



# Anatomía de la madera de doce especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México

## Wood anatomy of twelve species of a cloud forest from Tamaulipas, Mexico

Moisés Aguilar-Alcántara<sup>1</sup>, Silvia Aguilar-Rodríguez<sup>1\*</sup> y Teresa Terrazas<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Unidad de Morfología y Función. Universidad Nacional Autónoma de México, FES Iztacala, Estado de México, México.

<sup>2</sup> Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México

\* Autor para correspondencia: siagro@campus.iztacala.unam.mx

### RESUMEN

La flora leñosa del bosque mesófilo de montaña (BMM) en Tamaulipas posee diferentes taxa con respecto a otros BMM de México. En consecuencia, los caracteres anatómicos de la madera de sus especies pueden expresar dicha variabilidad, relacionada con el ambiente y con los linajes a los cuales ellas pertenecen. En este trabajo se realizó la descripción anatómica de la madera de 12 especies propias del BMM, provenientes de la Reserva de la Biosfera “El Cielo”, Tamaulipas, que corresponde al más boreal de México. A diferencia de otros BMM del país, los resultados muestran una tendencia a la presencia de anillos de crecimiento evidentes; este carácter parece estar relacionado con la posición geográfica de este BMM. Otros caracteres como la porosidad difusa, vasos con diámetro tangencial < 100 µm, elementos de vaso con engrosamientos helicoidales y longitudes > 350 µm, fibras > a 900 µm, además de parénquima axial escaso, son características frecuentes en las especies estudiadas. Se discute el posible significado de la presencia de anillos de crecimiento y se comparan algunos caracteres anatómicos de las especies estudiadas con sus grupos afines a nivel de género y familia.

**PALABRAS CLAVE:** anatomía comparada, anillos de crecimiento, placas de perforación escalariforme, porosidad difusa, Reserva de la Biosfera «El Cielo», xilema secundario.

### ABSTRACT

Woody flora of cloud forest (BMM) in Tamaulipas has different taxa with respect to other BMM in Mexico. Consequently, wood anatomical characters of its species can also express this variability, related to environment and the linages to which they belong. In this paper, wood anatomy of 12 species growing in of the BMM at “El Cielo” Biosphere reserve in Tamaulipas, Mexico was described. Unlike other Mexican BMM, results showed a positive trend with respect to the presence of conspicuous growth rings. This character seems related to the geographical position of this BMM in Mexico. Other characters such as diffuse porosity, tangential vessels diameter < 100 µm, vessel elements with helical thickenings and length >350 µm, fibers lengths > 900 µm, and scarce axial parenchyma, are common features in the species studied. Some anatomical characters of taxa were compared with related groups at the genus or family level.

**KEY WORDS:** comparative anatomy, growth rings, scalariform perforation plates, diffuse porosity, Biosphere reserve “El Cielo”, secondary xylem.

### INTRODUCCIÓN

El bosque mesófilo de montaña (BMM) tiene una distribución restringida en México, pues solo representa 0,44% del territorio nacional en condiciones de bosque primario (Challenger, 1998; Luna *et al.*, 1999; Challenger y Soberón, 2008). Sin embargo, la altitud, la humedad, la temperatura y la evapotranspiración real anual

generan una elevada riqueza de especies leñosas en este tipo de vegetación, conociéndose aproximadamente 1050 entre árboles y arbustos (Rzedowski, 1996; López-Mata *et al.*, 2012). Aunque algunas de ellas son indicadores de este tipo de vegetación, son numerosas las especies leñosas que pueden variar de una localidad a

otra (Villaseñor, 2010). En consecuencia, las características anatómicas de la madera reflejan tal diversidad cuando se estudian floras regionales. Dicha variación corresponde con los linajes a los cuales las especies pertenecen, así como con diferencias asociadas con la latitud y la altitud, esto es, con la precipitación y la temperatura, entre otras. Tendencias en los caracteres anatómicos de las maderas cuyas especies crecen en ambientes mesofíticos, se han estudiado bajo un contexto florístico fuera de México (Versteegh, 1968; Carlquist, 1977; Guthrie, 1989). En el país se registran principalmente estudios descriptivos macroscópicos y/o microscópicos de la madera de especies aisladas provenientes de diferentes BMM (Carmona, 1979; Barajas-Morales, 1980; De la Paz-Pérez, 1980; De la Paz Pérez y Carmona, 1980; De la Paz-Pérez *et al.*, 1982; Quintanar *et al.*, 1996; López, 1997). Aguilar-Rodríguez *et al.* (2000), describen la madera de varias especies leñosas de un BMM, cuyos resultados sirvieron como preámbulo para llevar a cabo un análisis anatómico-florístico sobre tendencias relacionadas con el ambiente (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005). Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata (2006) aportan información y discuten sobre los caracteres anatómicos de la madera de especies leñosas procedentes de varias localidades de BMM del Estado de México. Para la Reserva de la Biósfera “El Cielo” en Tamaulipas, López y Ortega (1989) describen tres especies y Bárcenas-Pazos *et al.* (2005) relacionan estadísticamente las características anatómicas con propiedades físicas y algunas propiedades mecánicas de cuatro especies.

La Reserva de la Biósfera “El Cielo”, tiene una extensión de 100 km<sup>2</sup> (16 142,86 ha, Conabio, 2010), conociéndose para el BMM de esta zona 68 especies entre árboles y arbustos (Puig, 1993). Si se registran los estudios sobre anatomía de la madera de especies que se comparten con otras localidades, apenas se alcanza 15% del total de los taxa inventariados en el BMM de “El Cielo”. Con lo anterior es evidente que escasamente se conoce sobre las maderas de especies que habitan el BMM más norteño del país.

## OBJETIVO

Dar a conocer la diversidad del xilema secundario de doce especies que habitan en el bosque mesófilo de la Reserva de la Biósfera “El Cielo”, Tamaulipas, analizar las tendencias generales de algunos caracteres y comparar con otros obtenidos para las mismas especies, o con aquellas que se relacionan taxonómicamente.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

De acuerdo con Puig (1993), el BMM de “El Cielo” en Tamaulipas se localiza en el sur del estado, en la Sierra de Cucharas, localizada sobre la vertiente E de la Sierra Madre Oriental. Alcanza los municipios de Gómez Farías, Jaumave y Llera. Encuentra sus límites entre los paralelos 23° 12' N y 23° 03' S y el meridiano 99° 18' O. Se localiza en un intervalo altitudinal entre los 800 m y 1500 m, abarcando un área de 100 km<sup>2</sup>. Se desarrolla principalmente en el interior de cañadas húmedas que contienen una humedad relativa alta (90% de saturación). La temperatura media anual oscila entre 13,8 °C y 22,8 °C, con una precipitación media anual entre 2522,4 mm y 1852 mm. El número de meses secos es de 0 a 4.

### Trabajo de campo

El material de estudio se colectó dentro de la Reserva de la Biósfera “El Cielo” en la región de Gómez Farías, Tamaulipas, México (Tabla 1). De cada una de las especies se seleccionaron dos individuos maduros, sanos y de tallos rectos; se obtuvieron algunos datos como altura del individuo y diámetro a la altura del pecho (DAP) del tronco (Tabla 1). Empleando un serrote, se obtuvieron dos trozas pequeñas de madera del tronco principal, a una distancia de 1,30 cm del suelo para árboles y a nivel del suelo para los arbustos. En todos los casos se incluyó la corteza. Se colectó material para el herbario con flores y/o frutos de los mismos individuos de los que se tomó la muestra de madera. Los ejemplares herborizados se determinaron con claves especializadas y se depositaron en el herbario de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (IZTA) como material de referencia.



TABLA 1. Lista de especies organizadas por familia, características de los individuos colectados y números de colecta de 12 especies del BMM de la Reserva de la biósfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. Todos los números corresponden a S. Aguilar.

Familia	Nombre científico	Forma de vida, Altura (m) / diámetro (cm)	Núm./ind.
CELASTRACEAE	<i>Wimmeria concolor</i> Schltdl. & Cham	Árbol, 4 / 6	306/a,b
CLETHRACEAE	<i>Clethra pringlei</i> S. Watson.	Árbol, 5 / 20	295/a,b
LAURACEAE	<i>Nectandra sanguinea</i> Rol. ex Rottb.	Árbol, 6 / 10	305/a,b
FABACEAE	<i>Acacia angustissima</i> (Mill.) Kuntze	Árbol, 8 / 15	303/a,b
FABACEAE	<i>Cercis canadensis</i> L.	Árbol, 8 / 11	302/a,b
MAGNOLIACEAE	<i>Magnolia schiedeana</i> Schltdl.	Árbol, 12 / 22	299/a,b
OLEACEAE	<i>Osmanthus americanus</i> (L.) Benth. & Hook. f. ex A. Gray	Árbol, 3 / 6	297/a,b
PIPERACEAE	<i>Piper amalago</i> L.	Arbusto, 3 / 4	307/a,b
RUBIACEAE	<i>Chione venosa</i> var. <i>mexicana</i> (Standl.) David W. Taylor	Árbol, 6 / 20	301/a,b
RUTACEAE	<i>Decatropis bicolor</i> (Zucc.) Radlk.	Árbol, 5 / 8	296/a,b
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum hidalgense</i> Lundell	Árbol, 10 / 22	300/a,b
SCROPHULARIACEAE	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	Árbol, 3 / 10	298/a,b

### Trabajo de laboratorio

Se cortaron dos cubos de madera de 2 cm a 3 cm de lado, procedentes de la troza que se separó del tallo principal. Los cubos se obtuvieron de la albura y se ablandaron en solución GAA (una parte de glicerina, dos partes de alcohol y tres partes de agua destilada) durante 10 a 15 días. Después las muestras se cortaron a 20 µm ó 30 µm de grosor con un micrótopo de deslizamiento en los planos transversal, tangencial y radial. Los cortes previamente lavados con agua destilada, se tiñeron en una solución acuosa de safranina al 1% hasta adquirir una coloración intensa. Después de la tinción, se sometieron a una deshidratación gradual a partir del alcohol de 70% hasta

absoluto, se aclararon con xilol y se montaron un corte de cada plano en un portaobjetos, utilizando resina sintética (Johansen, 1940). Los disociados se obtuvieron empleando la solución de Jeffrey (Berlyn y Miksche, 1976) y solo se elaboraron preparaciones temporales para cuantificar la longitud de fibras y elementos de vaso. Las descripciones microscópicas se realizaron de acuerdo con lo recomendado por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989). Para calificar la longitud y grosor de pared de fibras se tomaron los criterios del IAWA Committee (1937) y de Chattaway (1932). El parénquima radial se clasificó de acuerdo con el criterio de Kribs (1935).

TABLA 2. Características de los anillos de crecimiento (AC), porosidad (Po), agrupación de vasos y vasos por mm<sup>2</sup> (AV/Vmm<sup>2</sup>), de 12 especies del BMM de la Reserva de la biosfera "El Cielo", Tamaulipas, Méx. C= conspicuos; D= difusa; SA= semianular; A= anular; Solit.= solitarios; °= vasos de contorno redondeado; ∇ = vasos de contorno anguloso; □ = Ligeramente anguloso.

Especie	AC	Características de los anillos de crecimiento	Po	AV/Vmm <sup>2</sup>
<i>Wimmeria concolor</i>	C	Banda de fibras que se engrosan gradualmente en la madera tardía	D°	Solit./58
<i>Clethra pringlei</i>	C	Banda angosta de 2 a 4 hileras de fibras con las paredes gruesas y comprimidas radialmente en la madera tardía	D°	Solit, múltiples radiales 2-4 (6)/139
<i>Nectandra sanguinea</i>	C	Banda de 1 a 3 hileras de fibras de ancho comprimidas radialmente en la madera tardía.	D°	Solit, múltiples radiales 2-3, escasos en racimos/14
<i>Acacia angustissima</i>	C	Vasos de menor diámetro en la madera tardía que los de la madera temprana y por una banda más o menos continua de parénquima marginal en la madera tardía.	SA/A°	Solit, múltiples radiales 2 o 3 (4), escasos en racimos/18
<i>Cercis canadensis</i>	C	Vasos de menor diámetro en la madera tardía que los de la madera temprana y por una banda angosta de 1 a 3 células de parénquima marginal y fibras con las paredes comprimidas radialmente.	SA°	Solit, múltiples radiales 2-3/67
<i>Magnolia schiedeana</i>	C	Parénquima marginal en bandas de más de cuatro células de ancho.	D°	Solit, múltiples radiales 2-3(6), escasos en racimos/66
<i>Osmanthus americanus</i>	C	2-5 hileras de células de parénquima marginal y dos hileras de fibras con paredes engrosadas.	D	Solit, grupos hasta de 4, patrón de distribución dendrítico
<i>Piper amalago</i>	Ausentes	Ausentes	D°	Solit, múltiples radiales 2-3/33
<i>Chione venosa var. mexicana</i>	C	Banda angosta de 2 a 4 (8) hileras de fibras con las paredes gruesas, comprimidas radialmente en la madera tardía y con pocas células de parénquima axial entre ellas.	D°	Solit, múltiples radiales 2-3(7), escasos racimos/116
<i>Decatropis bicolor</i>	C	Banda de fibras con paredes engrosadas que se atenúan gradualmente hacia la madera temprana.	D°	Solit, múltiples radiales 2-4(7), escasos racimos/71
<i>Zanthoxylum hidalgense</i>	C	Banda de 2 a 5 hileras de fibras con paredes algo engrosadas y vasos de menor diámetro en la madera tardía, en algunos casos esta zona se evidencia además por un número mayor de vasos.	D°	Solit, múltiples radiales 2-3/58
<i>Buddleja cordata</i>	C	Banda angosta de 2 a 5 hileras de fibras de ancho con las paredes comprimidas radialmente en la madera tardía.	SA/A°	Solit, múltiples radiales 2-3(8), escasos racimos/51



## RESULTADOS

Las características microscópicas de las 12 especies estudiadas se resumen en las tablas 2-6 y en la figuras 1-4. Ambas se ordenaron por familia y especie y con base en w3 Trópicos (<http://www.tropicos.org/>).

*Anillos de crecimiento* (Tabla 2; Figs. 1,2,3,4). Fueron evidentes, marcados por bandas de 1 a 8 hileras de fibras con las paredes gruesas y/o comprimidas radialmente; *Chione venosa* var. *mexicana* fue la especie que presentó hasta ocho hileras de fibras con estas características (Fig. 3G). Las dos fabáceas *Acacia angustissima* y *Cercis canadiensis*, así como *Magnolia schiedeana* y *Osmanthus americanus* presentaron parénquima axial marginal deli-

mitándolos. *Piper amalago* fue la única especie que no exhibió anillos de crecimiento (Fig. 3D).

*Vasos* (Tabla 3). La porosidad fue principalmente difusa; en *Cercis canadensis* la porosidad fue semianular y en dos especies se apreció una condición intermedia entre semianular a anular, pero en ninguna se mostró claramente anular. El diámetro de los vasos fue pequeño en 10 especies y mediano en dos, los valores fluctuaron entre 38  $\mu\text{m}$  en *Clethra pringlei* a 128  $\mu\text{m}$  en *Acacia angustissima*; ninguna de las especies estudiadas presentó vasos con diámetros mayores de 200  $\mu\text{m}$ . Las dos fabáceas, además de *Osmanthus americanus* y *Piper amalago*, presentaron los elementos de vaso cortos, con una longitud que fluctúa

TABLA 3. Características cuantitativas y cualitativas de los elementos de vaso de 12 especies del BMM del área natural protegida "El Cielo", Tamaulipas, Méx. S= simple; E= escalariforme; R= reticulada.

Especie	Diámetro del elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ )	Longitud del elemento de vaso ( $\mu\text{m}$ )	Placa de perforación/ #de barras	Punteaduras intervasculares/ diámetro ( $\mu\text{m}$ )	Engrosamientos helicoidales
<i>Wimmeria concolor</i>	50 $\pm$ 3	442 $\pm$ 70	S	Alternas/2,5 $\pm$ 0,5(2-3)	Tenues en todo el elemento de vaso
<i>Clethra pringlei</i>	38 $\pm$ 4	1075 $\pm$ 169	E, escasas R/35(27-42)	Opuestas/4 $\pm$ 1(3-5)	Exclusivamente en las lígulas
<i>Nectandra sanguinea</i>	114 $\pm$ 10	486 $\pm$ 96	S,E/3(1-6)	Alternas/9 $\pm$ 1(7-10)	-----
<i>Acacia angustissima</i>	128 $\pm$ 13	310 $\pm$ 31	S	Alternas/7 $\pm$ 1(6-8)	-----
<i>Cercis canadensis</i>	71 $\pm$ 8	258 $\pm$ 24	S	Alternas/7 $\pm$ 1(7-7)	En todo el elemento de vaso
<i>Magnolia schiedeana</i>	64 $\pm$ 5	872 $\pm$ 104	E/7(5-9)	Escalariformes/32 $\pm$ 5 (20-39)	Tenues en todo el elemento de vaso
<i>Osmanthus americanus</i>	46 $\pm$ 5	315 $\pm$ 65	S	Alternas/10 $\pm$ 1(8-11)	En todo el elemento de vaso
<i>Piper amalago</i>	68 $\pm$ 5	241 $\pm$ 49	S	Alternas/2 $\pm$ 0,5 (1,5-2,5)	-----
<i>Chione venosa</i> var. <i>Mexicana</i>	48 $\pm$ 3	812 $\pm$ 204	S	Alternas/5 $\pm$ 1(4-6)	-----
<i>Decatropis bicolor</i>	50 $\pm$ 8	449 $\pm$ 60	S	Alternas/7 $\pm$ 1(6-8)	En todo el elemento de vaso
<i>Zanthoxylum hidalgense</i>	97 $\pm$ 10	477 $\pm$ 71	S	Alternas/8 $\pm$ 1(7-9)	-----
<i>Buddleja cordata</i>	83 $\pm$ 16	366 $\pm$ 50	S	Alternas/7 $\pm$ 1(6-8)	En todo el elemento de vaso

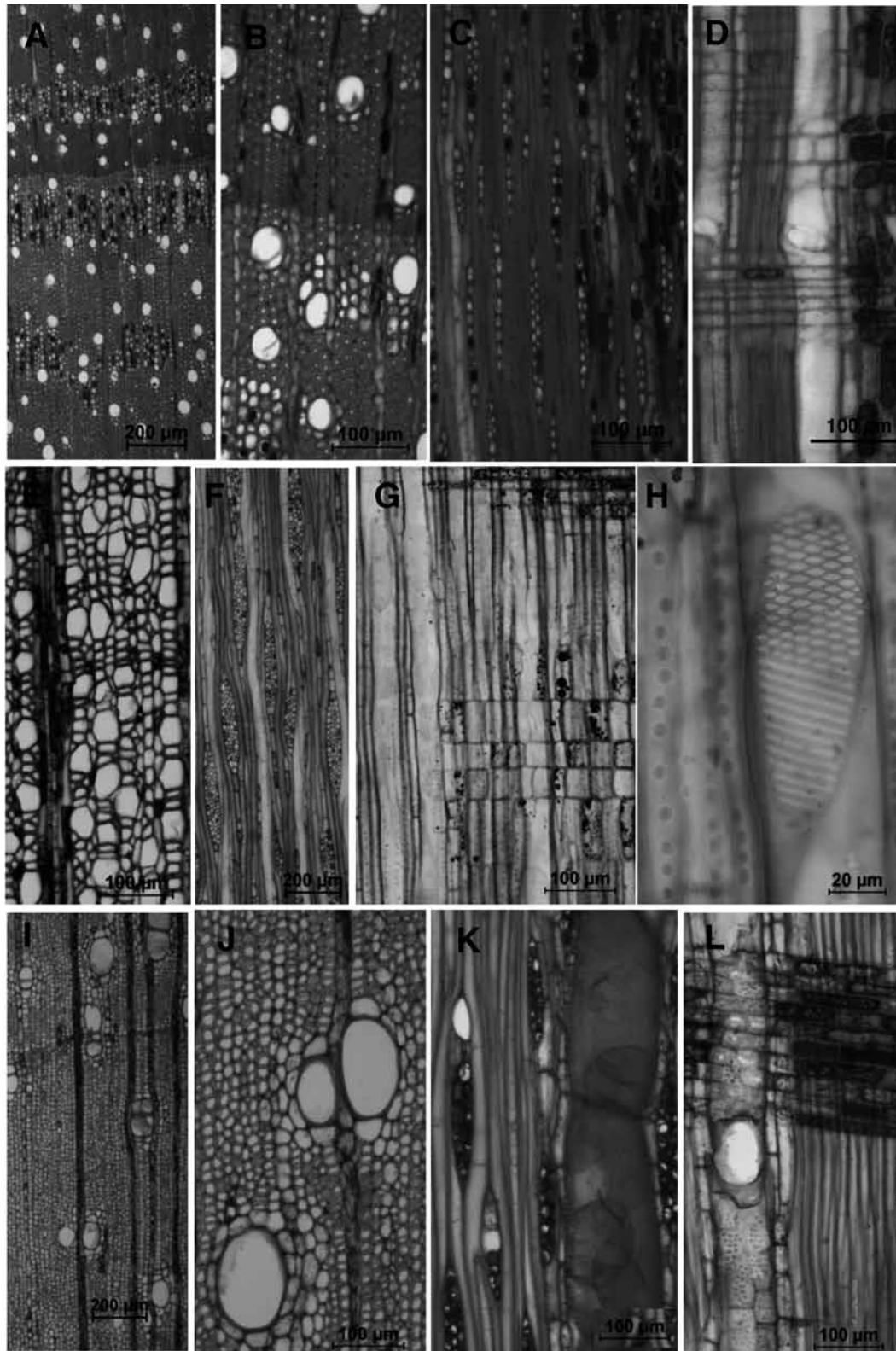


FIGURA 1. Caracteres anatómicos de las maderas en vistas transversales, tangenciales y radiales. A-D. Celastraceae: *Wimmeria concolor*. E-H. Clethraceae: *Clethra pringlei*, con detalle de placa de perforación reticulada-escalariforme (H). I-L. Lauraceae: *Nectandra sanguinea*, con detalle de células de aceite y/o mucílago (K).

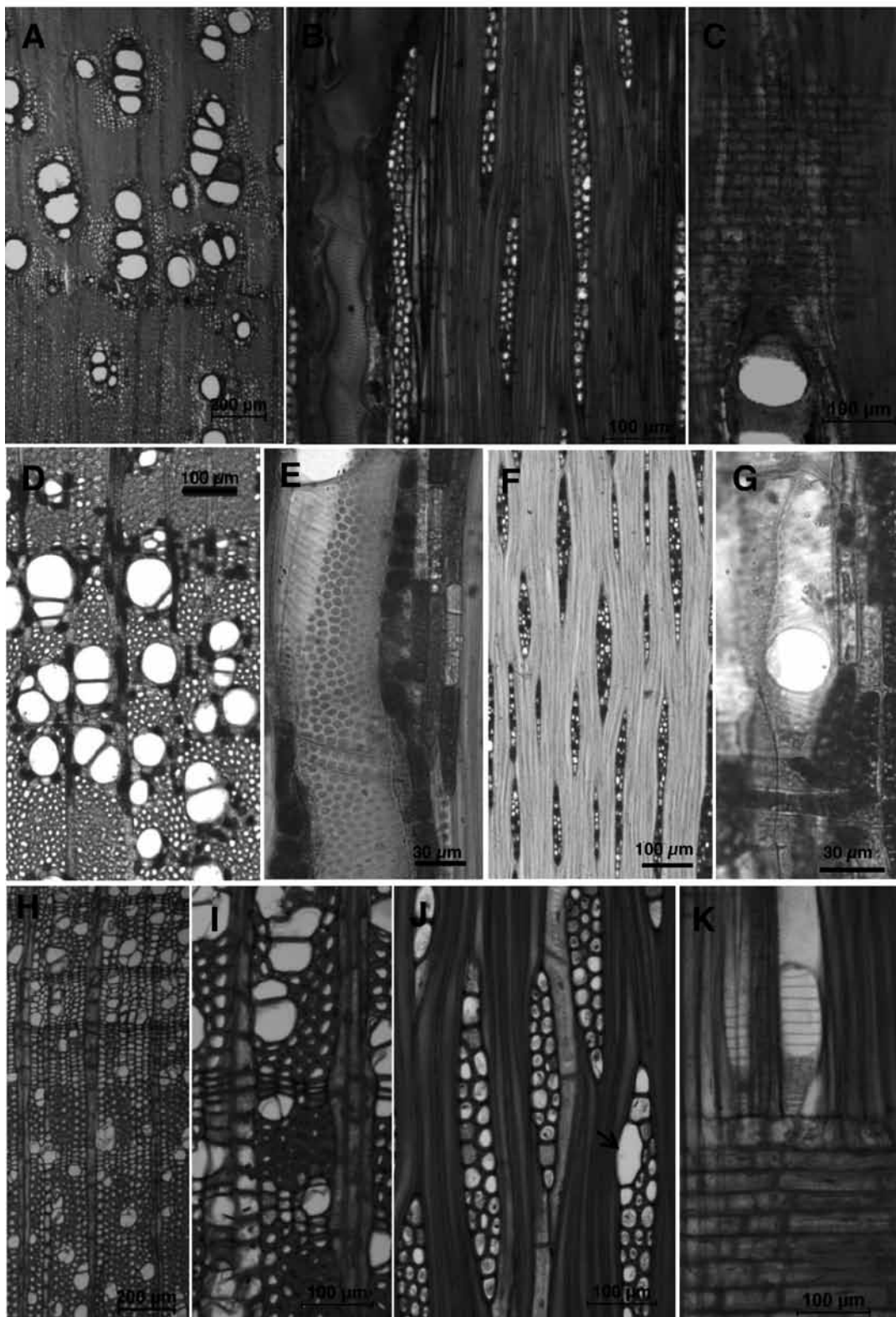


FIGURA 2. Caracteres anatómicos de las maderas en vistas transversales, tangenciales y radiales. A-G. Fabaceae: A-C. *Acacia angustissima*. D-G. *Cercis canadensis*. H-K. Magnoliaceae: *Magnolia schiedeana*, con detalle de célula de aceite en radio (J).

TABLA 4. Características cualitativas y cuantitativas de las fibras de 12 especies del BMM de la Reserva de la biósfera “El Cielo”, Tamaulipas, México. C= cortas; M= medianas; L= largas.

<i>Especie</i>	<i>Longitud</i> ( $\mu\text{m}$ )		<i>Diámetro</i> ( $\mu\text{m}$ )	<i>Grosor de pared</i> ( $\mu\text{m}$ )	<i>Otros</i>
<i>Wimmeria concolor</i>	961 ± 118	(M)	17 ± 2	5 ± 1	Punteaduras areoladas
<i>Clethra pringlei</i>	1731 ± 235	(L)	26 ± 2	3 ± 1	Punteaduras areoladas evidentes
<i>Nectandra sanguinea</i>	982 ± 80	(M)	18 ± 2	3 ± 1	Punteaduras simples
<i>Acacia angustissima</i>	785 ± 36	(C)	16 ± 2	3 ± 1	Punteaduras simples, septadas.
<i>Cercis canadensis</i>	1279 ± 138	(M)	18 ± 2	4 ± 1	Punteaduras simples, septadas
<i>Magnolia schiedeana</i>	1621 ± 141	(L)	30 ± 3	5 ± 1	Punteaduras areoladas pequeñas
<i>Osmanthus americanus</i>	1025 ± 126	(M)	22 ± 2	7 ± 1	Punteaduras simples
<i>Piper amalago</i>	788 ± 89	(C)	16 ± 1	4 ± 0,5	Punteaduras simples
<i>Chione venosa</i> var. <i>mexicana</i>	1385 ± 182	(M)	23 ± 2	5 ± 1	Punteaduras areoladas
<i>Decatropis bicolor</i>	898 ± 98	(C)	10 ± 1	4 ± 1	Punteaduras simples
<i>Zanthoxylum hidalgense</i>	914 ± 67	(M)	21 ± 2	3 ± 1	Punteaduras simples
<i>Buddleja cordata</i>	854 ± 65	(C)	34 ± 2	7 ± 1	Punteaduras simples, fibras nucleadas.

TABLA 5. Características del parénquima axial de 12 especies del BMM del área natural protegida El Cielo, Tamaulipas, México.

<i>Especie</i>	<i>Parénquima axial</i>
<i>Wimmeria concolor</i>	En bandas tangenciales anchas de 5 a 10 hileras de células de grosor. Series de más de 8 células por segmento
<i>Clethra pringlei</i>	Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso. Series de 6-10 células por segmento
<i>Nectandra sanguinea</i>	Paratraqueal vasicéntrico y apotraqueal difuso. Series de 4-9 células por segmento
<i>Acacia angustissima</i>	Paratraqueal vasicéntrico formando vainas anchas, aliforme y aliforme confluyente, en bandas marginales de 2-3 células de ancho asociadas al anillo de la madera tardía. Series de 2-3 células
<i>Cercis canadensis</i>	Paratraqueal vasicéntrico confluyente y marginal de 1-3 hileras de ancho. Series de 2-4 células por segmento
<i>Magnolia schiedeana</i>	Apotraqueal marginal en bandas de más de cuatro células de ancho. Con series de 2-4 células por segmento
<i>Osmanthus americanus</i>	Paratraqueal escaso y marginal de 2-5 células de ancho. Series de 2-4 células por segmento
<i>Piper amalago</i>	Paratraqueal escaso. Series de 2 células por segmento
<i>Chione venosa</i> var. <i>mexicana</i>	Paratraqueal escaso y difuso en agregados y apotraqueal difuso. Series de 4-8 células por segmento
<i>Decatropis bicolor</i>	En bandas angostas de 3-5 células de ancho. Series de 8 células por segmento
<i>Zanthoxylum hidalgense</i>	Paratraqueal escaso y vasicéntrico. Series de 2-4 células por segmento
<i>Buddleja cordata</i>	Apotraqueal difuso y paratraqueal escaso. Series de 2-6 células por segmento



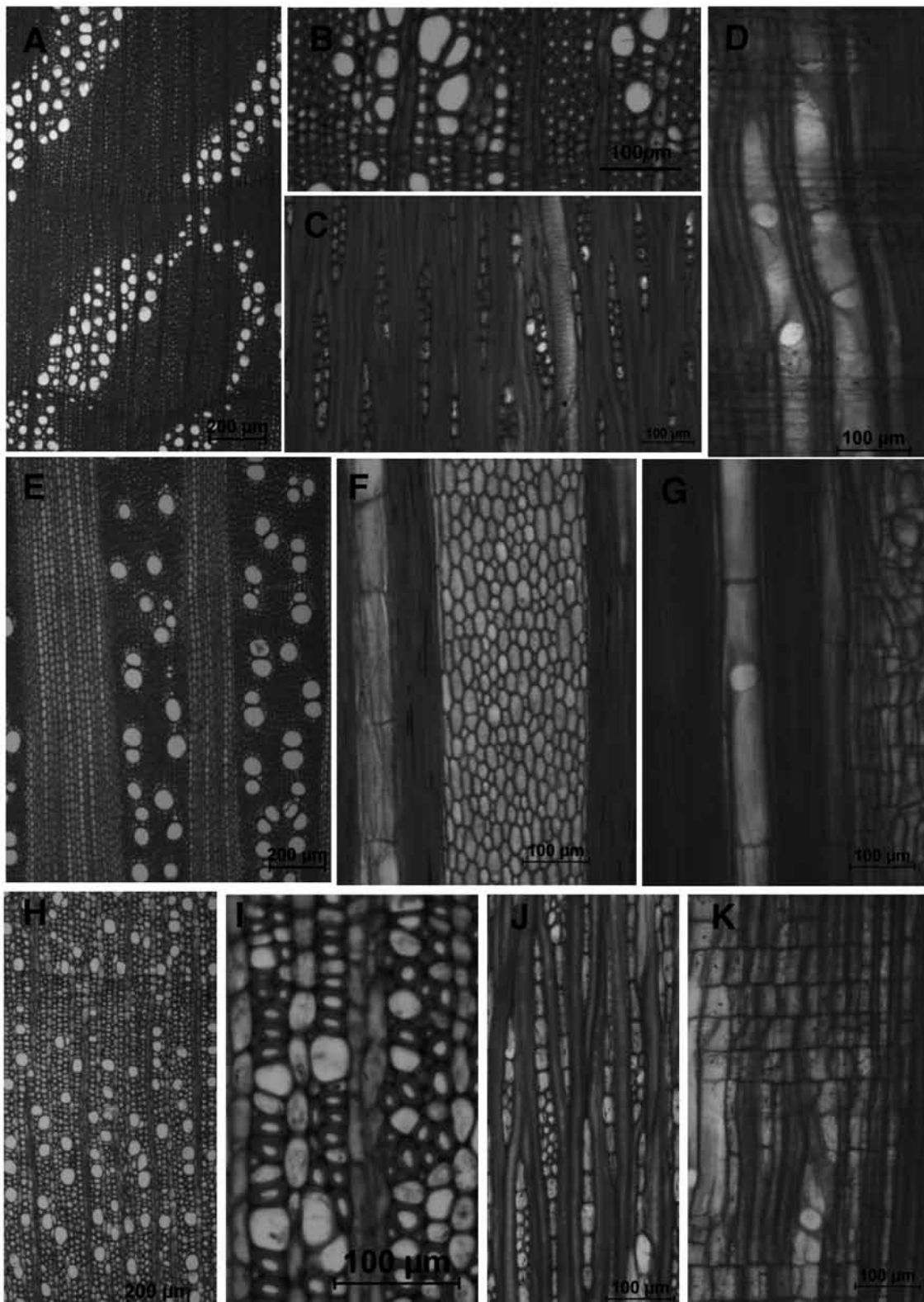


FIGURA 3. Caracteres anatómicos de las maderas en vistas transversales, tangenciales y radiales. A-D. Oleaceae: *Osmanthus americanus*. E-G. Piperaceae: *Piper amalago*. H-K. Rubiaceae: *Chione venosa* var. *mexicana*.

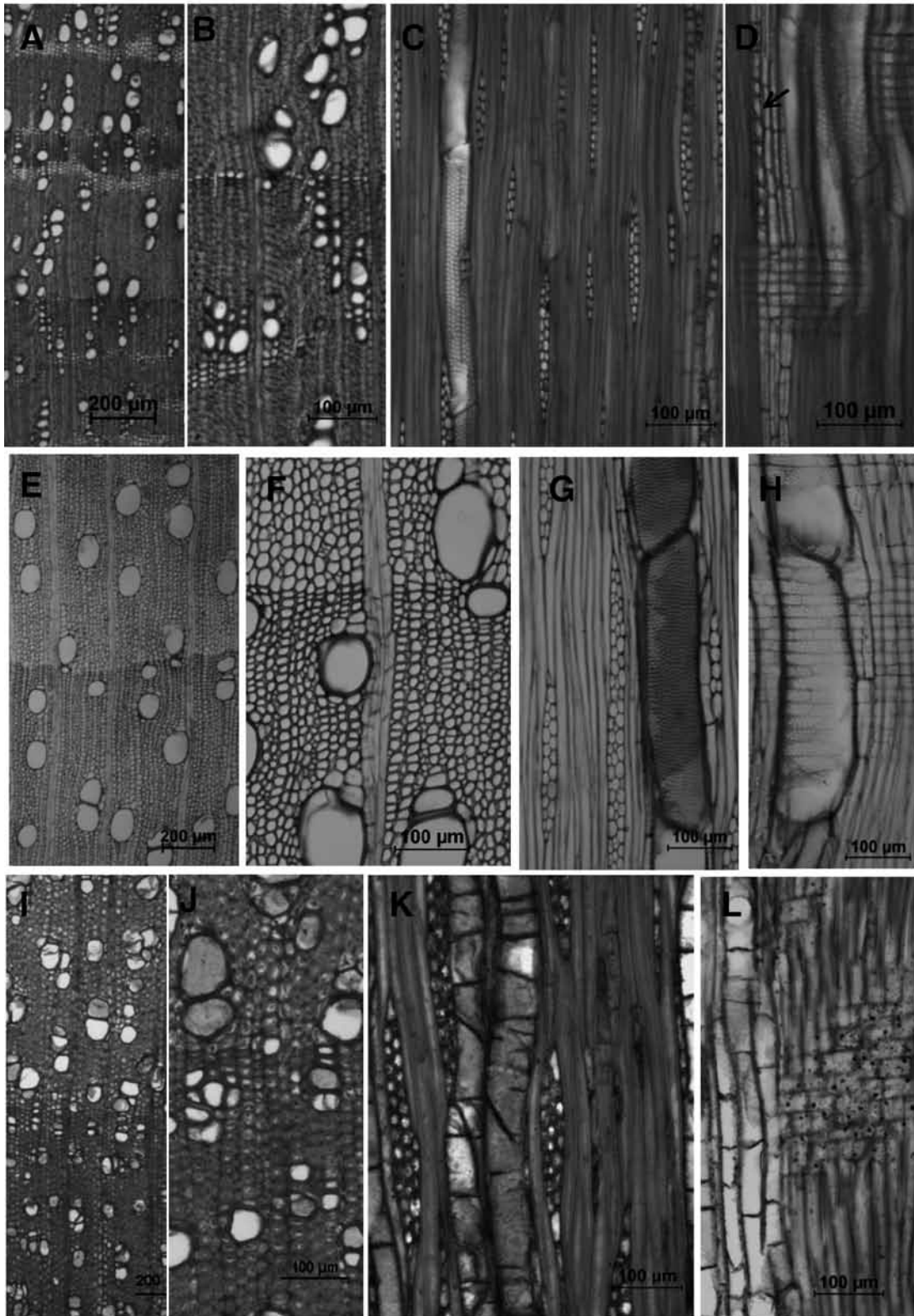


FIGURA 4. Caracteres anatómicos de las maderas en vistas transversales, tangenciales y radiales. A-H. Rutaceae: A-D. *Decatropis bicolor*, la flecha señala cristales prismáticos en células de parénquima axial (D). E-H *Zanthoxylum hidalgense*. I-L. Scrophulariaceae: *Buddleja cordata*.



TABLA 6. Características del parénquima radial de 12 especies del BMM de la Reserva de la biósfera “El Cielo”, Tamaulipas, México.

<i>Especie</i>	<i>Parénquima radial</i>		
	<i>Tipo</i>	<i>Uniseriados</i>	<i>Multiseriados/ altura</i>
<i>Wimmeria concolor</i>	Heterogéneo IIA	385 ± 72 células procumbentes	Biseriados 284 ± 41
<i>Clethra pringlei</i>	Heterogéneo IIA	631 ± 88 células erectas	(2)3 a 5 células 736 ± 99
<i>Nectandra sanguinea</i>	Heterogéneo IIB	escasos	2-3 células/ 405 ± 34 con células de aceite y/o mucílago
<i>Acacia angustissima</i>	Heterogéneo IIB	246 ± 43 células procumbentes	2-3 células/ 524 ± 71
<i>Cercis canadensis</i>	Heterogéneo IIB	182 ± 21 células procumbentes	2-4 células/ 387 ± 46
<i>Magnolia schiedeana</i>	Heterogéneo IIB	206 ± 33 células procumbentes	2-3 células/ 602 ± 60 Con células de aceite
<i>Osmanthus americanus</i>	Heterogéneo IIB	236 ± 30 células procumbentes	Biseriados/ 270 ± 39
<i>Piper amalago</i>	18 ± 4 células de ancho y 289 ± 80 µm; radios excepcionalmente altos, se extienden a lo largo del entrenudo; compuestos de células cuadradas y erectas, con algunas células procumbentes dispersas entre éstas.		
<i>Chione venosa</i> var. <i>mexicana</i>	Heterogéneo IIA	476 ± 40 células cuadradas o erectas	2-3 células/ 628 ± 280
<i>Decatropis bicolor</i>	Heterogéneo IIB	197 ± 32 células procumbentes	Biseriados/ 254 ± 24
<i>Zanthoxylum hidalgense</i>	Heterogéneo IIB	174 ± 43 células procumbentes	2-3 (4) células/ 469 ± 62
<i>Buddleja cordata</i>	Heterogéneo IIB	353 ± 71 células cuadradas o erectas	2-3 (4) células 519 ± 102

entre 241 µm y 315 µm; mientras que cinco especies mostraron valores medianos, con 366 µm (en *Buddleja cordata*) a 486 µm (en *Nectandra sanguinea*); *Chione venosa* var. *mexicana* (812 µm), *Magnolia schiedeana* (872 µm) y *Clethra pringlei* (1075 µm) presentaron los elementos de vaso más largos. Las placas de perforación fueron de dos

tipos, simples en nueve especies y escalariformes en tres (Figs. 2L, 4H); en *Clethra pringlei* además de las placas escalariformes, se observaron placas con perforación reticulada (Fig. 1H). Las punteaduras intervasculares alternas predominaron, excepto en *Clethra pringlei* y *Magnolia schiedeana* que las tuvieron escalariformes (Fig. 2K). Siete

especies (58%) presentaron engrosamientos helicoidales (Fig. 2E); seis a lo largo de todo el elemento de vaso y en *Clethra pringlei* exclusivamente en las lúgulas. En *Wimmeria concolor* y *Magnolia schiedeana* los engrosamientos fueron tenues y solo están presentes en algunos vasos.

**Fibras** (Tabla 4). Más de la mitad de las especies (8) presentaron fibras con punteaduras simples, en los otros cuatro taxa las fibras mostraron punteaduras areoladas. Únicamente *Cercis canadensis* presentó fibras septadas. En seis especies las fibras tuvieron longitudes medianas (de 914  $\mu\text{m}$  – 1385  $\mu\text{m}$ ), en cuatro fueron cortas y los valores más pequeños los tienen *Acacia angustissima* y *Piper amalago*, con promedios de 785  $\mu\text{m}$  y 788  $\mu\text{m}$  respectivamente; las fibras más largas se registraron en *Magnolia schiedeana* (1621  $\mu\text{m}$ ) y en *Clethra pringlei* (1731  $\mu\text{m}$ ). En nueve de las 12 especies estudiadas las paredes de las fibras fueron delgadas, mientras que en el resto se presentaron gruesas.

**Parénquima.** El parénquima axial fue escaso a regular y se organiza de diferentes formas (Tabla 5), observándose apotraqueal y/o paratraqueal en la mayoría de las especies, excepto en *Decatropis bicolor* y *Wimmeria concolor* que presentaron parénquima bandeado, angosto (formado por 3 a 5 hileras de células) y ancho (de 5 a 10 hileras de células), respectivamente (Figs. 1A, 4A y 4B); además *D. bicolor* exhibió cristales prismáticos en cámaras dentro de las células (Fig. 4D). En el caso de los radios fueron heterogéneos tipo IIB en ocho especies y heterogéneos tipo IIA en tres (Tabla 6); solo en *Piper amalago* se mostraron extremadamente altos y anchos (Figs. 3D y 3E), por lo que no entran en ninguna de las categorías propuestas por Kribs (1935).

## DISCUSIÓN

### Comparación anatómica entre las especies estudiadas

Con excepción de *Buddleja cordata*, *Magnolia schiedeana* y *Zanthoxylum hidalguense*, no se tiene registro de

estudios anatómicos de la madera de nueve de las especies estudiadas (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006; Arenas *et al.*, 2012; López y Ortega, 1989).

Al parecer algunos caracteres como los anillos de crecimiento pueden estar relacionados con la posición geográfica de esta comunidad, que constituye el límite más norteño del BMM en México (Acosta, 2004). Por ejemplo, en la zona de estudio, 92% de las especies mostró anillos de crecimiento evidentes, mientras que aquellas que se desarrollan hacia el centro del país generalmente no los presentan (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005). Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata (2006) registran que solamente 38% de las especies de un BMM en el Estado de México, forman anillos de crecimiento. Analizando lo anterior parece que las especies tienden a formarlos conforme la latitud aumenta; sin embargo, es necesario que se realicen más estudios, que apoyen este supuesto. La respuesta que se ha observado en una sola especie, o grupo taxonómico de amplia distribución, es que las especies/ poblaciones más boreales, tienden a formar anillos de crecimiento, así como porosidades anulares (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006; Noshiro y Baas, 2000). Es sabido que los anillos de crecimiento se relacionan con el clima y con la latitud, reconociendo que conforme esta última aumenta, un mayor número de especies los presentan (Metcalf y Chalk, 1983); igualmente podría ser una respuesta asociada con las modificaciones del fotoperiodo. Entender el comportamiento de los anillos crecimiento en especies locales es una inquietud actual que se relaciona con el impacto que el hombre ha tenido sobre la vegetación y, por lo tanto, con el cambio climático (Somaru-Ram *et al.*, 2008). Bajo este contexto, las especies del BMM que forman anillos de crecimiento, potencialmente podrían ser empleadas en reconstrucciones climáticas regionales.

Contrario a lo que se observa en latitudes mayores, en 75% de los taxa analizados aquí, la porosidad es difusa. Aunque este porcentaje es menor que el registrado para el centro de México (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro Plata, 2006), no se reconoció porosidad anular en ninguna de las especies,



apreciándose solo una continuidad entre semianular-anular en *A. angustissima* y *Buddleja cordata*. La ausencia de maderas con porosidad anular concuerda con otros estudios al señalar que es común que en ambientes en donde no existe estacionalidad marcada predominen especies con porosidad difusa (Alves y Angyalossy-Alfonso, 2000; Woodcock *et al.*, 2000). Otras tendencias en los caracteres como son vasos con diámetro pequeño (< 100  $\mu\text{m}$ ), longitudes de los elementos de vaso mayores a 350  $\mu\text{m}$  (hasta 1075  $\mu\text{m}$  en *Clethra pringlei*), fibras con longitudes mayores de 900  $\mu\text{m}$ , paredes delgadas y lúmenes amplios; parénquima axial escaso y los radios heterogéneos tipo IIB y IIA, así como la presencia de engrosamientos helicoidales y placas de perforación escalariforme, e incluso reticulada (en algunos vasos de *C. pringlei*), parecen ser comunes en las especies de los BMM mexicanos (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006). Varios de ellos se han reconocido como caracteres retenidos con tendencia a presentarse en especies que habitan bosques tropicales de montaña o zonas mesofíticas (Baas, 1983; Versteegh, 1968; Wheeler y Baas, 1993). Para confirmar las diferencias discutidas, se deben realizar estudios en México que abarquen mayor número de especies, así como más localidades de BMM a lo largo de su distribución latitudinal.

Se menciona que debido a la homogeneidad del ambiente, los caracteres anatómicos de la madera de algunas especies típicas del BMM, como las Clethraceae, pueden no presentar correlación evidente con la latitud o altitud (Giebel y Dickison, 1976). Sin embargo, algunos de los ejemplos citados en este trabajo parecen indicar que no siempre es así.

### Comparación anatómica de las especies estudiadas con taxa afines

Los caracteres anatómicos de la madera pueden determinar a las especies o grupos de ellas; entender la diversidad de tales atributos contribuye al esclarecimiento de relaciones taxonómicas a diferentes niveles jerárquicos de la clasificación. En este sentido algunos caracteres de las especies aquí estudiadas se comparan con lo encontrado

en otros trabajos realizados a nivel de especie, género y/o familia.

Para las Celastraceae se han encontrado maderas con vasos pequeños, solitarios y muy numerosos condición presente en *Wimmeria concolor*. Sin embargo, la porosidad anular a semi-anular registrada en la familia difiere de la porosidad difusa observada en la especie estudiada. Los engrosamientos helicoidales señalados como ocasionales en las Celastraceae se presentan en *W. concolor*. El parénquima axial es muy variable a nivel de género y aun entre especies de *Wimmeria*, por lo que puede ser utilizado como carácter taxonómico. Los radios biseriados observados en *W. concolor*, se mencionan para el género. En general los radios angostos (uni y biseriados) parecen ser la condición típica en las Celastraceae (Metcalf y Chalk, 1950).

La madera de *Clethra pringlei* presenta atributos propios de las Clethraceae, los cuales se mencionan como uniformes para la familia (Giebel y Dickison, 1976). Ellos están relacionados con elementos de vaso solitarios, de contorno angular, largos y con diámetro tangencial menor a 100  $\mu\text{m}$ , así como con la presencia de fibrotraqueidas, radios heterogéneos y parénquima axial escaso. Generalmente se han encontrado anillos de crecimiento apenas evidentes y delimitados por fibrotraqueidas con paredes gruesas; para *C. pringlei* se reconocen de manera similar todos estos rasgos anatómicos. Sin embargo, los anillos de crecimiento no siempre son evidentes, como es el caso de *C. mexicana* (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2000; De la Paz Pérez y Quintanar 1994; Ortega *et al.*, 1988). Giebel y Dickison (1976) mencionan que para especies tropicales se encuentran ausentes. La presencia/ausencia de células envainantes de los radios, así como los engrosamientos helicoidales, finos o prominentes, en las lígulas de los elementos de vaso, podrían considerarse de valor taxonómico en el género. Los caracteres cuantitativos de los elementos traqueales muestran diferencias entre especies, aunque muchos de ellos se superponen (Giebel y Dickison, 1976; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2000). Aspectos como el tamaño del individuo, el ambiente o el origen geográfico de los taxa pueden influir en la variación de estos caracte-

res. (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006; Terrazas *et al.*, 2008).

La madera de *Nectandra sanguinea* comparte con otros miembros de las Lauraceae porosidad difusa, vasos ovalados, solitarios y agrupados en múltiples radiales de 2 a 4, punteaduras intervasculares alternas, parénquima paratraqueal y células de aceite/mucilaginosas en radios (Rohwer, 1993; Bernardino, 2012). Para diferenciar entre especies de *Nectandra*, caracteres como tipo de parénquima paratraqueal, presencia/ausencia de cristales aciculares o prismáticos en los radios, presencia de placas de perforación escalariforme, abundancia y localización de las células de aceite/mucilago y seriación de radios, pueden contribuir a diferenciarlas (Bernardino, 2012). Por ejemplo, para *N. sanguinea* no se observó ningún tipo de cristal.

Con respecto a las Fabaceae, la madera de *Acacia angustissima* muestra algunas similitudes con otras Mimosoideae (Camargo-Ricalde, 2000; Montaña-Arias *et al.*, 2013). Por ejemplo, presentan un contorno redondeado de los vasos que se arreglan solitarios y en múltiples radiales de dos y el tipo de parénquima axial que es paratraqueal vasicéntrico y en bandas. En el caso de *Cercis canadensis*, perteneciente a Caesalpinoideae, los radios uniseriados y multiseriados son muy cortos, además se observan engrosamientos helicoidales tenues en todo el elemento del vaso. Contrariamente, para *Cercis*, Metcalfe y Chalk (1950) describen radios muy largos y no mencionan la presencia de engrosamientos helicoidales en los vasos para alguna de las especies del género. No obstante, se reconoce que estos engrosamientos se presentan en otros géneros de Caesalpinoideae (Nair, 1987; Pujana *et al.*, 2011).

Los caracteres anatómicos de *Magnolia schiedeana* son similares a la descripción de López y Ortega (1989) para esta especie, así como para otras de distribución en Asia (Chen *et al.*, 1993). La porosidad difusa, placas de perforación y punteaduras intervasculares escalariformes, parénquima axial apotraqueal y paratraqueal escaso y marginal en bandas, además de células de aceite asociadas a parénquima radial, al parecer son caracteres constantes

en *Magnolia*. Caracteres como la proporción de placas de perforación simple/escalariforme, el tipo de radios heterogéneos/homogéneos y la presencia de posibles septos en las fibras, pueden distinguir entre especies del género (Metcalfe y Chalk, 1950).

Las Oleaceae presentan variación en su madera al presentar diferentes tipos de anillos de crecimiento, agrupaciones de vasos y parénquima axial. Aunque este último es principalmente paratraqueal, varía desde escaso hasta aliforme confluyente. Los radios tienden a ser angostos, generalmente de 2-3 células de ancho, aunque también se presentan los de cuatro células. Sin embargo, no se mencionan para la familia diámetros de vaso mayores a 100  $\mu\text{m}$  (Baas *et al.*, 1988; Metcalfe y Chalk, 1950). La especie *Osmanthus americanus* estudiada aquí, sigue el patrón general publicado para el género al presentar anillos de crecimiento delimitados por células de parénquima marginal, porosidad difusa, contorno ligeramente angular de los vasos y el arreglo dendrítico de los mismos, así como la presencia de engrosamientos helicoidales a lo largo de todo el elemento de vaso. El tipo de punteaduras en fibras podría contribuir a la separación entre especies (Metcalfe y Chalk, 1950).

*Piper amalago* presenta caracteres típicos de Piperaceae, como son los radios anchos y extremadamente altos, pero de acuerdo con los valores que proporcionan Metcalfe y Chalk (1950), el número de células que conforman el ancho de los mismos varía considerablemente. En *P. amalago* los radios están formados por 12-26 células de ancho, mientras que para la familia se mencionan de 30 a 40. El número de vasos por milímetro cuadrado también difiere ampliamente, siendo mayor en *P. amalago* (33) que lo publicado para la familia (5-12; Metcalfe y Chalk, 1950).

En Rubiaceae se distinguen dos grandes tipos de madera, basados en la agrupación de vasos, así como en las características de fibras, parénquima axial y radial (Jansen *et al.*, 2002) La presencia de fibras con punteaduras areoladas, parénquima axial apotraqueal difuso y difuso en agregados y radios con márgenes uniseriados muy largos en *Chione venosa* var. *mexicana*, confirma



que esta especie presenta madera tipo Tipo I de Rubiaceae.

Los caracteres que pueden variar en *Decatropis bicolor* con respecto a otras Rutaceae se basan principalmente en el tipo de porosidad y en el tipo y seriación de radios, éstos últimos se presentan en la especie estudiada como uniseriados y biseriados (heterogéneos IIB); en relación con la seriación Metcalfe y Chalk (1950) mencionan que los radios en la familia pueden ser exclusivamente uniseriados o estar compuestos por 2 a 3 y hasta por más de seis series de ancho y heterogéneos tipo IIA. El caso de *Zanthoxylum hidalgense* las diferencias se basan en el tipo de porosidad y parénquima axial. En la especie estudiada, la porosidad es difusa a semianular y el parénquima axial paratraqueal escaso y vascicéntrico en vainas angostas. Mientras que la madera de esta misma especie en Querétaro se diferencia por la presencia de parénquima apotraqueal difuso y algunos caracteres cuantitativos (Arenas *et al.*, 2012). Por su parte, Metcalfe y Chalk (1950) reconocen para el género *Zanthoxylum* porosidad anular a semianular y parénquima axial en bandas terminales de 1-6 células de ancho.

Con respecto a la madera de *Buddleja cordata* se observó que la porosidad semianular/anular, corresponde a las poblaciones del centro-norte del país, como lo indican Aguilar-Rodríguez *et al.* (2006), quienes mencionan que en esta especie se expresa una gradación en la porosidad, observándose difusa en el sur y anular en los lugares secos y fríos de la República Mexicana. Al parecer los anillos de crecimiento en *B. cordata* también están relacionados con diferencias climáticas, por lo que su presencia/ausencia no puede considerarse un carácter taxonómico en la especie. Se reconoce para *B. cordata* la presencia de fibras nucleadas, ya que Aguilar-Rodríguez *et al.* (2006) no las refieren para ninguna de las poblaciones de *B. cordata* que ellos estudiaron. En general *Buddleja* muestra una estructura muy homogénea. Caracteres como los engrosamientos helicoidales en vasos, fibras septadas o vivas, parénquima axial escaso y radios heterogéneos tipo IIB, tienden a compartirse entre especies de *Buddleja* (Aguilar-Rodríguez y Terrazas, 2001).

## CONCLUSIONES

La dominancia de maderas con anillos de crecimiento conspicuos parece estar relacionada con la ubicación del BMM al norte de México. Existen algunas similitudes en las tendencias observadas para otros BMM en México. Caracteres como: la porosidad difusa; elementos de vasos y fibras medianos y largos, vasos con diámetros menores a 100  $\mu\text{m}$ , generalmente numerosos; con engrosamientos helicoidales, placas de perforación escalariforme y parénquima axial escaso (en la mitad de las especies), son atributos que se relacionan con ambientes húmedos de montaña.

La variedad en las características anatómicas de las maderas descritas aquí, corresponden con las familias y/o género a los que las especies pertenecen. Asimismo, reflejan la diversidad de los linajes estudiados. Las diferencias entre los taxa de un grupo aún pueden relacionarse con el tipo de anillos de crecimiento, la abundancia de los vasos, algunas de las características cualitativas y cuantitativas de sus elementos de vaso y fibras, así como con el parénquima axial y parénquima radial. Lo anterior puede atribuirse al ambiente, a la edad del individuo o al origen geográfico de las especies. Estudios sobre variabilidad anatómica de la madera a nivel intra-específico e inter-específico de los BMM de México permitirán esclarecer dichas variaciones.

## REFERENCIAS

- Acosta, S. 2004. Afinidades de la flora genérica de algunos bosques mesófilos de montaña del nordeste, centro y sur de México: un enfoque fenético. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 75(1):61-72.
- Aguilar-Rodríguez, S., J. Barajas-Morales y J.D. Tejero-Díez. 2000. Anatomía de maderas de México: especies de un bosque mesófilo de montaña. Instituto de Biología. Publicaciones Especiales 17. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 87 p.
- Aguilar-Rodríguez, S. y J. Barajas-Morales. 2005. Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 77:51-58.

- Aguilar-Rodríguez, S. y B.J. Castro-Plata. 2006. Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México. *Madera y Bosques* 12(1):95-115.
- Aguilar-Rodríguez, S., T. Terrazas y L. López-Mata. 2006. Anatomical wood variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) along its natural range in México. *Trees* 20:253-261.
- Aguilar-Rodríguez, S. y T. Terrazas. 2001. Anatomía de la madera de *Buddleja* L. (Buddlejaceae): análisis fenético. *Madera y Bosques* 7(2):63-85.
- Alves, S.E. y V. Angyalossy-Alfonso. 2000. Ecological trends in the wood anatomy of some brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal* 21(1):3-30.
- Arenas, F.F., A.R. Andrés-Hernández, T. Terrazas y C. Castañeda. 2012. La madera de cinco especies de *Zanthoxylum* L. (Rutaceae) con distribución en México. *Madera y Bosques* 18(1):43-56.
- Baas, P. 1983. Ecological patterns in xylem anatomy. In: Givnish T.J., ed. On the economy of plant form and function. Cambridge University Press. Nueva York, EUA. p:327-352.
- Baas, P., P.M. Esser, M.E.T. Van Der Westen y M. Zandee. 1988. Wood anatomy of the Oleaceae. *IAWA Bulletin new series* 9:104-177.
- Barajas-Morales, J. 1980. Anatomía de maderas de México No. 3. Diez especies del bosque caducifolio de las cercanías de Xalapa, Veracruz. México. *Biotica* 5(1):23-40.
- Bárceñas-Pazos, G.M., F. Ortega-Escalona, G. Ángeles-Álvarez y P. Ronzón-Pérez. 2005. Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. *Universidad y Ciencia* 21(42):45-55.
- Berlyn, G.P. y J.P. Miksche. 1976. Botanical microtechnique and cytochemistry. Iowa State University Press. Iowa. 326 p.
- Bernardino, G.F. 2012. Anatomia do lenho de árvores de espécies de canela, *Ocotea* Aubl. e *Nectandra* Rol. ex Rottb. (Laureaceae) ocorrentes no Estado de Santa Catarina. Obtenção do título de Mestre. *Biologia Vegetal*, Centro de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Santa Catarina. 114 p.
- Camargo-Ricalde, S.L. 2000. Descripción, distribución, anatomía, composición química y usos de *Mimosa tenuiflora* (Fabaceae-Mimosoideae) en México. *Revista de Biología Tropical* 48:939-954.
- Carlquist, S. 1977. Ecological factors in wood evolution: A floristic approach. *American Journal of Botany* 64(7): 887-896.
- Carmona, V.F.T. 1979. Características histológicas de la madera de cuatro especies del bosque caducifolio de México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. México. D.F. 170 p.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Conabio-Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre S.C., México, D.F. p:443-518.
- Challenger, A. y J. Soberón. 2008. Los ecosistemas terrestres de México. In: J. Soberón, G. Halffter y J. Llorente, eds. Capital Natural de México, Vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. p:87-108.
- Chattaway, M.M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 29:20-28.
- Chen, B.L., P. Baas, E.A. Wheeler y S. Wu. 1993. Wood anatomy of trees and shrubs from China. VI. Magnoliaceae. *IAWA Journal* 14(4):391-412.
- Conabio. 2010. El bosque mesófilo de montaña en México: amenazas y oportunidades para su conservación y manejo sostenible. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D.F. 197 p.
- De La Paz-Pérez O., C. 1980. Estudio anatómico de la madera de 11 especies de angiospermas. Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México. No. 64. 111 p.
- De La Paz-Pérez O., C. y A. Quintanar. 1994. Características anatómicas de la madera de cinco especies del estado de Jalisco, México. *Acta Botánica Mexicana* 27:75-87.
- De La Paz-Pérez O., C. y T.F. Carmona. 1980. Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales* 63:1-276.
- De La Paz-Pérez O., C., P. Olvera C y G. Corral L. 1982. Estudio anatómico de la madera de 26 especies de angiospermas de clima templado. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales* 91:1-126.





- Guthrie, L. R. 1989. Xylem structure and ecological dominance in a forest community. *American Journal of Botany* 76(8):1216-1228.
- Giebel, K. P. y W.C. Dickison 1976. Wood anatomy of Clethraceae. *The Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society* 92:17-26.
- IAWA Committee. 1937. Committee on the standardization of terms of cell size. Standard terms of length of vessel members and wood fiber. *Tropical Woods* 51:21-220.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin new series* 10(3):219-332.
- Jansen, S., E. Robbrecht, H. Beeckman y E. Smets. 2002. A survey of the systematic wood anatomy of the Rubiaceae. *IAWA Journal* 23(1):1-67.
- Johansen, J. 1940. Plant microtechnique. McGraw-Hill Book Company. Nueva York. 523 p.
- Kribs, D. A. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays in dicotyledons. *Botanical Gazette* 96(3):547-557.
- López, M. S. 1997. Tendencias ecológicas en la estructura de la madera de árboles de un Bosque mesófilo de montaña de Michoacán. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México. Tlanepantla, Estado de México. 80 p.
- López, C.H y F. Ortega E. 1989. Angiospermas arbóreas de México No. 2. Anatomía de la madera de once especies. Instituto de Ecología, A.C.-Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Boletín Técnico La Madera y su Uso No. 23. Xalapa. 128 pp.
- López.-Mata, L., J.L. Villaseñor, G. Cruz-Cárdenas, E. Ortiz, y C. Ortiz-Solorio. 2012. Predictores ambientales de la riqueza de especies de plantas del bosque húmedo de montaña de México. *Botanical Sciences* 90(1):27-36.
- Luna, I., O. Alcántara, D. Espinosa y J.J. Morrone. 1999. Historical relationships of the Mexican cloud forests: a preliminary vicariance model applying parsimony analysis of endemism to vascular plant taxa. *Journal of Biogeography* 26(6):1299-1305.
- Metcalfe, C.R. y L. Chalk. 1950. Anatomy of the dicotyledons. Vol. I. Clarendon Press. Oxford. 1459 p.
- Metcalfe, C.R. y L. Chalk. 1983. Anatomy of the dicotyledons. 2a ed. Vol. II. Clarendon Press. Oxford. 315 p.
- Montaño-Arias, S., S.L. Camargo-Ricalde y C. de la Paz-Pérez-Olvera. 2013. Ecoanatomía de los elementos vasculares de la madera de cinco especies del género *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae). *Botanical Sciences* 91(1):1-10.
- Nair, M.N.B. 1987. Occurrence of helical thickenings of the vessel element walls of dicotyledonous woods. *Annals of Botany* 60(1):23-32.
- Noshiro, S. y P. Baas 2000. Latitudinal trends in wood anatomy within species and genera: case study in *Cornus s. l.* (Cornaceae). *American Journal of Botany* 87(10):1495-1506.
- Ortega, F., L. Guerrero, T. Carmona y C. Córdoba. 1988. Angiospermas arbóreas de México Núm. 1. Anatomía de la madera de veintiocho especies de Cosautlán de Carvajal, Veracruz. La madera y su uso. Bol. Téc. No. 19. Instituto Nacional de Investigación Sobre Recursos Bióticos-Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. Xalapa, Veracruz. 179 p.
- Puig, H. 1993. Árboles y arbustos del bosque mesófilo de montaña de la reserva El Cielo, Tamaulipas, México. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz, México. 85 p.
- Pujana, R.R., L.C. A. Martínez y M. Brea. 2011. El registro de maderas fósiles de Leguminosae de Sudamérica. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s.* 13(2):183-194.
- Quintanar, A., C. De La Paz- Pérez O., I. De la Cruz y D. Razo. 1996. Anatomía de ocho especies de angiospermas de clima templado. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58:5-14.
- Rohwer, J.G. 1993. Nectandra (Lauraceae). Flora Neotropica Monograph 60, New York Botanical Garden Press. Nueva York, NY. 332 p.
- Rzedowski, J. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35:25-44.
- Somaru-Ram, H.P. Borgaonkar y A.B. Sikder. 2008. Tree-ring analysis of teak (*Tectona grandis* L.F.) in central India and its relationship with rainfall and moisture index. *Journal of Earth System Science* 117(5):637-645.

- Terrazas, T., S. Aguilar-Rodríguez y L. López-Mata. 2008. Wood anatomy and its relation to plant size and latitude in *Buddleja* L. (Buddlejaceae). *Interciencia* 33(1): 46-50.
- Versteegh, C. 1968. Anatomical study of some woody plants of the mountain flora in the tropics (Indonesia). *Acta Botanica Neerlandica* 17:151-159.
- Villaseñor, J.L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: catálogo florístico-taxonómico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 40 p.
- Wheeler A.E y P. Baas. 1993. The potentials and limitations of dicotyledonous wood anatomy for climatic reconstructions. *Paleobiology* 19(4):487-498.
- Woodcock, W.D., G. Dos Santos y C. Reynel. 2000. Wood characteristics of Amazon forest types. *IAWA Journal* 21(3):277-292.
- Manuscrito recibido el 15 de junio de 2013.  
Aceptado el 22 de mayo de 2014.
- Este documento se debe citar como:  
Aguilar-Alcántara, M., S. Aguilar-Rodríguez y T. Terrazas. 2014. Anatomía de la madera de doce especies de un el bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México. *Madera y Bosques* 20(3):69-86.