

# La MADERA en **función** del AMBIENTE: un análisis **ecoanatómico**

Susana A. **Montaño Arias**  
Sara L. **Camargo Ricalde**  
Rosaura **Grether**  
Carmen **De la Paz Pérez Olvera**

Las plantas están en todo el planeta. Como resultado de la interacción entre su material genético (genotipo) y los diversos factores ambientales, presentan diferentes adaptaciones que pueden manifestarse mediante la modificación de sus características anatómicas o funcionales (fenotipo), lo que les permite adaptarse a las condiciones del ambiente.<sup>1</sup>

Las plantas que habitan en un clima seco se han adaptado a este reduciendo el tamaño de sus hojas para protegerse de la pérdida de agua –como ocurre en los huizaches (*Acacia* spp.), los mezquites (*Prosopis* spp.) y las uñas de gato (*Mimosa* spp.)–, o bien han transformado por completo sus hojas hasta convertirlas en espinas, como en el caso de los nopales (*Opuntia* spp.).<sup>2,3</sup> También modifican la longitud de sus raíces para alcanzar el agua que está en el suelo, de manera que, cuando el agua es superficial o poco profunda, las plantas regularmente tienen raíces cortas y, en caso contrario, presentan raíces largas para alcanzar el agua profunda.<sup>4</sup> En estos procesos de adaptación también intervienen factores como la temperatura, la latitud y altitud, todo lo cual determina, en parte, su distribución y características de su forma y anatomía.<sup>5</sup>

Los árboles y arbustos que se desarrollan en zonas templadas, frías o cálidas, desarrollan madera y corteza como resultado de adaptaciones que han sucedido para permitir que estas plantas resistan los cambios de temperatura; en las zonas frías, ambos tejidos evitan la congelación de los líquidos y, en las zonas calientes, impiden la pérdida de agua.<sup>6</sup> Las características de la madera están influenciadas por el material genético de la planta y por los factores ambientales de su entorno.<sup>5</sup>

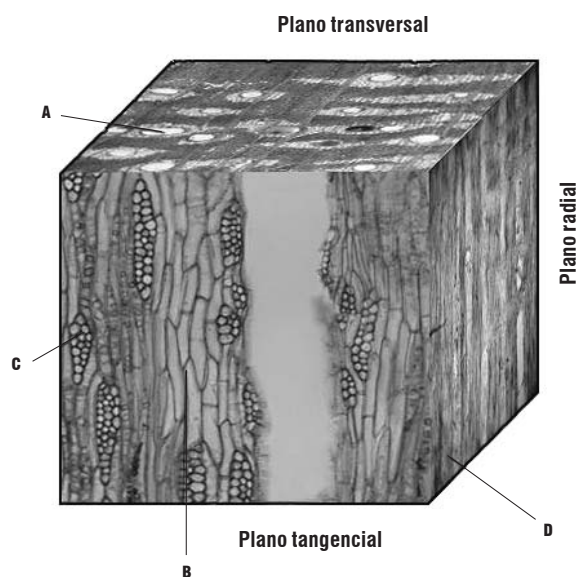
Este es el punto central de este trabajo, por ello, se presenta una síntesis de las características anatómicas de la madera que están asociadas a factores ambientales, seguida de un análisis de sus implicaciones ecológicas. Comprender esta relación es una prioridad; debido a que los cambios ambientales (cambio climático) ocurren en escalas locales (país), regionales (continente) y globales (mundo), son cada vez más intensos y frecuentes. Un factor causante del aumento en las variaciones climáticas es la pérdida de la vegetación, también conocida como deforestación. Los estudios ecoanatómicos permiten conocer cómo responden a estos cambios las plantas.

#### PARTES DE LAS PLANTAS

El cuerpo de las plantas se divide en dos partes: una aérea, formada por el tallo, las hojas y en algunas por las flores, los frutos y las semillas. La otra es la parte subterránea conformada por las raíces principalmente, aunque puede haber tallos subterráneos llamados rizomas o bulbos. Todas las partes de la planta –aéreas y subterráneas– muestran un crecimiento originado en regiones especializadas donde ocurre la división celular llamadas meristemos que se dividen en dos: apicales o primarios y laterales o secundarios; los primeros dan el crecimiento en altura y los segundos el crecimiento en grosor.<sup>4</sup> Sin embargo, la presencia de uno o de los dos tipos de meristemos depende de la forma de vida de la planta, entre las que se encuentra la arbórea (árboles), arbustiva (arbustos), herbácea (hierbas) y lianas (trepadoras).<sup>7</sup> La diferencia entre árboles y arbustos es que los primeros presentan un

tallo único el cual se ramifica a cierta altura para formar la copa; en ocasiones sobrepasan los cincuenta metros de alto; los arbustos tienen varios tallos desde su base y, en general, no rebasan los cinco metros de altura. Su semejanza es que ambos forman madera.

La madera es un tejido que se compone de varias células: las células conductoras de agua y sales que, en conjunto, se llaman vasos; cada una de estas células es un elemento abierto, en ocasiones presenta un filtro semejante a una escalera, donde cada escalón recibe el nombre de barra y, en su conjunto, es conocida como platina de perforación escaleriforme; otras células que además de conducir agua brindan soporte reciben el nombre de traqueidas. Las células que sirven como almacén de sustancias forman el parénquima. Otras células que tienen función de soporte son las fibras (Figura 1). La pared de las células puede presentar celulosa, hemicelulosa y/o lignina; por ejemplo, la pared de las fibras contiene principalmente lignina y, en el caso de las células de parénquima, su pared contiene celulosa.<sup>8</sup>



**Figura 1.** Plano transversal (4x), tangencial (10x) y radial (4x) de la madera de *Mimosa benthamii* J. F. Macbr. (Leguminosae-Mimosoideae) señalando algunos elementos de la madera. (A) Poros solitarios, (B) Parénquima, (C) Radios y (D) Fibras.

#### LAS PLANTAS QUE FORMAN MADERA

Algunas plantas presentan además de los meristemos apicales, meristemos laterales, los cuales dan lugar a la formación de la madera. Las plantas que desarrollan

madera se clasifican como gimnospermas entre las que se encuentran los pinos, los oyameles, los enebros, etc., y las plantas con flores conocidas como angiospermas dicotiledóneas entre las que se encuentran los fresnos, los truenos, los encinos, etcétera.

## FORMACIÓN DE MADERA

El hecho de que las plantas puedan formar madera depende de la presencia del meristemo lateral o secundario conocido como *cambium* vascular. Este meristemo forma dos tejidos; uno que sirve de conductor del agua de las raíces a las hojas, de sostén y almacén conocido como xilema, y otro que conduce las sustancias alimenticias de las hojas a las partes vivas y también sirve de sostén y almacén, llamado floema; ambos constituyen el sistema vascular. El xilema se forma hacia dentro del *cambium* vascular y el floema hacia fuera del mismo. El xilema y el floema secundarios conforman el crecimiento secundario; en algunas plantas el xilema secundario o madera puede presentar traqueidas como elementos de conducción y de sostén (*Pinus* spp.), y otras en las que los vasos son los elementos conductores y las fibras ejercen la función de sostén (*Mimosa* spp.); no obstante, ambas presentan parénquima.<sup>4</sup>

## ELEMENTOS DE LA MADERA

### INFLUENCIADOS POR EL AMBIENTE

El tallo es uno de los órganos de las plantas que ha sufrido modificaciones significativas con la aparición de un tejido conductor, el xilema y el floema. En regiones de climas templados y fríos, la madera de algunas plantas durante la primavera y verano forma elementos, principalmente vasos y traqueidas, con un diámetro mayor que los elementos formados en el otoño e invierno. En la mayor parte del invierno, el *cambium* vascular se mantiene inactivo; es decir, que no forma elementos del xilema ni del floema. En la madera, en cualquier corte que se realice, transversal, tangencial o radial, se observan las capas que forma el *cambium* vascular en un año, marcándose unas líneas más o menos delgadas que delimitan los anillos de crecimiento. Un anillo de crecimiento o anillo anual, sirve

para estimar la edad de los árboles; sin embargo, debido a los cambios ambientales, se pueden formar dos o más anillos en un mismo año lo que se conoce como anillos falsos.<sup>9</sup> Además de los anillos de crecimiento, existen otras características influenciadas por el ambiente como la longitud de las fibras y el número y el diámetro de los vasos que pueden aumentar o disminuir (Figura 2).

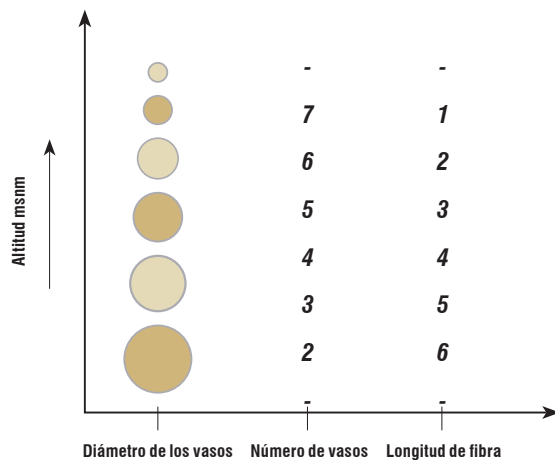


Figura 2. Elementos anatómicos de la madera influenciados por la altitud (en metros sobre el nivel del mar, msnm).

La variación de los elementos anatómicos de la madera es el aspecto más estudiado en especies forestales de importancia económica.<sup>10</sup> Se ha estudiado en cerca de 15 familias, reportándose relación entre la variación de la madera y la latitud, la altitud y el clima.<sup>11,12</sup>

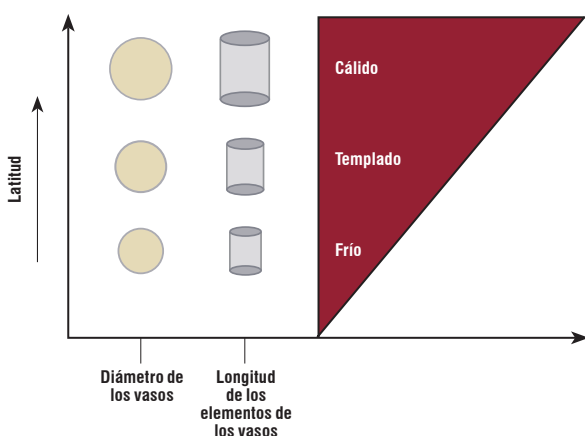
Por ejemplo, el nogal (*Juglans regia*) se encuentra distribuido en un rango altitudinal de 22 a 1142 msnm y se ha observado una variación en el diámetro y en el número de los vasos con respecto a la altitud, mencionándose que conforme aumenta la altitud, el diámetro de los vasos disminuye y su número aumenta.<sup>13</sup>

Otro caso se presenta en el aceitunillo (*Ilex* spp.), ya que las especies que se distribuyen cercanas a la latitud de 65° Norte, presentan mayor número de vasos y, por otro lado, el diámetro, la longitud y el número de barras por platina de perforación de los elementos vasculares, disminuyen.<sup>14</sup> El cardón (*Pachycereus pecten-aboriginum*) se distribuye en latitudes que van de los 12° a los 27° Norte. Arias y Terrazas (2001)<sup>15</sup>

encontraron que a partir de los 25° N y conforme la latitud aumenta, la longitud de las fibras y el diámetro de los vasos disminuyen, mientras que el número de los vasos incrementa.

La latitud y el clima son dos factores correlacionados que influyen en la anatomía de la madera (Figura 3). Castro y colaboradores. (1998),<sup>16</sup> encontraron que en una comunidad de encinos, los vasos con diámetros mayores se encuentran en localidades húmedas y cálidas, mientras que los diámetros menores se hallan en localidades frías y secas.

Los elementos vasculares más cortos se encuentran en localidades frías y secas, y los más largos en localidades húmedas y cálidas.



**Figura 3.** Elementos anatómicos de la madera influenciados por la latitud.

### IMPLICACIONES ECOLÓGICAS

Las propiedades físicas y mecánicas de la madera están influenciadas por factores ambientales como la temperatura, la precipitación, los vientos e incendios,<sup>17</sup> los cuales son a su vez afectados por el cambio climático.<sup>18</sup> El cambio climático está atribuido, directa o indirectamente, a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera y que se suma a la variabilidad del clima observada durante períodos de tiempo comparables,<sup>19</sup> siendo los cambios en la temperatura promedio y en la precipitación difíciles de detectar a corto plazo; aunque, a largo plazo, estos dos factores podrían determinar los límites de distribución de las especies, así como su sobrevivencia.<sup>20</sup>

Las fluctuaciones en la temperatura del planeta provocarían cambios en la precipitación, esto a su vez, alteraría la producción de hojas, de flores y de frutos.<sup>21</sup> A nivel de la anatomía de la madera, si la precipitación disminuyera y las especies arbóreas sobrevivieran, se esperaría que ocurriera un cambio anatómico; por ejemplo, una disminución en el número, diámetro y longitud de los vasos, así como en la anchura de los anillos de crecimiento, provocando un aumento en la producción de sustancias al interior de las células que aparecen cuando la madera ha sufrido algún tipo de daño.<sup>18,22,23,24</sup>

Por otra parte un aumento en las emisiones de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) atmosférico, provocaría que los árboles aumentaran su follaje y, por lo tanto, su capacidad fotosintética y de colonización. En consecuencia, se produciría un efecto en cascada que modificaría las interacciones entre los organismos del ecosistema, incluyendo a los del suelo.<sup>18,24,25</sup>

### CONCLUSIONES

Los factores ambientales que influyen principalmente sobre la anatomía de la madera son la altitud, la latitud y el clima. Las evidencias indican que la longitud y el diámetro de los vasos y la longitud de las fibras están relacionados con la altitud. Asimismo, se ha reportado que a bajas temperaturas se afecta la viscosidad del agua en el suelo y en el tallo, limitando la absorción y el transporte de agua en el xilema, lo que afecta la longitud y el diámetro de los vasos.

De manera general, el cambio climático, a largo plazo, no sólo afectaría la anatomía, la fisiología, la producción de hojas, flores y frutos de las plantas, sino también su distribución, provocando, en consecuencia, cambios en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas.

Existen todavía muchas interrogantes con relación a las adaptaciones genotípicas y fenotípicas de las plantas al medio; por ejemplo, ¿cuáles son los factores ambientales que podrían estar determinando la cantidad de células de parénquima o la cantidad de fibras de la madera? Esta es sólo una de las preguntas que esperamos sea respondida por los ecoanatomistas en un futuro cercano.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo a la primera autora (228993/211528).

## REFERENCIAS

- <sup>1</sup> Portilla EG, Zavala AH. Oikos, *Un diccionario de ecología*. Universidad Autónoma Metropolitana. México (1990).
- <sup>2</sup> Begon M, Harper JL y Townsend CR. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Oxford, UK (2000).
- <sup>3</sup> Medrano H y Flexas J. "Respuesta de las plantas al estrés hídrico". En: Reigosa MJ, Pedrol N, Sánchez A (edit.). *La ecofisiología vegetal: una ciencia de síntesis*. Thomson, España (2004) 1141-1174.
- <sup>4</sup> Mauseth JD. *Botany an introduction to plant biology*. 4ª Ed. Jones and Bartlett Publishers. Sudbury, Massachusetts (2009).
- <sup>5</sup> Wodzicki TJ. Natural factors affecting wood structure. *Wood Science and Technology* 35 (2001) 5-26.
- <sup>6</sup> Smith RL y Smith TM. *Ecología*. 4ª Ed. Pearson Educación, S.A., España (2001).
- <sup>7</sup> Miranda F y Hernández Xolocotzi E. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28 (1963) 29-74.
- <sup>8</sup> Pilate G, Dejardin A, Laurans F y Leple ChJ. Tension wood as a model for functional genomics of wood formation. *New Phytologist* 164 (2004) 63-72.
- <sup>9</sup> Gené C, Espelta MJ, Gracia M y Retana J. Identificación de los anillos anuales de crecimiento de la encina (*Quercus ilex* L.). *Orsis* 8 (1993) 127-139.
- <sup>10</sup> Panshin AJ y De Zeeuw C. Textbook of wood technology: structure, identification, properties, and uses of the commercial woods of the United States and Canada, 4ª Ed. McGraw-Hill, New York (1980).
- <sup>11</sup> Chalk L. "The effects of ecological conditions on wood anatomy". En: CR Metcalfe, Chalk L (edit.). *Anatomy of the Dicotyledons*, Oxford University Press, Oxford (1983).
- <sup>12</sup> Van Der Graaff NA y Baas P. Wood anatomical variation in relation to latitude and altitude. *Blumea* 22 (1974) 101-121.
- <sup>13</sup> Yaman B. Variation in quantitative vessel element features of *Juglans regia* wood in the western black sea region of Turkey. *Agrociencia* 42 (2008) 357-365.
- <sup>14</sup> Baas P. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea* 21 (1973) 193-258.
- <sup>15</sup> Arias S y Terrazas T. Variación en la anatomía de la madera de *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología Serie Botánica* 72 (2001) 157-169.
- <sup>16</sup> Castro DP, Villar SP, Guerrero Campo J, Pérez RC y Marti GM. Variaciones morfoanatómicas en las comunidades de encinar lo largo de un gradiente climático en el NE de la Península Ibérica. *Acta Botánica de Barcelona* 45 (1998) 577-586.
- <sup>17</sup> Read J y Stokes A. Plant biomechanics in an ecological context. *American Journal of Botany* 93 (2006) 1546-1565.
- <sup>18</sup> Alvarado MA, Foroughbakhch R, Jurado E y Rocha A. El cambio climático y la fenología de las plantas. *Ciencia UANL* 5 (2002) 493-500.
- <sup>19</sup> Mercado D y Moore MB. El turismo: ¿víctima o cómplice del cambio climático? *Tendencias-Revista de la UBP* 2 (2007) 31-38.
- <sup>20</sup> Macarthur RH. Geographical ecology. *Patterns in the distribution of species*. Harper and Row. New York (1972).
- <sup>21</sup> Peñuelas J, Sabaté S, Fililla I y Gracia C. "Efectos del cambio climático sobre los ecosistemas terrestres: observación, experimentación y simulación". En: Valladares, F (edit). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S.A., Madrid (2004) 425-460.
- <sup>22</sup> Villers Ruiz L y Trejo Vázquez I. Impacto del cambio climático en los bosques y áreas naturales protegidas de México. *Interciencia* 23 (1998) 10-19.
- <sup>23</sup> Gay C. El cambio climático, el problema global más importante del futuro. *Gaceta UNAM* 13 (2000) 12-13.
- <sup>24</sup> Schwartz MW y Iverson LR. Prasad predicting the potential future distribution of four tree species in Ohio using current habitat availability and climate forcing. *Ecosystem* 4 (2001) 568-581.
- <sup>25</sup> Farquhar GD. Climate change: carbon dioxide and vegetation. *Science* 278 (1997) 1411.

**Susana A. Montaña Arias, [arias\\_susan@hotmail.com](mailto:arias_susan@hotmail.com)**  
**Sara L. Camargo Ricalde, [slcr@xanum.uam.mx](mailto:slcr@xanum.uam.mx)**  
**Rosaura Grether, [rogg@xanum.uam.mx](mailto:rogg@xanum.uam.mx)**  
**Carmen De la Paz Pérez Olvera, [cpo@xanum.uam.mx](mailto:cpo@xanum.uam.mx)**  
**Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa**



Estátua con brazos articulados. Erima Attye, Costa de Marfil y Ghana.



*Estatua Iginga Katanda. Etnia Lega, República Democrática del Congo.*