

Recibido: 27.06.2017 | Aceptado: 29.09.2017

Palabras clave: Adaptación anatómica, inundación, manglar y salinidad.

# ¿Cómo se adaptan las plantas leñosas en el manglar?

**LAURA YÁÑEZ ESPINOSA**

*lyaneze@uaslp.mx*

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE ZONAS DESÉRTICAS, UASLP

**GUILLERMO ÁNGELES**

*guillermo.angeles@inecol.mx*

INSTITUTO DE ECOLOGÍA, A.C.

Los manglares son hábitats con características acuáticas y terrestres, ya que se localizan en costas protegidas, marismas y desembocaduras de ríos que reciben aporte de agua dulce y de mar. Se caracterizan por la presencia de una o varias especies de mangle, es decir, árboles y arbustos leñosos de 1 a 30 metros (m) de altura (Conabio, 2006) (figura 1). Se distribuyen principalmente a lo largo de las costas tropicales de América, África y Asia entre 25° N y 25° S.

Brindan una gran variedad de servicios ambientales como zonas de alimento y refugio para peces y crustáceos, protegen las costas como barreras contra huracanes y sirven como control de inundaciones y refugio de flora y fauna silvestre (Conabio, 2006).

Pero ¿cómo logran sobrevivir en este ambiente? Las adaptaciones anatómicas de las especies que crecen en el manglar son relevantes desde el punto

de vista ecológico, debido al ambiente inundado y con alto nivel de salinidad en el que por lo regular habitan (figura 2). Existe gran variabilidad en las especies de mangle, sus adaptaciones estructurales incluyen raíces aéreas que favorecen la oxigenación de la porción de la planta que queda cubierta por el agua durante la inundación, hojas gruesas y desarrollo de las semillas en el interior del fruto.

La madera —el tejido especializado que conduce agua, compuestos inorgánicos y orgánicos en los tallos de los árboles—, tiene una fuerte influencia en la estructura y función de las hojas, la ganancia de carbono, la eficiencia en el uso de nutrientes y la tasa de crecimiento. Estas modificaciones son importantes para explicar y comprender los posibles efectos del aumento previsto del nivel del mar como consecuencia del calentamiento global, ya que todos los manglares se encuentran expuestos al efecto de la marea

Figura 1.



Manglar con árboles de *Laguncularia racemosa* y *Rhizophora mangle*.

alta y baja, así que es evidente que serán afectados directamente por cualquier cambio en el nivel del mar.

### Modificación de la anatomía de la madera del tallo

La madera de las especies de mangle de *Rhizophora*, *Laguncularia*, *Conocarpus* y *Avicennia* presenta modificaciones en los vasos, para ser más específicos en su frecuencia, proporción (de los que están agrupados), diámetro y longitud, así como en el grosor en la pared de fibra, debido a la variación en la salinidad y el nivel de inundación. Estas tendencias se han discutido en relación con la eficiencia en la conductividad de agua y la seguridad al evitar la cavitación o formación de cavidades llenas de vapor en los vasos que conducen el agua (León, 2001).

La frecuencia de vasos aumenta en las áreas con mayor salinidad, menor nivel

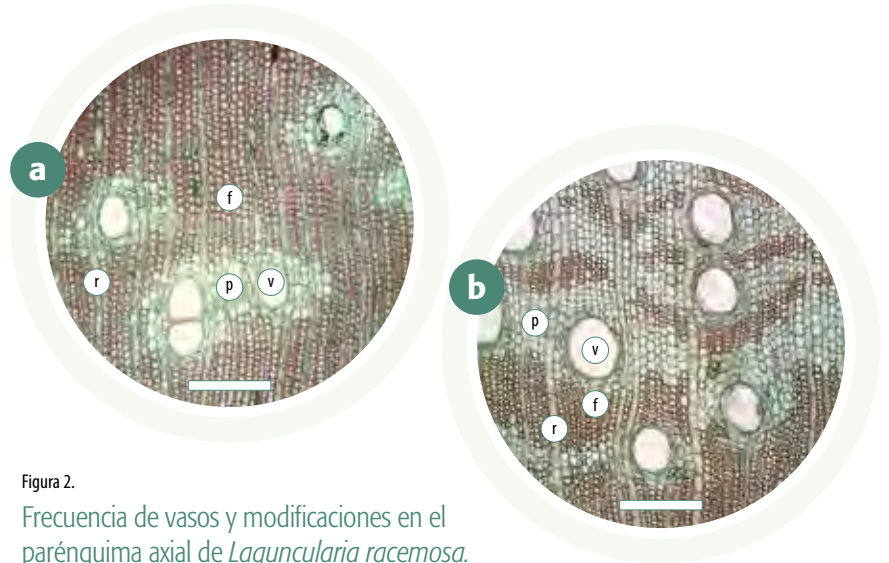


Figura 2.

Frecuencia de vasos y modificaciones en el parénquima axial de *Laguncularia racemosa*.

- a) Con menor nivel de inundación y salinidad
- b) Con mayor nivel de inundación y salinidad

v = vaso, p = parénquima axial, r = radio xilemático, f = fibras.  
Barra = 200 µm.

de inundación y, a su vez, en el periodo más prolongado de éste (figura 2b). El incremento de la frecuencia de vasos cuando se presenta mayor salinidad puede deberse a su influencia en la



actividad del cámbium vascular (meristemo o tejido joven secundario encargado del crecimiento leñoso en las plantas) (Kozłowski, 1997) y a la interferencia que ocasiona el agua salobre en la absorción de nutrientes y la fisiología de las auxinas (grupo de fitohormonas que regulan el crecimiento vegetal) (Schmitz *et al.*, 2006).

La mayor frecuencia de vasos promueve la protección contra la cavitación en ambientes que causan estrés, evitando el daño (Yáñez Espinosa *et al.*, 2001). El efecto de la concentración de la salinidad en la frecuencia de vasos se observa en la relación de *Avicennia germinans* (mangle negro) con 30-52 vasos/mm<sup>2</sup> que crece en sitios con salinidad en el suelo de 3.2-30 por cada 1 000 (‰) en la laguna costera de la Mancha, Veracruz (Yáñez Espinosa *et al.*, 2009); *Laguncularia racemosa* (mangle blanco) con 7-16 vasos/mm<sup>2</sup>, en sitios con 6-9 ‰ de salini-



Las adaptaciones anatómicas de las especies que crecen en el manglar son relevantes desde el punto de vista ecológico, debido al ambiente inundado y con alto nivel de salinidad en el que por lo regular habitan



dad en el río estuarino de San Blas en Nayarit (Yáñez Espinosa *et al.*, 2004); *Rhizophora mangle* (mangle rojo) con 31-33 vasos/mm<sup>2</sup>, en sitios con 51 ‰ de salinidad en la laguna costera de Celestún, Yucatán (Cisneros, 2014).

El sistema de transporte de agua (conductividad hidráulica o la facilidad con la cual el agua puede moverse a través de los vasos, definida como el flujo de volumen dado en un gradiente de presión) en *Avicennia germinans* (2.13 kg/m/s/MPa x 10<sup>-4</sup>) y *Laguncularia racemosa* (0.81 kg/m/s/MPa x 10<sup>-4</sup>), consiste en una elevada frecuencia y agrupamiento de vasos, diámetro y longitud de vaso reducidos, que proporcionan mayor seguridad (Yáñez Espinosa *et al.*, 2001; Lovelock *et al.*, 2006). Estudios recientes han mostrado que la mayor salinidad propicia que los árboles adultos de *Rhizophora mangle* presenten menor conductividad hidráulica (0.32 kg/m/s/MPa x 10<sup>-4</sup>) y una estructura más segura en el sistema de conducción que consiste en vasos más angostos con paredes más gruesas, que ofrecen una mayor fuerza mecánica para resistir presiones negativas elevadas, y vasos numerosos, lo que permite mayor redundancia y seguridad contra los embolismos (el bloqueo de un elemento conductor del xilema por una burbuja de aire), pero lo hacen menos eficiente (Cisneros, 2014).

Las especies asociadas a los mangles son más susceptibles a modificarse cuando las afecta la inundación y la salinidad, presentan mayor frecuencia y diámetro tangencial de vasos (Yáñez Espinosa *et al.*,

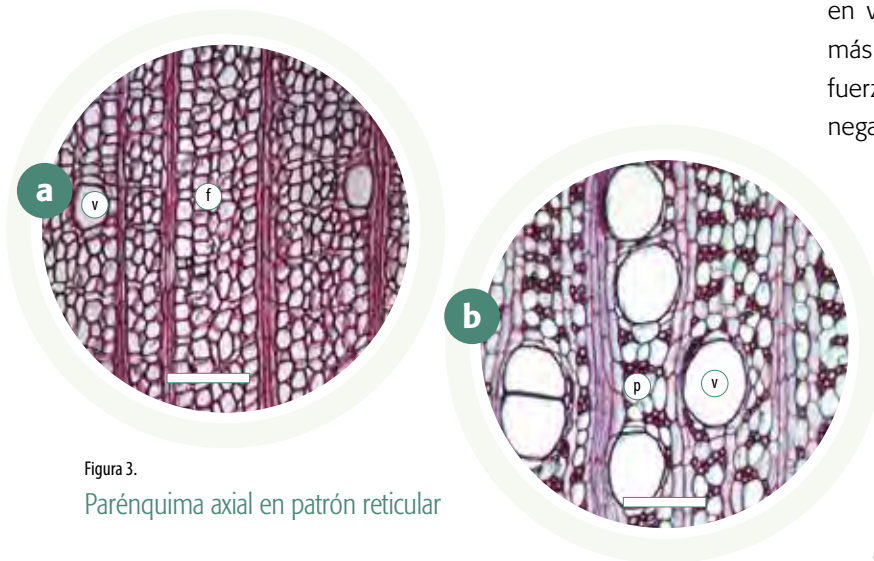


Figura 3.  
Parénquima axial en patrón reticular

- a) *Annona glabra*
- b) *Pachira aquatica*

v = vaso, p = parénquima axial, r = radio xilemático, f = fibra.  
Barra = 200 μm.

## Comparación del diámetro tangencial de las especies de mangle y algunas especies asociadas que se encuentran en los manglares de México

Especie	Diámetro tangencial del vaso (μm)	Diámetro tangencial del vaso (μm)	Vasos solitarios (%)	Vasos en hileras (%)	Vasos agrupados (%)
Mangles					
<i>Avicennia germinans</i>	65.5 ± 1.6	65.5 ± 1.6	16 ± 2	72 ± 1	12 ± 2
<i>Laguncularia racemosa</i>	97.2 ± 2.1	97.2 ± 2.1	64 ± 2	30 ± 2	6 ± 1
<i>Rhizophora mangle</i>	72.8 ± 1.9	72.8 ± 1.9	63 ± 3	23 ± 2	14 ± 2
Asociadas					
<i>Annona glabra</i>	94.4 ± 2.6	94.4 ± 2.6	42 ± 3	42 ± 3	15 ± 2
<i>Pachira aquatica</i>	139.1 ± 5.2	139.1 ± 5.2	46 ± 6	44 ± 5	10 ± 2

Cuadro 1.

2001), como *Annona glabra* (palo de corcho) y *Pachira aquatica* (zapote de agua) (cuadro 1). En el caso de estas especies, ambas presentan abundante tejido parenquimático axial y radial, lo que indicaría el almacenamiento de agua en él (figura 3).

*Laguncularia racemosa* presenta modificaciones en el parénquima axial (tejido de parénquima cuyas células se orientan en el mismo sentido que los elementos conductores del xilema) que es vasocéntrico (es decir, que rodea completamente a los elementos conductores del xilema) en sitios con menor nivel de inundación y salinidad, y confluyente (además de rodear a los elementos conductores del xilema, se extiende en bandas irregulares entre estos) en sitios con mayor nivel de inundación y salinidad, asociado positivamente con la mayor frecuencia de vasos (figura 2) (Yáñez *et al.*, 2004).

Esto sugiere que el sistema continuo de parénquima favorece la conducción de fotosintatos (productos químicos



Figura 4.  
Tíldes en elemento de vaso.

a) *Rhizophora mangle* 40  
b) *Batis marítima* 100

v = elemento de vaso, p = parénquima axial, tíldes (flecha)  
Barra = 50 μm a), 30 μm b).

resultantes de la fotosíntesis), agua y oxígeno (Carlquist, 1988), en forma similar al parénquima axial distribuido en un patrón en forma de red en *Annona glabra* y *Pachira aquatica* (figura 3).

La presencia de tíldes (estructuras que resultan de la excrecencia de una célula adyacente que con frecuencia



**LAURA YÁÑEZ  
ESPINOSA**

Es doctora en Ciencias por el Programa en Botánica del Colegio de Postgraduados en Montecillo, México. Es profesora investigadora en el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas de la UASLP y desarrolla el proyecto "Ecología funcional en manglar, ecología y ecofisiología de *Dioon edule* (chamal)".



obstruyen la cavidad de los elementos conductores del xilema) en *Rhizophora mangle* y *Batis maritima* es común (figura 4), éstas se originan como un abultamiento de la pared de las células de parénquima adyacente a un elemento de vaso que ingresa a través de la punteadura hacia su interior, bloqueando total o parcialmente el flujo de agua, lo que sugiere que los vasos tienen una baja resistencia a la cavitación (Quintanar, I. *et al.*, 2003).

Los patrones anatómicos de la madera del tallo de las especies de mangle y asociadas al manglar muestran una gran plasticidad, lo que les permite sobrevivir y prosperar en este ecosistema expuesto a un ambiente dinámico, y algunas veces sometido a eventos extremos, como huracanes y olas masivas. Las tendencias generales sugieren la asociación entre los patrones de estructura y el gradiente ambiental (salinidad, nivel y periodicidad de inundación y estructura del suelo). El tamaño de las células disminuye mientras aumenta la salinidad, el periodo y el ni-

vel de inundación. Sin embargo, cada especie tiene su límite de tolerancia específica, lo que le permite el éxito a lo largo de diferentes zonas del ecosistema de manglar. Algunos estudios sugieren que las especies de mangle pueden adaptarse al aumento del nivel del mar si ocurre de manera lenta, creciendo hacia tierra adentro en áreas más elevadas. **UP**

**Referencias bibliográficas:**

Carlquist, S. (1988). *Comparative Wood Anatomy: Systematic, Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood*, Nueva York: Springer.

Conabio. (2006). Minuta de la Reunión interinstitucional para la definición de manglar. Conabio, INE, Conafor, Conagua, Inegi-Aguascalientes. Recuperado de: [http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/minuta\\_tipos\\_de\\_manglar.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/manglares2013/pdf/minuta_tipos_de_manglar.pdf)

Lovelock, C.E., Ball, M.C., Feller, I.C., Engelbrecht, B.M.J. y Ewe, M.L. (2006). Variation in hydraulic conductivity of mangroves: influence of species salinity, nitrogen and phosphorous availability. *Physiologia Plantarum*, 127, pp. 457-464.

Schmitz, N., Verheyden, A., Beeckman, H., Gitundukairo, J. y Koedam, N. (2006). Influence of salinity gradient on the vessel characters of the mangrove species *Rhizophora mucronata*. *Annals of Botany*, 98, pp. 1321-1330.

Yáñez Espinosa, L., Terrazas, T. y López Mata, L. (2001). Effects of flooding on wood and bark anatomy of four species in a mangrove forest community. *Trees: structure and function*, 15, pp. 91-97.