, impulsado por una actividad llamada ATPasa, es más activo durante la noche y la mañana, especialmente en condiciones de alta humedad (Lambers *et al.* 2019). Cuando las plantas liberan sal, las hojas se cubren con gotas saladas (iones de sal Na⁺ y Cl⁻). En días soleados, al evaporarse el agua, se forman cristales de sal en las hojas, dándoles un tono blanco (Esteban *et al.* 2012) (Figura 1).

Por otra parte, la forma pasiva ocurre a través de la constante renovación de hojas, siendo este proceso parte fundamental de su ciclo de vida perennifolio. A diferencia de las plantas caducifolias, que pierden hojas estacionalmente, el mangle mantiene sus hojas todo el año, facilitando así la pérdida gradual de sal. Cuando la hoja completa su ciclo, deja de retener sal debido al cese de nutrientes; sin embargo, no se considera como un mecanismo específico para deshacerse de la sal (Cram *et al.* 2002).

De estas dos maneras, el mangle negro libera la sal de su sistema y mantiene un equilibrio adecuado de agua y nutrientes convirtiéndolo en uno de los árboles más resistentes y capaces de prosperar en ambientes salinos.

Los manglares: el oasis en un mundo que cada vez está más salado

La característica de tolerar ambientes salinos extremos tiene un gran potencial para abordar cuestiones ambientales críticas. La desertificación por salinización de los suelos es un problema cada vez más común y el cambio climático global solo lo está agravando. Los factores ambientales que influyen en el incremento de la sal en el medio son principalmente: clima seco y cálido, topografía, suelos arcillo-limosos, proximidad al mar, cambio de uso de suelo por factores antropogénicos y la geología (rocas que contienen minerales ricos en sal). Estos factores pueden interactuar entre sí y crear condiciones que favorezcan la acumulación de sal en el suelo (Vidal Torrado *et al.* 2020).

Las adaptaciones de las halófitas, como la capacidad de filtrar la sal del agua y excretarla a través de las hojas, pueden ser valiosas para enfrentar este problema y proteger los suelos de la degradación. Por lo tanto, estudiar estas plantas es fundamental pa-



Figura 1. Desarrollo del Árbol *Avicennia germinans* (L.) L. (Acanthaceae) en dos ecotipos contrastantes: **A.** Ecotipo chaparro. **B.** Ecotipo de cuenca. **C.** Hoja de *A. germinans* con acumulación de sal. (Fotografías: Julio Salas Rabaza y Karina Elizabeth González).

ra encontrar soluciones sostenibles a los desafíos ambientales actuales.

No obstante, es crucial señalar que los manglares se encuentran en la Norma Oficial Mexicana 059 (NOM-059, SEMARNAT 2010), indicando su situación de riesgo. Aunque poseen una notable resistencia a la salinidad, el constante deterioro de su hábitat amenaza su sobrevivencia. La preservación de estos ecosistemas es esencial no solo para su existencia, sino también para mantener la biodi-

versidad y la salud de los ecosistemas marinos. Urge tomar medidas de conservación y promover prácticas sostenibles para asegurar la supervivencia a largo plazo de los manglares.

Al final del día, lo que puede afectar más al manglar negro son las actividades humanas y no la sal.

Agradecimientos: a Julio Salas Rabaza, Julia Sarahi Balam Diaz, Alexis Cadena Ramos, Sara Gabriela

Cerón Aguilera y Reyna Chan Balan, compañeros del curso de comunicación de la ciencia por dedicar tiempo para la revisión de este manuscrito en sus distintas etapas.

Referencias

- Coc-Coj O., Cámara-Mota A., González-Cortés N. y Jiménez-Vera R. 2020.** La salicornia: una planta halófila con propiedades funcionales. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 7(1), 26–38.
- Cram J.W., Torr P.G. y Rose D.A. 2002.** Salt allocation during leaf development and leaf fall in mangroves. *Trees - Structure and Function* 16(2–3), 112–119.
- Dodd R.S., Afzal-Rafii Z., Kashani N. y Budrick J. 2002.** Land barriers and open oceans: effects on gene diversity and population structure in *Avicennia germinans* L. (Avicenniaceae). *Molecular Ecology* 11(8), 1327–1338.
- Esteban R., Fernández-Marín B., Hernandez A., Jiménez E.T., León A., García-Mauriño S., Silva, C.D., Dolmus J.R., Dolmus C.M., Molina M.J., Gutierrez N.N., Loaisiga M.I., Brito P. y García-Plazaola J.I. 2012.** Salt crystal deposition as a reversible mechanism to enhance photoprotection in black mangrove. *Trees - Structure and Function* 27(1), 229–237.
- Ewel K.C., Twilley R.R. y Eong-Ong J. 1998.** Different Kinds of Mangrove Forests Provide Different Goods and Services. *Global Ecology and Biogeography Letters* 7(1), 83–94.
- Lambers H., Chapin F.S. y Pons T.L. 2008.** *Plant Physiological Ecology: Second Edition* 1–604.
- Lugo A.E. y Snedaker S.C. 1974.** The Ecology of Mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5(1), 39–64.
- McKee K.L. 1993.** Soil Physicochemical Patterns and Mangrove Species Distribution--Reciprocal Effects? *The Journal of Ecology* 81(3), 477.
- Nobel P.S. 2020.** Physicochemical and Environmental Plant Physiology. In *Physicochemical and Environmental Plant Physiology* (5th ed.). Academic Press.
- Parida A.K. y Jha B. 2010.** Salt tolerance mechanisms in mangroves: A review. *Trees - Structure and Function*, 24(2), 199–217.
- Rico-Gray V. y Palacios-Ríos M. 1996.** Salinidad y el nivel del agua como factores en la distribución de la vegetación en la ciénaga del NW de Campeche, México. *Acta Botanica Mexicana* 34(34), 53–61.
- Scholander P.F. 1968.** How Mangroves Desalinate Seawater. *Physiologia Plantarum*, 21(1), 251–261.
- SEMARNAT. 2010.** Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental– Especies nativas de México de flora y fauna silvestres– Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio– Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación 30 diciembre, 2010.
- Vidal Torrado P., Otero X.L., Ferreira T., Souza Júnior V.S. de, Bicego M., García-González M.T. y Macías F. 2020.** Suelos de Manglar: Características, génesis e impactos antrópicos. *Edafología* 12(3): 199-244

Desde el Herbario CICY, 16: 68-71 (11-abril-2024), 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, Patricia Rivera Pérez 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: 11 de abril de 2024. 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.