



Madera y Bosques

ISSN: 1405-0471

mabosque@inecol.mx

Instituto de Ecología, A.C.

México

Ramírez-Martínez, Monserrat; Terrazas, Teresa; Aguilar-Rodríguez, Silvia; Martínez-Ávalos, José Guadalupe

Anatomía de la madera de especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas, México

Madera y Bosques, vol. 23, núm. 2, 2017, pp. 21-41

Instituto de Ecología, A.C.

Xalapa, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61752760002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



Anatomía de la madera de especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas, México

Wood anatomy of species of a deciduous dry forest at Tamaulipas, Mexico

Monserrat Ramírez-Martínez¹, Teresa Terrazas¹, Silvia Aguilar-Rodríguez² y José Guadalupe Martínez-Ávalos³

¹ Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Ciudad de México, México.

* Autor de correspondencia. tterrazas@ib.unam.mx

² Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Unidad de Morfología y Función. Laboratorio de Botánica. Tlalnepantla, Estado de México, México. siagro@campus.iztacala.unam.mx

³ Universidad de Autónoma de Tamaulipas. Instituto de Ecología Aplicada. Ciudad Victoria, Tamaulipas, México.

RESUMEN

Se estudió la anatomía de la madera de 21 especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas, México, con el objetivo de contribuir al conocimiento anatómico y comparar sus atributos entre ellas y con las de otra selva baja caducifolia de México. Los resultados mostraron anillos de crecimiento; 52% de las especies tienen porosidad difusa; predominan las fibras libriformes con paredes gruesas en 43% de las especies y muy gruesas en *Ebenopsis ebano*, *Drypetes lateriflora*, *Randia* sp. y *Vachellia farnesiana*; el parénquima es comúnmente paratraqueal y los radios son heterocelulares, excepto en cinco especies de Fabaceae. Las tres especies cuya madera se describe por primera vez se distinguen porque en *Harpalyce arborescens* el parénquima axial y radial es estratificado, *Ocotea tampicensis* por sus vasos angostos y fibras cortas y *Robinsonella discolor* por sus fibrotraqueidas y cuerpos de sílice en los radios. Al comparar la anatomía de la madera a nivel de especie con sus respectivos grupos taxonómicos, se encontraron semejanzas propias de los grupos pero diferencias en el tamaño de los elementos celulares. Los caracteres cuantitativos de la madera se encuentran dentro de los valores registrados para la selva baja caducifolia de la reserva de Chamela; pero las longitudes de elementos de vaso y fibras son más cortas y el diámetro de los vasos es más angosto en las especies aquí estudiadas. La anatomía de ambas comunidades se relaciona con el tipo de clima que les permite sobrevivir durante las temporadas de sequía que se presentan anualmente.

PALABRAS CLAVE: anillos de crecimiento, fibras libriformes, Fabaceae, *Wimmeria concolor*, *Harpalyce arborescens*, *Ocotea tampicensis*, *Robinsonella discolor*, cuerpos de sílice, porosidad difusa, bosque tropical seco.

ABSTRACT

Wood anatomy of 21 species of the deciduous dry forest at Tamaulipas, Mexico was studied with the aim of contributing to their anatomical knowledge and to compare their attributes with each other and with other deciduous dry forest of Mexico. The results showed growth rings, and 52% of them have diffuse porosity. Fibers were libriform with thick walls in 43% species and very thick in *Ebenopsis ebano*, *Drypetes lateriflora*, *Randia* sp. and *Vachellia farnesiana*. Paratracheal parenchyma predominated and rays were heterocellular, except for five species of Fabaceae. The wood of the three species which is described for the first time is distinctive: *Harpalyce arborescens* by its storied axial and radial parenchyma, *Ocotea tampicensis* by its narrow vessels and short fibers and *Robinsonella discolor* by its fibrotracheids and silica bodies in rays. When comparing the species' wood anatomy with their taxonomic groups similarities within groups but differences in cells size were found. Quantitative wood values are within those registered for the deciduous dry forest reserve at Chamela. However, the length of vessel elements and fibers is shorter and the vessel diameter is narrower in the species studied here. The anatomy of both communities is related to the type of climate that allows them to survive during the dry season that occurs annually.

KEY WORDS: growth rings, libriform fibers, Fabaceae, *Wimmeria concolor*, *Harpalyce arborescens*, *Ocotea tampicensis*, *Robinsonella discolor*, silica bodies, diffuse porosity, tropical dry forest.

INTRODUCCIÓN

En diversos estudios sobre anatomía de maderas se han registrado variaciones estructurales en el xilema secundario de individuos de una misma especie que crecen en diferentes condiciones ecológicas (Metcalf y Chalk, 1983), así como convergencias estructurales entre especies que no se relacionan taxonómicamente, pero que cohabitan en una misma comunidad vegetal (Lindord, 1994; Callado, da Silva-Neto, Scarano y Costa, 2001); estos últimos abarcan floras locales. Una de las primeras investigaciones en el nivel de comunidad es la de Carlquist y Hoekman (1985), quienes describen la madera de 207 especies del sur de California, observando que hay caracteres que se relacionan con el tipo de clima de dicha región. Ese mismo año Baas y Carlquist (1985) mencionan, para las maderas del sur de California y de Israel, diferencias anatómicas entre las especies de ambas comunidades, atribuidas a la composición florística y discuten sobre el transporte eficiente de agua por los vasos y su resistencia a la sequía. Actualmente se cuenta con estudios a nivel de comunidad en diversas regiones geográficas de Europa (Baas y Schweingruber, 1987; Crivellaro y Schweingruber, 2013) y América (Lindord, 1994; Callado *et al.*, 2001; León, 2010; Aguilar-Alcántara, Aguilar-Rodríguez y Terrazas, 2014; León, 2015). Sin embargo, para México estos son los menos abordados y para las selvas bajas caducifolias (sbc) solamente se registran los trabajos de Barajas-Morales (1985) y Barajas-Morales y León-Gómez (1989), quienes describen la anatomía de la madera de una selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco. Con respecto a la sbc de Tamaulipas se han realizado estudios sobre la tecnología de la madera de algunas de sus especies (Fuentes-Salinas, Correa-Méndez, Borja-de la Rosa y Corona-Ambriz, 2008), pero aún se desconocen las características de la madera y cuáles de sus atributos se comparten con especies de otras selvas bajas caducifolias de la República Mexicana.

OBJETIVOS

Describir las características anatómicas de la madera de 21 especies de una sbc de Tamaulipas, con la finalidad de

compararlas con las de sus propios grupos taxonómicos y con las especies de otra sbc de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del área de estudio

En el estado de Tamaulipas la selva baja ocupa el segundo lugar en superficie, se distribuye en 16 de los 42 municipios del estado. Aquí se encuentran las comunidades de sbc más septentrionales de todo el Golfo de México; está aislada del resto de este tipo de vegetación y a diferencia de otras selvas secas del Pacífico mexicano y de la Península de Yucatán, está poco perturbada (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, 2005). En la sbc de Tamaulipas existe mayor humedad que en otras de distribución mexicana y las condiciones son preferentemente semicálidas. La precipitación media anual en la región oscila entre 700 mm y 1200 mm (Trejo-Vázquez, 1999; Martínez-Ávalos, Ascencio y Medina, 2011). Como parte de la caracterización estructural de la sbc de Tamaulipas se seleccionaron dos sbc con climas contrastantes para estudiar las características de la madera de algunas de las especies con los mayores valores de importancia en cada comunidad (Martínez-Ávalos *et al.*, datos sin publicar). Estas sbc se ubican en Los Ébanos municipio de Casas y El Aracate municipio de Soto La Marina. En Los Ébanos el clima es semiseco con temperatura promedio anual entre 23.8 °C y 24.0 °C y una precipitación anual entre 660.1 mm a 756.3 mm $[BS_1(h')hw]$ y en El Aracate el clima es semicálido subhúmedo, temperatura media anual entre 22.2 °C y 23.3 °C y precipitación anual entre 894.8 mm a 1079.8 mm $[(A)C(w_0)]$.

Trabajo de campo

Se recolectaron muestras de la madera de 21 especies de árboles de la selva baja caducifolia de Tamaulipas, 10 especies en la localidad Los Ébanos municipio de Casas y 11 en El Aracate municipio de Soto La Marina (Tabla 1). De cada especie se seleccionaron tres individuos y se obtuvieron rodajas de 5 cm de alto de cada uno de los troncos maduros a 5 cm del suelo en los árboles menores de 2 m y



TABLA 1. Listado de las especies estudiadas de la selva baja caducifolia procedentes de los sitios Los Ébanos municipio de Casas y El Aracate municipio de Soto La Marina, arregladas por familia y número de colecta. La altura total es promedio de tres individuos.

Familia	Especie	Altura total (m)	Localidad	Colector y número
Boraginaceae	<i>Cordia boissieri</i> A. DC.	3.53	Los Ébanos	MA1987
	<i>Ehretia anacua</i> (Terán & Berland.) I.M. Johnst.	3.21	Los Ébanos	MA2000
Cannabaceae	<i>Celtis</i> sp.	1.75	El Aracate	MA1989
	<i>Celtis laevigata</i> Willd.	3.35	El Aracate	MA1988
	<i>Celtis pallida</i> Torr.	1.93	Los Ébanos	MA1990
Celastraceae	<i>Wimmeria concolor</i> Schlttdl. & Cham.	9.32	El Aracate	MA1994
Fabaceae	<i>Acacia berlandieri</i> Benth	1.54	Los Ébanos	MA1991
	<i>Bauhinia divaricata</i> L.	1.98	El Aracate	MA2001
	<i>Caesalpinia mexicana</i> A. Gray	2.15	El Aracate	MA2018
	<i>Ebenopsis ebano</i> (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	7.31	Los Ébanos	MA1986
	<i>Harpalyce arborescens</i> A.Gray	6.17	Los Ébanos	MA1992
	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	4.67	Los Ébanos	MA2002
	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC	8.54	Los Ébanos	MA1985
	<i>Vachellia farnesiana</i> (L.) Wight & Arn.	2.20	Los Ébanos	MA2003
	<i>Ocotea tampicensis</i> (Meisn.) Hemsl.	7.63	El Aracate	MA2010
Malvaceae	<i>Robinsonella discolor</i> Rose & Baker f. ex Rose	9.32	El Aracate	MA2004
Myrtaceae	<i>Myrcianthes fragrans</i> (Sw.) Mc Vaugh	11.23	El Aracate	MA2011
Putranjivaceae	<i>Drypetes lateriflora</i> (Sw.) Krug & Urb.	10.58	El Aracate	MA2020
Rubiaceae	<i>Randia</i> L. sp.	2.15	Los Ébanos	MA1984
Rutaceae	<i>Esenbeckia berlandieri</i> Baill.	8.56	El Aracate	MA2021
	<i>Zanthoxylum fagara</i> (L.) Sarg.	3.27	El Aracate	MA2012

a 1.30 m en los otros. Cada muestra se colocó en GAA (glicerina, alcohol y agua, 1:1:1) para fijar los tejidos y ablandar la madera. Para la determinación taxonómica de las especies se utilizó la literatura de Pennington y Sarukhán (2005) y Parker (2008). Los ejemplares determinados se encuentran depositados en el herbario UAT del Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (Tabla 1).

Laboratorio

Se obtuvieron cortes en los planos transversal, tangencial y radial de 20 µm - 25 µm de grosor con un micró-tomo de deslizamiento (Leica SM 2000R). A 50% de los

cortes de cada plano se le agregó cloro comercial (50%) hasta aclarar los tejidos y luego se lavaron con agua hasta eliminar el cloro; la otra mitad se mantuvo en alcohol a 50%. Posteriormente se deshidrataron y el teñido se realizó con la doble tinción safranina-verde rápido, enjuagando con alcohol absoluto y aclarando con xilol para finalmente montarse con resina sintética. De cada muestra se prepararon disociados cortando astillas de aproximadamente 1 cm de largo, cercanas al cámbium vascular y se colocaron en solución de Jeffrey (Johansen, 1940) dentro de una estufa a 56 °C durante 1 h a 24 h. Una vez disociado el material se lavó con agua corriente hasta eliminar por completo la solución de Jeffrey y se

hicieron preparaciones temporales para cuantificar la longitud de los elementos de vaso y las fibras; así como identificar la presencia de traqueidas. Se realizaron 25 mediciones por carácter por individuo en la madera cercana a cámbium vascular, utilizando un analizador de imágenes (Image Pro Plus versión 6.1, Media Cybernetics) adaptado a un microscopio Olympus BX-51. Es importante señalar que para los radios únicamente se cuantificó el alto y ancho de los más abundantes. Para calcular el grosor de la pared de la fibra y asignarle un término se modificó la propuesta de la Asociación Internacional de los Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989), paredes con < 25% se calificaron como muy delgadas, 26% - 35% delgadas, 36% - 50% gruesa y > 50% muy gruesa; para lo cual se aplicó la siguiente relación: $2gp/DT \times 100$. La descripción de la madera sigue la propuesta de IAWA (IAWA Committee, 1989).

Análisis estadísticos

Para cada carácter cuantificado de la madera por especie se calcularon las medidas de tendencia central media (media y moda) y de dispersión (desviación estándar). Para evaluar si existen diferencias estadísticas entre las especies de la sbc de Tamaulipas se realizó un análisis de varianza del modelo general lineal, seguido de la comparación de medias de Tukey, utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2008).

RESULTADOS

Variación de la madera

A continuación se hace una síntesis de los rasgos de la madera de las 21 especies (ver apéndice 1 para descripciones completas), en las tablas 2-4 se muestran los valores de la estadística descriptiva por especie y en las figuras 1-3 las características más sobresalientes de cada una de ellas. Los anillos de crecimiento son conspicuos y están delimitados por diferencias en el diámetro radial de vasos y de fibras, el grosor de la pared de la fibra y en algunas especies, por parénquima marginal (Fig. 1). Las especies con porosidad anular (*Ehretia anacua*, *Prosopis juliflora*) o

semianular (*Cordia boissieri*, *Celtis pallida*, *Caesalpinia mexicana*, *Harpalyce arborescens*, *Myrcianthes fragrans*, *Randia* sp., *Vachellia farnesiana*, *Zanthoxylum fagara*) son difíciles de asignarse a uno u otro tipo porque la variación entre anillos de crecimiento es amplia. El número de vasos es mayor a 5 mm⁻², pero en ningún caso sobrepasa los 100 mm⁻², encontrándose el valor más bajo en *Prosopis juliflora* (7 mm⁻²) y el más alto en *Robinsonella discolor* (74 mm⁻²); frecuentemente fluctúan entre 10 mm⁻² y 23 mm⁻² ($F = 223.29$, $P < 0.0001$, Tabla 2). El diámetro de los vasos se presenta en un intervalo de 60 µm a 80 µm en 38% de las especies; siendo *Prosopis juliflora* la que exhibe diferencias significativas debido a sus vasos más amplios (109.70 µm), mientras que *Robinsonella discolor* y *Wimmeria concolor* los muestran más angostos, con 38 µm y 37 µm respectivamente ($F = 24.58$, $P < 0.0001$, Tabla 2). Los vasos presentan un contorno que varía de circular a oval, pero en *Ehretia anacua* son ligeramente angulosos (Fig. 2A); además se presentan solitarios o se agrupan en hileras radiales y en racimos; en tres especies se arreglan en patrón diagonal (Fig. 1). Algunos vasos se mostraron ocluidos por gomas (Fig. 2B, C) en 57% de las especies. Cincuenta y dos por ciento de las especies tuvo longitud de los elementos de vaso menor a 350 µm (200 µm y 300 µm), habiendo diferencias significativas entre algunas especies ($F = 69.58$, $P < 0.0001$, Tabla 2). *Ebenopsis ebano* fue la especie con los elementos de vaso más cortos (169 µm) y *Celtis pallida* con los más largos (549 µm). Todas las especies presentaron placas de perforación simple y punteaduras alternas, areoladas, ovaladas, ocasionalmente circulares (Fig. 2D-F) y las punteaduras radio-vaso fueron diferentes o iguales a las intervasculares. *Myrcianthes fragrans* y *Wimmeria concolor* presentaron engrosamientos helicoidales (Fig. 2N).

Noventa por ciento de las especies presentó fibras libiformes excepto en tres especies con fibrotraqueidas (*Randia* sp., *Robinsonella discolor* y *Wimmeria concolor* (Fig. 2G); 23% de las especies estudiadas tienen fibras septadas (Fig. 2H, I) y únicamente *Ehretia anacua* y *Randia* sp. presentaron septadas y no septadas. La longitud de las fibras fue menor a 900 µm en 48% de las especies, reconociéndose

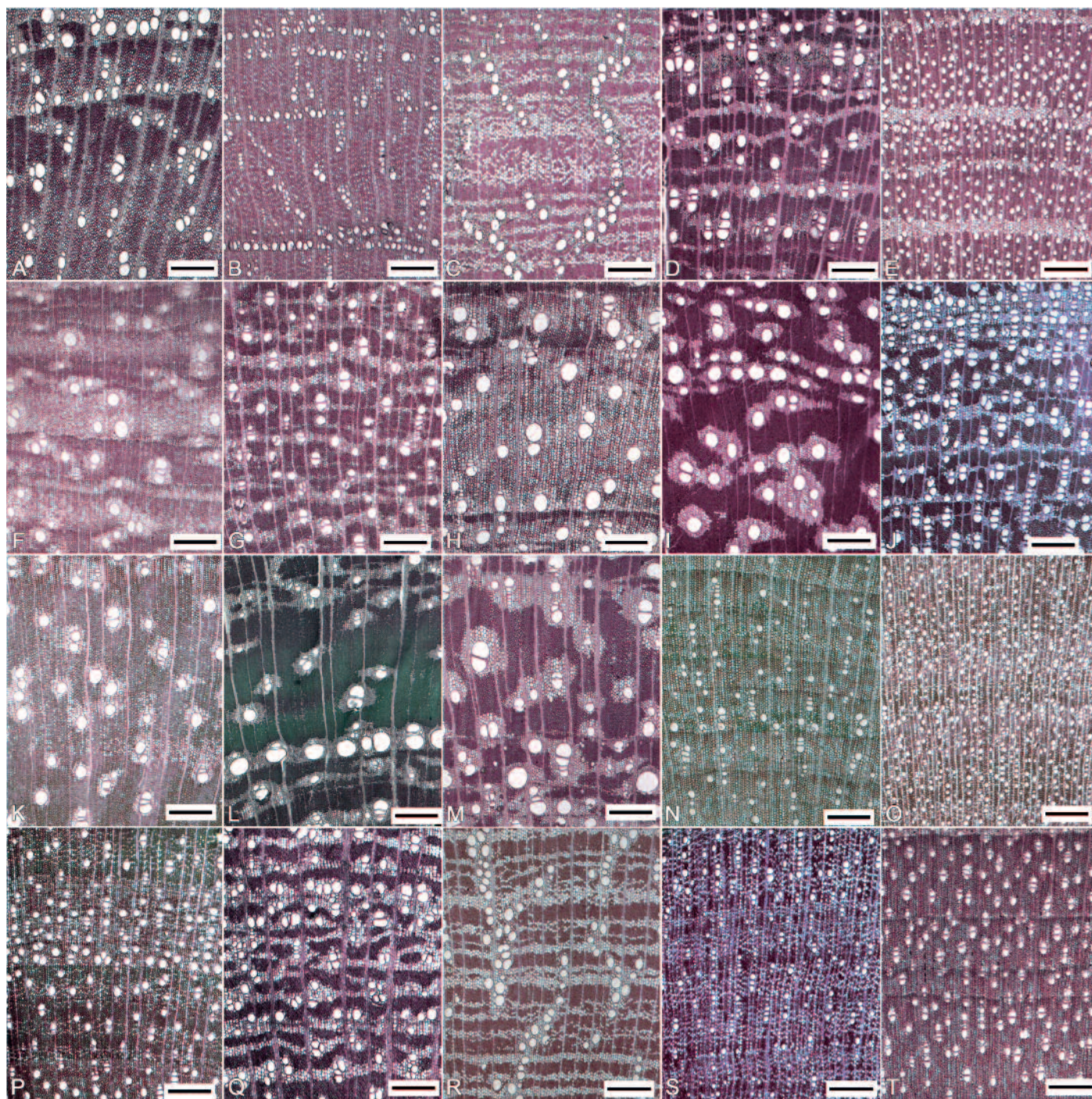


FIGURA 1. Porosidad, cortes transversales, de 21 especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas. (A) *Cordia boissieri*, (B) *Ehretia anacua*, (C) *Celtis laevigata*, (D) *Celtis pallida*, (E) *Wimmeria concolor*, (F) *Acacia berlandieri*, (G) *Bauhinia divaricata*, (H) *Caesalpinia mexicana*, (I) *Ebenopsis ebano*, (J) *Harpalyce arborescens*, (K) *Parkinsonia aculeata*, (L) *Prosopis juliflora*, (M) *Vachellia farnesiana*, (N) *Ocotea tampicensis*, (O) *Robinsonella discolor*, (P) *Myrcianthes fragrans*, (Q) *Drypetes lateriflora*, (R) *Randia* sp., (S) *Esenbeckia berlandieri*, (T) *Zanthoxylum fagara*. Escala es 300 µm.

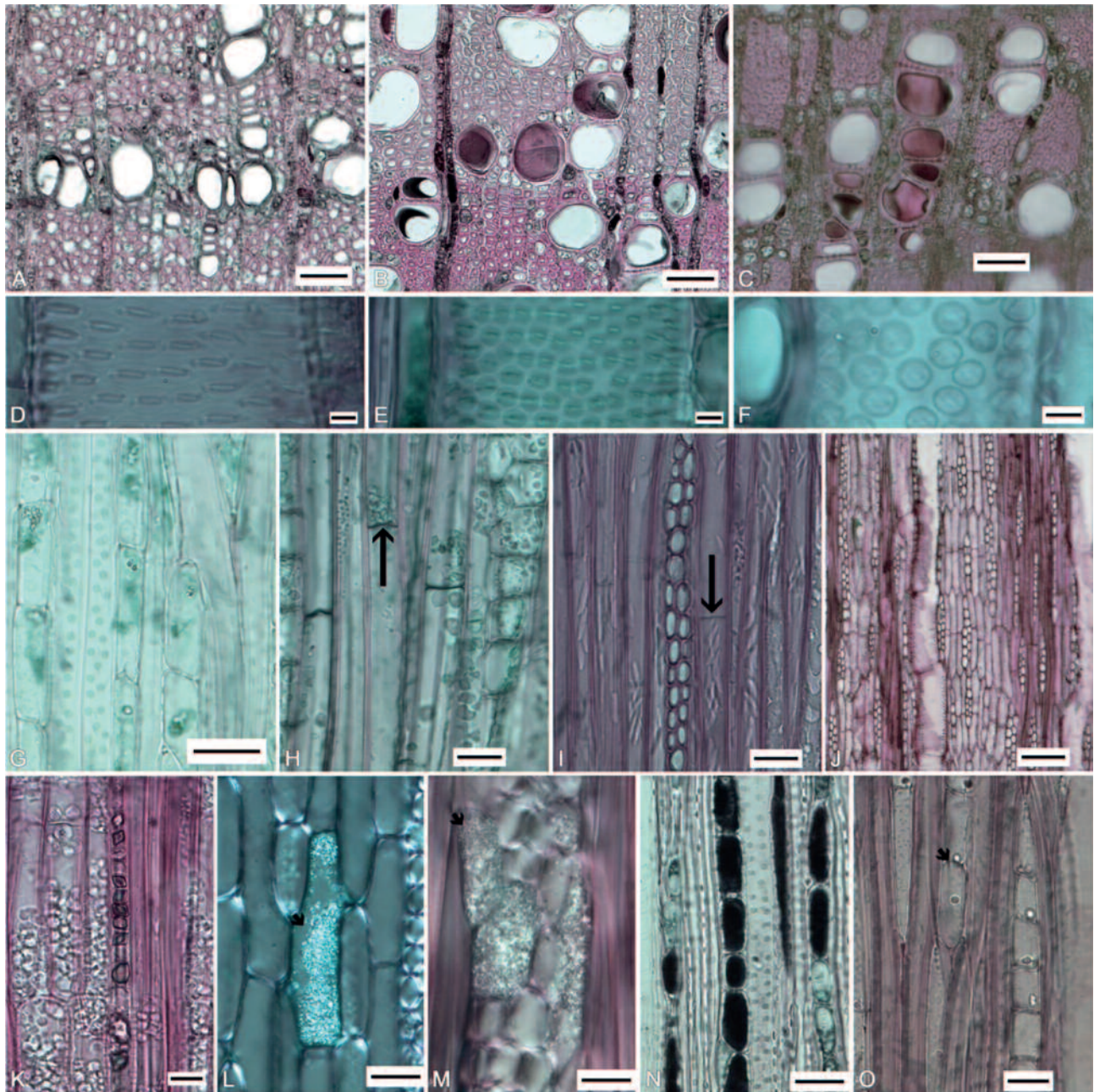


FIGURA 2. Detalles punteadura y sus contenidos orgánicos e inorgánicos. (A) *Ehretia anacua*, vasos ligeramente angulosos, (B) *Celtis pallida*, parénquima paratraqueal escaso y vasos con gomo-resinas, (C) *Harpalyce arborescens*, vasos en grupos con gomo-resinas, (D) *Parkinsonia aculeata*, punteaduras intervasculares ovaladas, (E) *Zanthoxylum fagara*, punteaduras intervasculares circulares coalescentes, (F) *Randia* sp., punteaduras intervasculares circulares, (G) *Robinsonella discolor*, fibrotraqueidas, (H) *Ocotea tampicensis*, fibras septadas (flecha), (I) *Parkinsonia aculeata*, fibras septadas (flecha) con granos de almidón, (J) *Harpalyce arborescens*, parénquima axial estratificado, (K) *Bauhinia divaricata*, parénquima axial con abundantes granos de almidón y cristales prismáticos, (L) *Randia* sp., cristales areniscos en parénquima axial, (M) *Cordia boissieri*, cristales areniscos en parénquima radial, (N) *Wimmeria concolor*, engrosamientos helicoidales en vasos y taninos en parénquima axial y radial, (O) *Robinsonella discolor*, cuerpos de sílice en parénquima radial (flecha). Escala es 50 μ m en A-C, J, 5 μ m en D-F, en 20 μ m en G-I, K-O.



TABLA 2. Valores de la media y desviación estándar para los elementos de vasos de las maderas.

Especie	Vasos mm ⁻²	Diámetro tangencial (μm)	Longitud elemento de vaso (μm)
<i>Cordia boissieri</i>	11 ± 4 (5 - 25) ^{g-i}	93.4 ± 29.84 ^{a-e}	232.04 ± 32.67 ^{f-i}
<i>Ehretia anacua</i>	11 ± 3 (6 - 18) ^{g-i}	47.62 ± 12.50 ^{i-o}	211.97 ± 38.50 ^{g-l}
<i>Celtis laevigata</i>	10 ± 3 (3 - 18) ^{g-i}	70.99 ± 10.99 ^{f-h}	386.96 ± 72.99 ^{b-e}
<i>Celtis pallida</i>	46 ± 7 (34 - 62) ^c	65.32 ± 12.79 ^{f-i}	548.85 ± 99.01 ^a
<i>Celtis</i> sp.	23 ± 6 (13 - 37) ^d	72.85 ± 21.83 ^{d-h}	227.16 ± 31.82 ^{g-k}
<i>Wimmeria concolor</i>	58 ± 9 (48 - 78) ^b	36.56 ± 5.50 ^{o-t}	447.28 ± 132.96 ^{b-d}
<i>Acacia berlandieri</i>	8 ± 2 (5 - 12) ⁱ	85.88 ± 24.91 ^{a-f}	226.87 ± 43.62 ^{g-l}
<i>Vachellia farnesiana</i>	10 ± 2 (6 - 15) ^{g-i}	102.48 ± 42.04 ^a	221.33 ± 5.81 ^{g-l}
<i>Bauhinia divaricata</i>	20 ± 4 (14 - 30) ^{ef}	63.54 ± 15.52 ^{g-k}	244.49 ± 34.27 ^{f-h}
<i>Caesalpinia mexicana</i>	9 ± 4 (5 - 17) ^{hi}	97.63 ± 24.91 ^{ab}	240.34 ± 40.15 ^{f-h}
<i>Ebenopsis ebano</i>	16 ± 9 (4 - 41) ^{ef}	93.65 ± 24.69 ^{a-c}	168.98 ± 39.40 ^{h-m}
<i>Harpalyce arborescens</i>	45 ± 15 (29 - 66) ^c	61.16 ± 10.90 ^{g-l}	187.06 ± 20.66 ^{h-m}
<i>Parkinsonia aculeata</i>	8 ± 2 (5 - 13) ⁱ	74.04 ± 17.76 ^{d-g}	246.54 ± 63.87 ^{fg}
<i>Prosopis juliflora</i>	7 ± 3 (4 - 17) ⁱ	109.7 ± 67.10 ^{a-c}	186.46 ± 34.93 ^{h-m}
<i>Ocotea tampicensis</i>	19 ± 5 (10 - 28) ^{ef}	46.01 ± 9.25 ^{i-g}	304.56 ± 86.88 ^{de}
<i>Robinsonella discolor</i>	74 ± 6 (66 - 85) ^a	37.96 ± 5.61 ^{o-t}	434.13 ± 99.92 ^{b-d}
<i>Myrcianthes fragrans</i>	30 ± 8 (18 - 48) ^d	50.01 ± 18.84 ⁱ⁻ⁿ	238.53 ± 43.67 ^{f-i}
<i>Drypetes lateriflora</i>	16 ± 4 (10 - 27) ^{ef}	63.37 ± 8.45 ^{g-k}	211.63 ± 54.23 ^{g-l}
<i>Randia</i> sp.	15 ± 4 (9 - 22) ^{e-g}	63.95 ± 12.11 ^{g-k}	463.35 ± 103.94 ^{bc}
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	30 ± 10 (18 - 61) ^d	39.32 ± 6.92 ^{o-s}	479.71 ± 94.04 ^b
<i>Zanthoxylum fagara</i>	23 ± 6 (14 - 38) ^e	48.24 ± 10.16 ^{i-o}	269.38 ± 53.13 ^f

Las especies ordenadas por familia. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$).

como cortas; se encontraron diferencias para la longitud de la fibra ($F = 28.39$, $P < 0.0001$, Tabla 3); en *Harpalyce arborescens* fueron más cortas (270 μm) en comparación con *Celtis laevigata* y *Esenbeckia berlandieri* con longitudes mayores a 1000 μm. El diámetro de las fibras varió de 10 μm en *Bauhinia divaricata* hasta 19 μm en *Cordia boissieri* (Tabla 3), también se encontraron diferencias entre algunas especies para este carácter ($F = 6.52$, $P < 0.0001$). Para el grosor de la pared de las fibras, las diferencias significativas ($F = 37.29$, $P < 0.0001$) se observaron entre *Parkinsonia aculeata* con el menor grosor (1.6 μm) y *Randia* sp. con el mayor grosor (5.7 μm); distintivamente 71% de las especies tiene entre 2 μm y 4 μm de grosor de la pared de la fibra,

únicamente cuatro especies tienen paredes muy gruesas y cuatro muy delgadas (Tabla 3).

El parénquima axial fue predominantemente paratraqueal en bandas, aliforme y vasicéntrico (Fig. 1), solamente en cuatro especies predominó el apotraqueal (*Ehretia anacua*, *Esenbeckia berlandieri*, *Myrcianthes fragrans* y *Randia* sp.). La serie parenquimatosa es de 2 a 10 células y se pueden encontrar cristales prismáticos o areniscas, taninos y granos de almidón en el lumen celular (Fig. 2G-I, K-O). Los radios son heterocelulares en 76% de las especies (Fig. 3), solamente cinco especies tienen radios homocelulares formados por células procumbentes. El número de radios en las maderas estudiadas

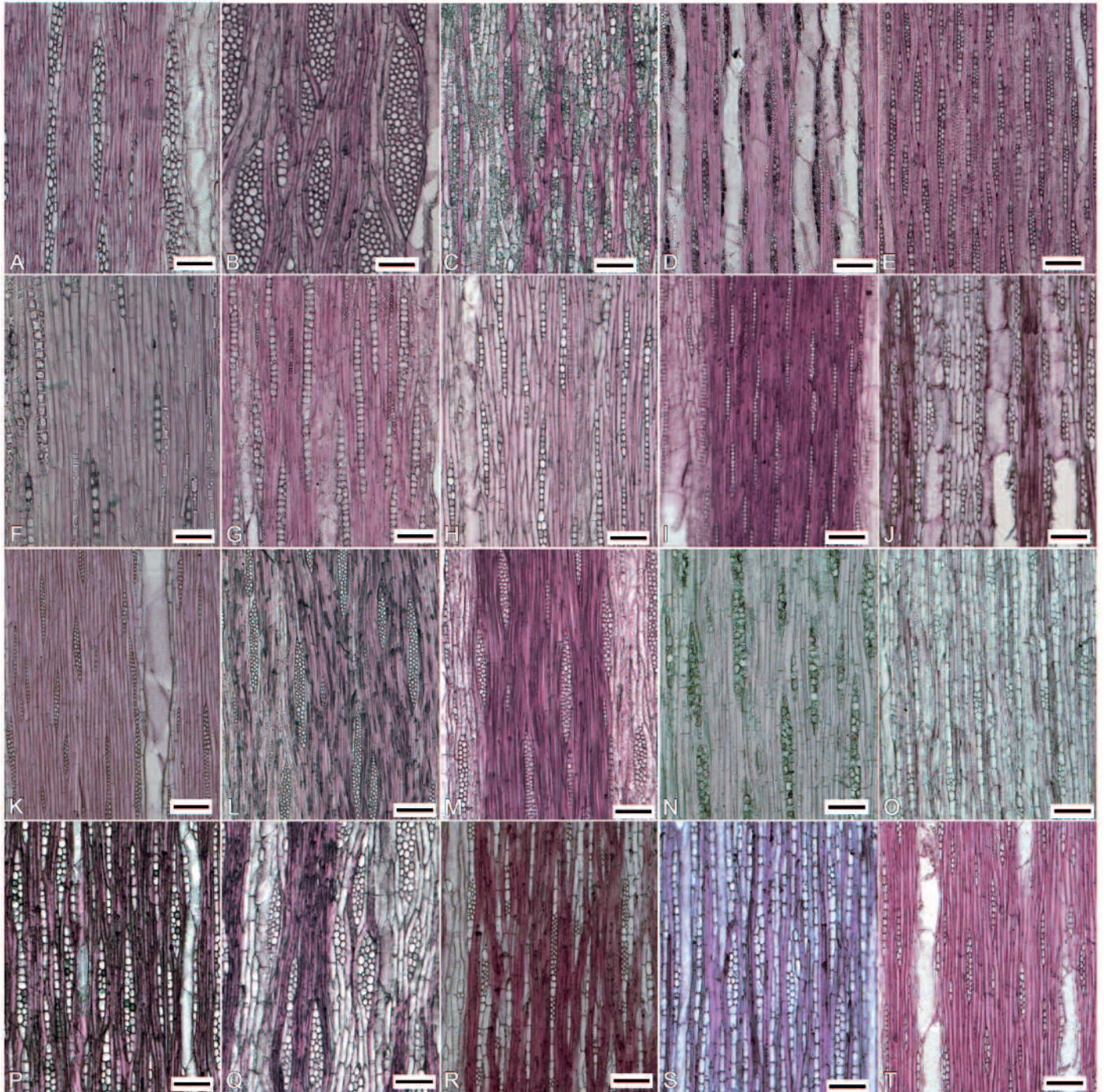


FIGURA 3. Radios, cortes tangenciales, de 21 especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas. (A) *Cordia boissieri*, (B) *Ehretia anacua*, (C) *Celtis laevigata*, (D) *Celtis pallida*, (E) *Wimmeria concolor*, (F) *Acacia berlandieri*, (G) *Bauhinia divaricata*, (H) *Caesalpinia mexicana*, (I) *Ebenopsis ebano*, (J) *Harpalyce arborescens*, (K) *Parkinsonia aculeata*, (L) *Prosopis juliflora*, (M) *Vachellia farnesiana*, (N) *Ocotea tampicensis*, (O) *Robinsonella discolor*, (P) *Myrcianthes fragrans*, (Q) *Drypetes lateriflora*, (R) *Randia* sp., (S) *Esenbeckia berlandieri*, (T) *Zanthoxylum fagara*. Escala es 100 μ m.



TABLA 3. Valores promedio, desviación estándar (\pm) y % para grosor de pared de las fibras ($2gp/DT \times 100$; < 25% muy delgadas, 26%-35% delgadas, 36%-50% gruesa y >50% muy gruesa) de las maderas.

Especie	Diámetro (μm)	Grosor pared (μm)	Longitud (μm)	% de pared	categoría
<i>Cordia boissieri</i>	18.80 \pm 2.91 ^a	2.64 \pm 0.55 ^{c-g}	679.6 \pm 195.32 ^{fg}	28	delgada
<i>Ehretia anacua</i>	12.81 \pm 2.45 ^{f-h}	2.59 \pm 0.79 ^{c-g}	599.02 \pm 187.63 ^{gh}	40	gruesa
<i>Celtis laevigata</i>	16.37 \pm 3.22 ^{a-d}	3.06 \pm 1.08 ^{cd}	1099.25 \pm 261.80 ^a	37	gruesa
<i>Celtis pallida</i>	15.69 \pm 1.94 ^{b-e}	2.93 \pm 1.74 ^{de}	929.08 \pm 173.76 ^{b-d}	37	gruesa
<i>Celtis</i> sp.	14.00 \pm 2.95 ^{c-f}	3.05 \pm 0.67 ^{cd}	730.47 \pm 182.17 ^{d-f}	44	gruesa
<i>Wimmeria concolor</i>	11.38 \pm 1.54 ^{g-i}	2.62 \pm 0.74 ^{c-g}	951.03 \pm 247.74 ^{a-c}	46	gruesa
<i>Acacia berlandieri</i>	15.04 \pm 2.11 ^{c-f}	2.40 \pm 0.62 ^{d-h}	656.70 \pm 87.58 ^{f-h}	2	delgada
<i>Bauhinia divaricata</i>	10.04 \pm 1.71 ⁱ	1.95 \pm 0.51 ^{g-i}	794.98 \pm 201.23 ^{b-f}	39	gruesa
<i>Caesalpinia mexicana</i>	17.10 \pm 3.85 ^{a-c}	2.85 \pm 0.63 ^{de}	742.13 \pm 203.50 ^{d-f}	33	delgada
<i>Ebenopsis ebano</i>	11.00 \pm 1.86 ^{ih}	2.85 \pm 0.76 ^{de}	760.45 \pm 264.68 ^{d-f}	52	muy gruesa
<i>Harpalyce arborescens</i>	13.51 \pm 1.77 ^{d-f}	3.13 \pm 0.74 ^{cd}	270.30 \pm 43.14 ^j	46	gruesa
<i>Parkinsonia aculeata</i>	18.06 \pm 1.66 ^{ab}	1.64 \pm 0.36 ^j	622.99 \pm 135.42 ^{f-h}	18	muy delgada
<i>Prosopis juliflora</i>	11.05 \pm 2.10 ^{g-i}	2.16 \pm 0.62 ^{e-h}	667.54 \pm 123.85 ^{fg}	39	gruesa
<i>Vachellia farnesiana</i>	13.04 \pm 1.80 ^{gh}	3.32 \pm 0.83 ^{cd}	415.15 \pm 108.73 ^{ij}	51	muy gruesa
<i>Ocotea tampicensis</i>	16.12 \pm 3.31 ^{b-d}	1.84 \pm 1.84 ^{hi}	718.71 \pm 176.56 ^{fg}	23	muy delgada
<i>Robinsonella discolor</i>	15.04 \pm 2.57 ^{c-f}	1.76 \pm 0.69 ^{ij}	857.95 \pm 215.54 ^{b-d}	23	muy delgada
<i>Myrcianthes fragrans</i>	12.88 \pm 1.96 ^{g-h}	2.37 \pm 0.71 ^{e-h}	481.87 \pm 108.70 ^{ij}	37	delgada
<i>Drypetes lateriflora</i>	13.07 \pm 2.33 ^{e-g}	3.40 \pm 0.91 ^b	711.29 \pm 235.39 ^{fg}	52	muy gruesa
<i>Randia</i> sp.	15.62 \pm 2.34 ^{b-e}	5.66 \pm 0.96 ^a	971.45 \pm 224.56 ^{a-c}	73	muy gruesa
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	11.46 \pm 1.66 ^{f-h}	2.21 \pm 0.71 ^{e-h}	1036.13 \pm 297.40 ^{ab}	39	gruesa
<i>Zanthoxylum fagara</i>	15.93 \pm 3.34 ^{b-e}	1.75 \pm 0.40 ^{ij}	541.76 \pm 339.29 ^{ij}	22	muy delgada

Las especies ordenadas por familia. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$).

varía de 1/mm en *Drypetes lateriflora* hasta 8/mm en *Wimmeria concolor*, encontrándose diferencias significativas entre algunas especies ($F = 45.88$, $P < 0.0001$, Tabla 4). El alto de los radios uniseriados es de 103 μm en *Zanthoxylum fagara* y de 549 μm en *Esenbeckia berlandieri* ($F = 96.76$, $P < 0.0001$, Tabla 4); 15 especies no los presentaron o eran raros. Para el ancho de los radios uniseriados se detectaron diferencias entre algunas especies ($F = 47.39$, $P < 0.0001$); *Ebenopsis ebano* tiene el valor más bajo (10 μm) y *Esenbeckia berlandieri* el máximo (27 μm). El alto de los radios multiseriados fluctúa entre las 200 μm y 400 μm en 62% de las especies,

con diferencias significativas entre algunas de ellas ($F = 19.24$, $P < 0.0001$); *Zanthoxylum fagara* y *Ehretia anacua* (161 μm y 502 μm) tienen los valores extremos (Tabla 4). Para el ancho de los radios multiseriados también hay diferencias ($F = 51.80$, $P < 0.0001$); *Ehretia anacua* (76 μm) y *Drypetes lateriflora* (52 μm) tuvieron diferencias significativas con todas aquellas especies que presentaron valores entre 16 y 43 μm . Los contenidos observados en los radios son granos de almidón, taninos y cristales prismáticos en 9 especies, areniscas en *Randia* sp. y *Cordia boissieri* y cuerpos de sílice en *Robinsonella discolor* (Apéndice 1, Fig. 2L, M, O).

TABLA 4. Valores de la media y desviación estándar para los radios de las maderas.

Especie	Número de radios/mm	Alto		Ancho	
		Uniseriados (μm)	Multiseriados (μm)	Uniseriados (μm)	Multiseriados (μm)
<i>Cordia boissieri</i>	3 \pm 1 (1 - 4) ^{c-e}	-	325.70 \pm 168.62 ^b	-	42.92 \pm 8.97 ^{cd}
<i>Ehretia anacua</i>	2 \pm 1 (1 - 4) ^{d-f}	-	502.3 \pm 145.53 ^a	-	75.95 \pm 29.44 ^a
<i>Celtis laevigata</i>	2 \pm 1 (1 - 4) ^{d-f}	-	251.29 \pm 63.38 ^{c-h}	-	26.35 \pm 6.75 ^{c-i}
<i>Celtis pallida</i>	4 \pm 1 (2 - 6) ^c	-	232.31 \pm 60.47 ^{e-m}	-	17.96 \pm 4.79 ^{e-l}
<i>Celtis</i> sp.	4 \pm 1 (2 - 6) ^c	-	326.23 \pm 106.26 ^{c-f}	-	39.9 \pm 9.06 ^{c-h}
<i>Wimmeria concolor</i>	8 \pm 2 (4-14) ^a	-	220.54 \pm 70.30 ^{e-m}	-	17.3 \pm 4.17 ^{e-m}
<i>Acacia berlandieri</i>	3 \pm 1 (1 - 5) ^{c-e}	107.76 \pm 28.70 ^{de}	-	12.51 \pm 2.21 ^d	-
<i>Bauhinia divaricata</i>	3 \pm 1 (2 - 6) ^{c-e}	387.21 \pm 87.97 ^b	-	19.25 \pm 5.81 ^c	-
<i>Caesalpinia mexicana</i>	4 \pm 1 (2 - 6) ^c	232.53 \pm 94.83 ^c	-	20.43 \pm 6.97 ^b	-
<i>Ebenopsis ebano</i>	5 \pm 2 (1 - 8) ^{bc}	146.78 \pm 51.39 ^d	-	9.93 \pm 1.63 ^e	-
<i>Harpalyce arborescens</i>	4 \pm 1 (2 - 6) ^c	-	178.68 \pm 31.89 ^{cd}	-	24.32 \pm 5.13 ^{j-o}
<i>Parkinsonia aculeata</i>	2 \pm 1 (1 - 4) ^{d-f}	-	260.50 \pm 77.87 ^{d-l}	-	20.18 \pm 5.20 ^{c-i}
<i>Prosopis juliflora</i>	3 \pm 1 (1 - 4) ^{c-e}	-	241.97 \pm 103.63 ^{c-i}	-	24.91 \pm 7.67 ^{d-h}
<i>Vachellia farnesiana</i>	2 \pm 1 (1 - 4) ^{d-f}	-	269.81 \pm 115.41 ^{c-g}	-	26.17 \pm 7.41 ^{c-f}
<i>Ocotea tampicensis</i>	2 \pm 1 (1 - 4) ^{d-f}	-	330.35 \pm 76.14 ^{c-e}	-	26.79 \pm 8.20 ^{bc}
<i>Robinsonella discolor</i>	2 \pm 1 (1 - 4) ^{d-f}	-	266.76 \pm 90.56 ^{c-i}	-	23.70 \pm 2.9 ^{c-g}
<i>Myrcianthes fragrans</i>	3 \pm 1 (1 - 4) ^{c-e}	-	241.53 \pm 29.97 ^{c-h}	-	28.85 \pm 6.21 ^{c-m}
<i>Drypetes lateriflora</i>	1 \pm 1 (1 - 2) ^f	-	274.22 \pm 63.83 ^b	-	52.05 \pm 17.02 ^{c-e}
<i>Randia</i> sp.	3 \pm 1 (1 - 5) ^{c-e}	-	260.89 \pm 80.53 ^c	-	22.22 \pm 2.67 ^b
<i>Esenbeckia berlandieri</i>	3 \pm 1 (2 - 4) ^{c-e}	548.69 \pm 167.71 ^a	-	27.25 \pm 6.76 ^a	-
<i>Zanthoxylum fagara</i>	3 \pm 1 (1 - 6) ^{c-e}	103.03 \pm 31.97 ^d	160.77 \pm 40.72 ^{c-k}	12.02 \pm 2.43 ^{de}	15.98 \pm 3.76 ^{g-o}

Las especies ordenadas por familia. Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $P < 0.05$).

DISCUSIÓN

Madera de las especies estudiadas y otras especies de los mismos géneros

Se contrastan algunas características anatómicas de las especies estudiadas en este trabajo con respecto al grupo taxonómico al que pertenecen y se presentan en orden alfabético de familia.

Boraginaceae

Las características anatómicas encontradas en este estudio para *Cordia boissieri* se comparten en su mayoría con las

descritas para otras especies del género (Barajas-Morales, 1981; León, 2003). La porosidad semianular es similar a *C. alliodora* y *C. dentata*; las punteaduras intervasculares alternas y ornamentadas también fueron registradas por Rabaey, Lens, Smets y Jansen (2010). La especie estudiada se distingue por la presencia de cristales tipo areniscas en los radios. La madera de *Ehretia anacua* resultó similar a la descripción de De la Paz-Pérez (1993), excepto porque esta autora menciona la presencia de parénquima apotraqueal reticulado y las dimensiones de los elementos de vaso, fibras y la altura de los radios son diferentes.



Cannabaceae

Las tres especies de *Celtis* aquí estudiadas comparten la mayoría de los caracteres con otras maderas del género, excepto en la abundancia y distribución del parénquima axial. *Celtis laevigata* presentó porosidad difusa, sin engrosamientos helicoidales en los elementos de vaso, mientras que Wheeler, LaPasha y Miller (1989) describen para esta especie porosidad anular y engrosamientos helicoidales en muestras de madera procedentes del este de los Estados Unidos de América. Estos autores registran también para *C. pallida*, dimensiones mayores en los elementos de vaso en comparación con las observadas en el presente trabajo. El parénquima axial en las muestras aquí estudiadas es paratraqueal escaso y vasicéntrico, mientras que en la muestra de Texas de Wheeler *et al.* (1989) es confluyente en bandas, atributo que la hace más similar a *Celtis* sp. y *C. laevigata*, aquí analizada.

Celastraceae

La descripción de *Wimmeria concolor* de la muestra de este trabajo coincide con los caracteres descritos por Aguilar-Alcántara *et al.* (2014). *Wimmeria concolor* comparte con otros géneros de Celastraceae la presencia de fibrotraqueidas y radios con más de 10 series (Mennega, 1997). Los engrosamientos helicoidales en los elementos de vaso son raros para la familia de acuerdo con Metcalfe y Chalk (1950), pero en este estudio se observaron en todos los elementos de vaso de *W. concolor*.

Fabaceae

Las presentes descripciones anatómicas de *Acacia berlandieri* y *Vachellia farnesiana* concuerdan con lo descrito por Gourlay y Grime (1994) en cuanto a la delimitación de anillos de crecimiento, la porosidad y la presencia de punteaduras intervasculares ornamentadas, siendo características del género *Acacia*. Sin embargo, existe una diferencia en los radios, ya que según Bravo, Giménez y Moglia (2006) el género *Acacia* presenta radios uniseriados, biseriados y triseriados y las especies aquí estudiadas tienen radios exclusivamente uniseriados en *A. berlandieri* y radios predominantemente multise-

riados en *V. farnesiana*. Con respecto al parénquima axial se menciona que es paratraqueal en bandas (Vargas, 1991; Bravo *et al.*, 2006), igual que en *A. berlandieri*. Por lo que se refiere a *V. farnesiana*, esta se distingue por su parénquima aliforme a aliforme confluyente y las fibras no septadas. Los rasgos mencionados para la madera de *V. farnesiana* apoyan el reconocimiento de ambos géneros (Seiglar y Ebinger, 2005). *Bauhinia divaricata* comparte con otras especies de este género los anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal con porosidad difusa y los vasos en su mayoría solitarios (León, 2010). Sin embargo, la especie estudiada en este trabajo tiene radios heterocelulares en contraposición con lo descrito por Vargas (1991) para otras dos especies de *Bauhinia*. Para la madera de *Caesalpinia mexicana*, Vargas (1991) menciona caracteres que concuerdan con los aquí descritos, entre ellos, los vasos solitarios o en hileras de 2 a 5, los radios heterocelulares uniseriados y las fibras de pared delgada; solamente difiere en la porosidad y el parénquima axial, ya que este autor registra porosidad difusa y parénquima vasicéntrico, y la muestra aquí observada presenta porosidad semianular y parénquima aliforme y aliforme confluyente. Vargas (1991) y Lindord (1994) registraron los caracteres anatómicos de la madera de *Parkinsonia aculeata* y concuerdan con varios de los observados en este trabajo, como son la porosidad difusa, los vasos en su mayoría solitarios y en hileras radiales cortas, las fibras septadas de paredes muy delgadas y los radios homocelulares; estos caracteres se observaron en la mayoría de las especies de leguminosas aquí estudiadas; solo difieren en el tipo de parénquima paratraqueal, siendo vasicéntrico y aliforme en *P. aculeata*. Bolzón de Muniz, Nisgoski y Lomeli (2010) describen la madera de tres especies de *Prosopis*, que en su mayoría coinciden con los rasgos aquí descritos para *P. juliflora*. Sin embargo, la porosidad puede variar de semianular a anular en las especies del género (Castro, 1994; Carrillo, Mayer, Koch y Hapla, 2008; Bolzón de Muniz *et al.*, 2010), pero es común que la asignación de estos dos términos varíe entre autores. El número de vasos varía ampliamente entre especies de

Prosopis, por ejemplo, *P. pallida* tiene 5 vasos mm⁻² y *P. strombulifera* 193 vasos mm⁻² (Iqbal y Ghouse 1983; Castro 1994; Villagra y Roig-Juñent, 1997; López, Sabaté, García y Rodríguez 2005) y las muestras de los ejemplares de *P. juliflora* aquí estudiados presentan valores más bajos. El parénquima en *P. juliflora* es aliforme a aliforme confluyente, a diferencia de *P. laevigata* con parénquima exclusivamente vasicéntrico. Las muestras de *Ebenopsis ebano* descritas en este trabajo comparten caracteres de la madera descritos por Cassens y Miller (1981) para el género *Ebenopsis*. Rechy-Carvajal y von Roth-Rechy (2004) estudiaron los caracteres cuantitativos de la madera de *E. ebano* y los valores son muy similares a los aquí registrados, excepto para el número de radios. Las características anatómicas de *Harpalyce arborescens*, no habían sido descritas, solo se han registrado sus propiedades tecnológicas (Fuentes-Salinas *et al.*, 2008). Esta especie comparte con otras leguminosas el parénquima marginal, las punteaduras intervasculares ornamentadas y la estratificación del parénquima.

Lauraceae

Para el género *Ocotea* existen diversos estudios en los que se han descrito varias de sus especies (Da Silva y De Deus Medeiros, 2000; León, 2000, 2014; Parra, 2009), pero esta es la primera vez que se estudia la madera de *O. tampicensis*. Esta especie comparte el tipo de porosidad, los anillos de crecimiento delimitados por fibras, el parénquima paratraqueal escaso y las fibras libriformes septadas; así como los radios heterocelulares cortos con las otras especies del género (Da Silva y De Deus Medeiros, 2000; León, 2000; 2014; Parra, 2009). Aunque las muestras de *O. tampicensis* analizadas en este estudio tienen tílides, estas no son esclerosadas como en otras especies del género documentadas por Metcalfe y Chalk (1950). Sin embargo, para algunas especies de este género, como *O. cymbarum*, se han descrito los dos tipos de radios (homo y heterocelulares) y fibras (septadas o no; León, 2014). Con respecto a los caracteres cuantitativos de *O. tampicensis*, en su mayoría tienen valores medios, similares a los de otras especies, excepto para el diámetro de

vaso que es mucho más angosto en *O. tampicensis* (46 µm) y la longitud de las fibras que son muy cortas (718 µm). Estos valores sugieren que la especie se desarrolla en ambientes mucho más secos que las otras especies de *Ocotea*, pero se deberán hacer muestreos más intensivos para compararla con las otras especies del género que se distribuyen en otras selvas y bosques.

Malvaceae

No se registran descripciones previas sobre la madera de *Robinsonella discolor*, pero, de las características halladas en este estudio, se encuentra que comparte con *R. mirandae* la porosidad difusa, las punteaduras intervasculares alternas y el parénquima apotraqueal (De la Paz-Pérez, Carmona y Rogel-Gómez, 1980; Barajas-Morales, Angeles-Álvarez y Solís-Sánchez, 1997). Sin embargo, difieren en que en la muestra aquí estudiada hay fibrotraqueidas y cuerpos de sílice en algunas células de los radios; además, no hay estratificación en *R. discolor* pero sí en *R. mirandae*. Tamarit (1996) señala que para *R. mirandae* las fibras son largas (1313 µm), mientras que las de *R. discolor* aquí estudiadas son más cortas (857 µm). Un patrón similar se observó para el diámetro tangencial de la fibra, en *R. mirandae* fue 31 µm y en *R. discolor* 15 µm.

Myrtaceae

La madera de *Myrcianthes fragrans* aquí descrita difiere de las observaciones de Rebollar-Domínguez, De la Paz-Pérez y Quintanar (1993), por la porosidad semianular, los elementos de vaso con engrosamientos helicoidales y las punteaduras ornamentadas, las fibrotraqueidas y los cristales prismáticos en el parénquima axial. Los engrosamientos helicoidales son raros para la familia, pero se han registrado en algunas especies de *Eugenia* (Metcalfe y Chalk, 1950). La muestra aquí descrita también contrasta con lo registrado por Rebollar-Domínguez *et al.* (1993) y Fuentes-Salinas *et al.* (2008) en los caracteres cuantitativos, como el diámetro y longitud de los elementos de vaso y las fibras; los datos obtenidos por estos autores son mayores a los registrados en este trabajo.



Putranjivaceae

Las características anatómicas de *Drypetes lateriflora* concuerdan con lo descrito por León (2014) para *Drypetes* en la porosidad difusa, las punteaduras intervasculares similares en forma y tamaño a las de radio-vaso y las fibras no septadas, pero difieren en los vasos agrupados, el parénquima en bandas anchas y el alto de los radios.

Rubiaceae

Randia sp., aquí descrita, comparte la mayoría de los caracteres de la madera descritos para cinco especies de *Randia* del centro-sur de México (Martínez-Cabrera, Terrazas, Ochoterena y Torres-Montúfar, 2015), excepto el parénquima apotraqueal reticulado, ya que en la especie aquí estudiada tiene parénquima en bandas y cristales tipo areniscas.

Rutaceae

Barajas-Morales y León-Gómez (1989) describen la madera de *Esenbeckia berlandieri* y los resultados aquí obtenidos son congruentes con dicho trabajo, ya que en ambas muestras se observaron vasos en hileras radiales, punteaduras intervasculares alternas areoladas y cristales prismáticos en los radios. Sin embargo, estos autores señalan porosidad semianular y en la muestra aquí estudiada es difusa; además indican parénquima paratraqueal escaso y marginal y en la muestra analizada es apotraqueal reticulado. En los caracteres cuantitativos también hay similitud en los valores de la longitud de los vasos y las fibras, así como en el grosor de la pared de la fibra.

La madera estudiada de *Zanthoxylum fagara* tiene similitudes con cinco especies del género, registradas por Arenas, Andrés-Hernández, Terrazas y Castañeda (2012), en el grosor de la pared de los vasos, las punteaduras intervasculares alternas, las fibras libriformes y el parénquima en bandas; la porosidad semianular de *Z. fagara* no se comparte con otras especies del género que presentan porosidad difusa (Loureiro, de Vasconcelos y de Albuquerque, 1981; Barajas-Morales *et al.*, 1997; Arenas *et al.*, 2012).

Comparación con otras selvas bajas caducifolias

Las 21 maderas estudiadas presentan una proporción similar en los tipos de porosidad a los registrados para la sbc de Chamela (Barajas-Morales y León-Gómez, 1989). Sin embargo, la porosidad semianular es más frecuente en la sbc de Tamaulipas. Probablemente esta diferencia se deba al criterio que cada autor tiene para distinguir la porosidad semianular ya que los diámetros de los vasos no siempre tienen una diferencia notablemente conspicua entre madera temprana y tardía (IAWA Committee, 1989). Por ejemplo, *Prosopis juliflora* en Chamela se reconoció con porosidad semianular y en Tamaulipas como anular (Fig. 1L); mientras que *Esenbeckia berlandieri* es semianular en Chamela y difusa en Tamaulipas. Esta variación también podría relacionarse con la respuesta de la especie a las condiciones micro-ambientales del sitio donde crece, modificando el tipo de porosidad. Un comportamiento semejante se registra para especies de amplia distribución como *Buddleja cordata* (Aguilar-Rodríguez, Terrazas y López-Mata, 2006) u otras especies leñosas (Alves y Angyalossy-Alfonso, 2000). Los anillos de crecimiento son una característica común en las maderas de esta comunidad vegetal. Dichos anillos se delimitan por fibras que tienen su diámetro radial reducido, casi en 50% de las especies, y el resto por parénquima marginal, principalmente en las especies de Fabaceae. Solo dos especies (*Myrcianthes fragrans* y *Wimmeria concolor*) presentan engrosamientos helicoidales finos en los elementos de vasos, un atributo generalmente ausente en especies de la selva baja caducifolia, pero registrados con mayor frecuencia en otras comunidades vegetales (Carlquist y Hoekman, 1985).

En cuanto a las características cuantitativas de la madera, los valores mínimos y máximos son menores en la sbc Tamaulipas que los registrados para la madera de las 71 especies de Chamela (Barajas-Morales y León-Gómez, 1989). Sin embargo, se aprecia que la longitud de los elementos de vaso y fibras y la altura de los radios es mayor en las especies de Chamela. Parte de estas diferencias en la longitud de los elementos de la madera se relaciona con la altura de los individuos de las especies que

cohabitan ahí, donde estos alcanzan los 15 m, mientras que en la sbc de Tamaulipas son pocos los que sobrepasan los 10 m, como fue el caso de *Drypetes lateriflora* y *Myrcianthes fragrans*. No se detectó un escalamiento positivo entre la longitud de los elementos de vaso y la altura de los individuos muestreados ni con el diámetro de los vasos, como ha sido publicado para otras maderas (Olson *et al.*, 2014), por lo que realizar un muestreo más intenso de las especies de la sbc permitirá confirmar su comportamiento, posiblemente asociado a que algunas especies se encuentran en el límite de su distribución. Predominan las maderas con fibras de paredes gruesas y muy gruesas en las sbc tanto de Chamela como de Tamaulipas (Tabla 5). Los taxones que se encuentran en Chamela con paredes muy delgadas corresponden a tallos suculentos y éstos no se encuentran en las sbc de Tamaulipas estudiada. Con respecto a la altura de los radios y su abundancia en la madera de las especies de Tamaulipas, se encuentran dentro de los valores registrados de las especies de Chamela; sin embargo, tienden a ser más cortos. En las especies de Tamaulipas los radios hetero y homocelulares son uni o multiseriados; únicamente cinco especies de Fabaceae tienen radios homocelulares, teniendo una relación con la presencia de parénquima en bandas o aliforme-aliforme confluyente. Se tendría que verificar si esta combinación de caracteres en las especies de Fabaceae aquí estudiadas se mantiene en otras comunidades vegetales y son la expresión de inercia filogenética en Fabaceae.

Sin considerar el género o la familia a la que pertenecen, las maderas de las especies de la sbc estudiadas de Tamaulipas comparten con las Chamela la presencia de parénquima paratraqueal, las fibras libriformes de paredes gruesas y los lúmenes cerrados. Además, todas almacenan almidón y hay abundancia de contenidos orgánicos e inorgánicos.

Es de notar que varias de las especies descritas en este trabajo (*E. ebano*, *H. arborescens*, *O. tampicensis*, *M. fragrans* y *W. concolor*) también se han documentado para el bosque mesófilo de montaña (bmm) de Tamaulipas (Villaseñor, 2010). Posiblemente la sbc estudiadas se encuentran una zona transición entre ambas comunidades vegetales

TABLA 5. Valores máximos y mínimos de las características cuantitativas y porcentajes de pared de fibras para las selvas bajas caducifolia de Tamaulipas y de Chamela (Jalisco).

Carácter	Tamaulipas	Chamela
Porosidad difusa (%)	52	70
Porosidad semianular (%)	38	22
Porosidad anular (%)	10	9
Número de vasos /mm ²	(4 - 58)	(1 - 134)
Diámetro de vasos (µm)	(7 - 102)	(30 - 249)
Longitud de elementos de vaso (µm)	(169 - 549)	(145 - 900)
Longitud de fibras (µm)	(270 - 1099)	(437 - 2572)
Diámetro de fibra(µm)	(10 - 19)	(5 - 38)
Grosor de pared de la fibra (µm)	(1.6 - 5.7)	(1.5 - 7.0)
Fibras pared muy delgada (%)	19	18
Fibras pared delgada (%)	19	10
Fibras pared gruesa (%)	43	13
Fibras pared muy gruesa (%)	19	59
Número de radios (mm)	(1 - 8)	(2 - 19)
Altura de radios (µm)	(103 - 549)	(137 - 3379)

(sbc/bmm). La presencia de estas especies en Los Ébanos y El Aracate indica que la sbc en el área de estudio presenta una mayor humedad con respecto a otras del resto del país (Trejo-Vázquez 1999), al menos este fue el caso para El Aracate. Los diferentes climas para la sbc en México acompañados de otros factores físicos, definen el tipo de asociaciones vegetales a lo largo de la distribución de la sbc. Estas asociaciones vegetales, con una composición florística diferente, pueden tener mayor o menor tolerancia a la sequía y por lo tanto diferencias anatómicas en su madera.

CONCLUSIONES

Se describe por primera vez la anatomía de las maderas de *Harpalyce arborecens*, *Ocotea tampicensis* y *Robinsonella discolor*. Se encontraron similitudes en la anatomía de



la madera en el nivel de género para todas las especies. Se observaron diferencias en el tipo de porosidad en las especies (*Esenbeckia berlandieri*, *Prosopis juliflora* y *Randia* sp.) y la distribución del parénquima axial (*Celtis pallida*, *C. laevigata*, *C. sp.*, *Drypetes lateriflora*, *Ehretia anacua* y *Parkinsonia aculeata*). Las características de la madera de las especies estudiadas comparten rasgos cualitativos con otros taxa de la sbc de Chamela, Jalisco, entre ellas el tipo de porosidad, la distribución del parénquima axial y las fibras libriformes de paredes gruesas, pero en Chamela se registran los valores mayores o menores en algunas características cuantitativas como son la longitud de los elementos de vaso y las fibras, así como el alto de los radios.

RECONOCIMIENTOS

Se agradece al SNI-CONACYT la beca a la primera autora, a Dalia Grego-Valencia su colaboración en el trabajo de laboratorio, a Julio César Rojas Montero y Diana Cisneros por su ayuda en el diseño gráfico. A dos revisores anónimos por sus comentarios que permitieron enriquecer la discusión.

REFERENCIAS

- Aguilar-Alcántara, M., Aguilar-Rodríguez, S. y Terrazas, T. (2014). Anatomía de la madera de doce especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México. *Madera y Bosques*, 20(3), 69-86. doi:10.21829/myb.2014.203153
- Aguilar-Rodríguez S., Terrazas, T. y López-Mata, L. (2006). Anatomical wood variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) along its natural range in Mexico. *Trees: Structure and Function*, 20(2), 253-261. doi:10.1007/s00468-005-0007-5
- Alves, E. S. y Angyalossy-Alfonso, V. (2000). Ecological trends in the wood anatomy of some Brazilian species. 1. Growth rings and vessels. *IAWA Journal*, 21(1), 3-30. doi:10.1163/22941932-90000233
- Arenas, F. F., Andrés-Hernández, A., Terrazas, T. y Castañeda C., C. (2012). La madera de cinco especies de *Zanthoxylum* L. (Rutaceae) con distribución en México. *Madera y Bosques*, 18(1), 43-56. doi:10.21829/myb.2012.1811137
- Baas, P. y Carlquist, S. (1985). Comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. *IAWA Bulletin new series*, 6(4), 349-353. doi:10.1163/22941932-90000961
- Baas, P. y Schweingruber, F. H. (1987). Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. *IAWA Journal*, 8(3), 245-274. doi:10.1163/22941932-90001053
- Barajas-Morales, J. (1981). Descriptions and notes on the wood anatomy of Boraginaceae from western Mexico. *IAWA Bulletin new series*, 2(2-3), 61-67. doi:10.1163/22941932-90000813
- Barajas-Morales, J. (1985). Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin new series*, 6(4), 355-364. doi:10.1163/22941932-90000962
- Barajas-Morales, J. y León-Gómez, C. (1989). *Anatomía de maderas de México: Especies de una selva baja caducifolia*. Cuaderno de Divulgación del Instituto de Biología. México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Barajas-Morales, J., Angeles-Álvarez, G. y Solís-Sánchez, P. (1997). *Anatomía de maderas de México: especies de una selva alta perennifolia*. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología. México, D. F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bolzón de Muniz, G., Nisgoski, S. y Lomeli, M. G. (2010). Anatomía y ultraestructura de la madera de tres especies de *Prosopis* (Leguminosae-Mimosoideae) del Parque Chaqueño seco, Argentina. *Madera y Bosques*, 16(4), 21-38. doi:10.21829/myb.2010.1641158
- Bravo, S., Giménez, A. y Moglia, J. (2006). Caracterización anatómica del leño y evolución del crecimiento en ejemplares de *Acacia aroma* y *Acacia furcatispina* en la Región Chaqueña, Argentina. *Bosques (Valdivia)*, 27(2), 146-154.
- Callado, C. H., da Silva-Neto, S. J., Scarano, F. R., Barros, C. F. y Costa, C. G. (2001). Anatomical features of growth rings in flood-prone trees of the Atlantic rain forest in Rio de Janeiro, Brazil. *IAWA Journal*, 22(1), 29-42. doi:10.1163/22941932-90000266

- Carlquist, S. y Hoekman, D. A. (1985). Ecological wood anatomy of the woody southern California flora. *IAWA Bulletin new series*, 6(4), 319-347. doi:10.1163/22941932-90000960
- Carrillo, A., Mayer, I., Koch, G. y Hapla, F. (2008). Wood anatomical characteristics and chemical composition of *Prosopis laevigata* grown in the northeast of Mexico. *IAWA Journal*, 29(1), 25-34. doi:10.1163/22941932-90000167
- Cassens, R. y Miller, R. B. (1981). Wood anatomy of the New World *Pithecellobium* (*sensu lato*). *Journal of the Arnold Arboretum*, 62(1), 1-44.
- Castro, M. A. (1994). *Maderas argentinas de Prosopis: Atlas anatómico*. Buenos Aires: Secretaría General de la Presidencia de la Nación.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2005). *Estudio previo justificativo para el establecimiento de la Reserva de la Biosfera Sierra de Tamaulipas*. México, D.F.: Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales.
- Crivellaro, A. y Schweingruber, F. H. (2013). *Atlas of wood, bark and pith anatomy of Eastern Mediterranean trees and shrubs with special focus on Cyprus*. Berlín: Springer.
- Da Silva, M. y De Deus Medeiros, J. (2000). Anatomia da madeira de canela-preta: *Ocotea catharinensis* Mez. (Lauraceae). *INSULA Florianópolis*, 29, 67-87.
- De la Paz-Pérez O., C. (1993). Anatomía de la madera de ocho especies con la importancia en las artesanías del estado de Michoacán. *Acta Botanica Mexicana*, 23, 103-136.
- De la Paz-Pérez O., C., Carmona, T. F. y Rogel-Gómez, M. A. (1980). Estudio anatómico de la madera de 43 especies tropicales. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*, 63, 9-276.
- Fuentes-Salinas, M., Correa-Méndez, F., Borja-de la Rosa, A. y Corona-Ambriz, A. (2008). Características tecnológicas de 16 maderas del estado de Tamaulipas, que influyen en la fabricación de tableros de partículas y de fibras. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14(1), 65-71.
- Gourlay, I. y Grime, G. (1994). Calcium oxalate crystals in African *Acacia* species and their analysis by scanning proton microprobe. *IAWA Journal*, 15(2), 137-148. doi:10.1163/22941932-90001353
- IAWA Committee. (1989). IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin new series*, 10(3), 219-332. doi:10.1163/22941932-90000496
- Iqbal, K. y Ghouse, A. K. M. (1983). An analytical study on cell size variation in some arid zone trees of India: *Acacia nilotica* and *Prosopis spicigera*. *IAWA Bulletin new series*, 4(1), 46-52. doi:10.1163/22941932-90000775
- Johansen, D. A. (1940). *Plant microtechnique*. Nueva York: Mc.Graw-Hill.
- León H., W. J. (2000). Anatomía del leño de 17 especies del género *Ocotea* Aublet. *Pittieria*, 29/30, 53-65.
- León H., W. J. (2003). Anatomía de la madera de 9 especies del género *Cordia* L. (Boraginaceae – Cordioideae) que crecen en Venezuela. *Revista Forestal Venezolana*, 47(2), 83-94.
- León H., W. J. (2010). Anatomía de la madera en 24 especies de lianas de la reserva forestal Imataca, estado Bolívar, Venezuela. *Pittieria*, 34, 33-72.
- León H., W. J. (2014). Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela, Venezuela. *Pittieria, número especial*, 1-267.
- León H., W. J. (2015). Anatomía de la madera de 87 especies de la reserva forestal Ticoporo (Barinas, Venezuela). *Pittieria*, 39, 107-169.
- Lindord, H. (1994). Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. *IAWA Journal*, 15(4), 361-376. doi:10.1163/22941932-90001370
- López, B. C., Sabaté, S., García, C. A. y Rodríguez, R. (2005). Wood anatomy, description of annual rings, and responses to ENSO events of *Prosopis pallida* H.B.K., a widespread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America. *Journal of Arid Environments*, 61(4), 541-554. doi:10.1016/j.jaridenv.2005.01.012
- Loureiro, A. A., de Vasconcelos, F. J. y de Albuquerque, B. W. P. (1981). Anatomía do lenho de 4 espécies de *Zanthoxylum* Linnaeus (Rutaceae) da Amazonia. *Acta Amazônica*, 11(4), 809-820.
- Martínez-Ávalos, J. G., Ascencio, V. P. y Medina, T. (2011). *Manejo de selvas bajas caducifolias y sistemas agroforestales en Tamaulipas, México*. Ciudad Victoria: Universidad Autónoma de Tamaulipas.



- Martínez-Cabrera, D., Terrazas, T., Ochoterena, H. y Torres-Montúfar, A. (2015). Madera y corteza de algunas Rubiaceae en México: similitud estructural. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(1), 59-71. doi:10.7550/rmb.48489
- Mennega, A. M. W. (1997). Wood anatomy of the Hippocrateoideae (Celastraceae). *IAWA Journal*, 18(4), 331-368. doi:10.1163/22941932-90001501
- Metcalfe, C. R. y Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons*. Oxford: Clarendon Press.
- Metcalfe, C. R. y Chalk, L. (1983). *Anatomy of the dicotyledons*. Vol. 2, 2nd Ed. Oxford: Oxford Science.
- Olson, M. E., Anfodillo, T., Rosell, J. A., Petit, G., Crivellaro, A., Isnard, S., León-Gómez, C., Alvarado, L. O. y Castorena, M. (2014). Universal hydraulics of the flowering plants: Vessel diameter scales with stem length across angiosperm lineages, habits and climates. *Ecology Letters*, 17, 988-997. doi:10.1111/ele.12302
- Parker, T. (2008). *Trees of Guatemala*. Londres: The Tree Press.
- Parra, M. J. (2009). Anatomía del leño e identificación de siete especies de Laurales en San Eusebio (Mérida, Venezuela). *Pittheria*, 33, 59-77.
- Penninton, T. D. y Sarukhán, J. (2005). Árboles tropicales de México: Manual para la identificación de las principales especies. 3ª. Ed. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Rabaey, D., Lens, F., Smets, E. y Jansen, S. (2010). The phylogenetic significance of vestured pits in Boraginaceae. *Taxon*, 59(2), 510-516.
- Rebollar-Domínguez, S., de la Paz-Pérez O., C. y Quintanar, A. (1993). Anatomía de la madera de cinco especies de Quintana Roo, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 53, 113-124.
- Rechy-Carvajal, M.A. y von Roth Rechy, E. (2004). Especies nativas del matorral espinoso del noreste mexicano con posibilidades de aprovechamiento industrial. *Madera y Bosques*, 10(1), 45-54.
- SAS Institute. (2008). SAS® 9.1; *Users guide statistics*. Cary: SAS Inc.
- Seiglar, D.S. y Ebinger, E. (2005). New combinations in the genus *Vachellia* (Fabaceae: Mimosoideae) from the New World. *Phytologia*, 87(3), 139-178.
- Tamarit, U. J. (1996). Determinación de la calidad de la pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. *Madera y Bosques*, 2(2), 29-41.
- Trejo-Vázquez, I. (1999). El clima de la selva baja caducifolia en México. *Investigaciones Geográficas*, 39(1), 40-52.
- Vargas, L. V. (1991). Estudio morfoanatómico de las especies leñosas de la familia Leguminosae del estado de Nuevo León y su relación con la taxonomía. Tesis de maestría no publicada, Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León.
- Villagra, P. E. y Roig-Juñent, F. A. (1997). Wood structure of *Prosopis alpataco* and *P. argentina* growing under different edaphic conditions. *IAWA Journal*, 18(1), 37-51. doi:10.1163/22941932-90001458
- Villaseñor, J. L. (2010). *El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: Catálogo florístico-taxonomico*. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad - Universidad Nacional Autónoma de México.
- Wheeler, E. A., LaPasha, C. A. y Miller, R. B. (1989). Wood anatomy of elm (*Ulmus*) and Hackberry (*Celtis*) species native to the United States. *IAWA Bulletin new series*, 10(1), 5-26. doi:10.1163/22941932-90001106

Manuscrito recibido el 3 de agosto de 2016.

Aceptado el 16 de marzo de 2017.

Este documento se debe citar como:

Ramírez-Martínez, M., Terrazas, T., Aguilar-Rodríguez, S. y Martínez-Ávalos, J. G. (2017). Anatomía de la madera de especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas, México. *Madera y Bosques* 23(2), 21-41. doi: 10.21829/myb.2017.2321126

APÉNDICE 1. Descripciones de la madera por especie arregladas alfabéticamente por familia.

Cordia boissieri. Anillos de crecimiento delimitados por fibras y vasos muy angostos en la madera tardía, porosidad semianular (Fig. 1A). Vasos de forma ligeramente ovalada, solitarios y en hileras radiales de hasta 8 vasos o en cúmulos en la madera tardía; placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas, ornamentadas, punteaduras radio-vaso circulares, muy pequeñas comparadas con las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared delgada. Parénquima paratraqueal en bandas de 9 estratos de células, serie parenquimatosa de 5 células. Radios heterocelulares (Fig. 3A), uni escasos, bi y triseriados, de células procumbentes y cuadradas, con cristales tipo areniscas (Fig. 2M), taninos y granos de almidón.

Ehretia anacua. Anillos de crecimiento delimitados por diferencias en el diámetro de vasos y fibras, porosidad anular (Fig. 1B). Vasos de forma circular y angulares (Fig. 2A), generalmente solitarios y algunos formando hileras radiales o en diagonal de 4 hasta 12 vasos, algunos ocluidos por gomo-resinas; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas ornamentadas, punteaduras radio-vaso ovaladas, más pequeñas que las intervasculares. Fibras libriformes septadas y no septadas, de pared gruesa. Parénquima apotraqueal difuso y en agregados y paratraqueal escaso, serie parenquimatosa de 2 células, con taninos y granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3B), tri y 4-6 seriados, de células procumbentes y cuadradas, con taninos y granos de almidón.

Celtis laevigata. Anillos de crecimiento delimitados por fibras con el diámetro radial más angosto, porosidad difusa (Fig. 1C). Vasos de forma ovalada, la mayoría solitarios, en hileras en diagonal, pocos ocluidos por gomo-resinas; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas; punteaduras radio-vaso alargadas, diferentes de las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared gruesa. Parénquima apotraqueal y paratraqueal en bandas de hasta 6 estratos de células, vistos en sección transversal, serie

parenquimatosa de 6 células, con granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3C), uniseriados escasos, 2-3 seriados, en su mayoría biseriados, de células procumbentes y erectas, con granos de almidón.

Celtis pallida. Anillos de crecimiento delimitados por fibras y vasos pequeños en la madera tardía, porosidad semianular (Fig. 1D). Vasos de forma ovalada algunos circulares, formando hileras radiales de 2 a 7 vasos, algunos con contenidos oscuros (Fig. 2B); placas de perforación simple, punteaduras alternas, areoladas, ovaladas, punteaduras radio-vaso similares a las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared gruesa. Parénquima paratraqueal escaso y vasicéntrico, serie parenquimatosa de 2-3 células con granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3D), uni y biseriados en su mayoría, de células procumbentes y cuadradas, con cristales prismáticos, taninos y granos de almidón.

Celtis sp. Anillos de crecimiento delimitados por fibras, porosidad difusa. Vasos de forma circular y ovalada, solitarios y en hileras radiales hasta de 8 vasos, algunos con contenidos oscuros; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas, punteaduras radio-vaso similares a las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared gruesa. Parénquima paratraqueal en bandas de hasta 8 estratos de células, vistos en corte transversal, serie parenquimatosa de 6 células, con granos de almidón y taninos. Radios heterocelulares, uni, bi y triseriados, de células procumbentes y cuadradas, con cristales prismáticos, taninos y granos de almidón.

Wimmeria concolor. Anillos de crecimiento delimitados por fibras, porosidad difusa (Fig. 1E). Vasos de forma circular, solitarios, algunos con contenidos oscuros; placa de perforación simple, con engrosamientos helicoidales (Fig. 2N), punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas, ornamentadas, punteaduras radio-vaso iguales a las intervasculares. Fibrotraqueidas septadas, de pared gruesa. Parénquima paratraqueal escaso y en bandas de 3 a 6 estratos de células, vistos en corte



APÉNDICE 1. Descripciones de la madera por especie arregladas alfabéticamente por familia... Continuación.

transversal, serie parenquimatosa de 10 células, con taninos (Fig. 2N) y granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3E), uni y biseriados, de células procumbentes y cuadradas con taninos y granos de almidón.

Acacia berlandieri. Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad difusa (Fig. 1F). Vasos de forma circular, en su mayoría solitarios y formando hileras radiales cortas de hasta 5 vasos, algunos ocluidos por gomo-resinas; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas ornamentadas, punteaduras radio-vaso más pequeñas que las intervasculares. Fibras libriformes septadas, de pared delgada, con granos de almidón. Parénquima paratraqueal en bandas de hasta 20 estratos de células, serie parenquimatosa de 10 células, con abundantes cristales prismáticos. Radios homocelulares (Fig. 3F), exclusivamente uniseriados, de células procumbentes.

Bauhinia divaricata. Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad difusa (Fig. 1G). Vasos de forma circular y ovalada, principalmente solitarios o en cúmulos e hileras radiales de hasta 5 vasos; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, coalescentes, ornamentadas, punteaduras radio-vaso alargadas, más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared gruesa. Parénquima paratraqueal en bandas de 4 a 8 estratos de células, vistos en sección transversal, serie parenquimatosa de 8 células, con abundantes cristales prismáticos y granos de almidón (Fig. 2K). Radios heterocelulares (Fig. 3G), en su mayoría uniseriados, otros biseriados, de células cuadradas y erectas en los extremos de los radios y procumbentes cortas en el cuerpo del radio, con abundantes granos de almidón.

Caesalpinia mexicana. Anillo de crecimiento delimitado por fibras y parénquima marginal, porosidad semianular (Fig. 1H). Vasos de forma ligeramente ovalada, solitarios e hileras radiales de 2 a 5 vasos, algunos ocluidos por gomo-resinas; placa de perforación simple, punteaduras alternas, areoladas, ligeramente ovaladas,

ornamentadas, punteaduras radios-vaso similares a las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared delgada. Parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente; serie parenquimatosa de 4 células con taninos y granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3H), en su mayoría uniseriados, de células procumbentes y cuadradas, con taninos y granos de almidón.

Ebenopsis ebano. Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad difusa (Fig. 1I). Vasos de forma circular o ligeramente ovalada, solitarios y en hileras radiales de 2 o cúmulos de 3 células; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, ovaladas, coalescentes, punteaduras radio-vaso alargadas iguales a las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared muy gruesa. Parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente, serie parenquimatosa de 2 células con abundantes cristales prismáticos, taninos y granos de almidón. Radios homocelulares (Fig. 3I), en su mayoría uniseriados, el resto biseriados, de células procumbentes con abundantes granos de almidón.

Harpalyce arborescens. Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad semianular (Fig. 1J). Vasos de forma circular, formando hileras radiales de hasta 12 vasos, algunos con gomas (Fig. 2C); placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas con la apertura larga, ornamentadas, punteaduras radio-vaso diferentes de las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared gruesa. Parénquima paratraqueal en bandas de 2 a 11 estratos de células, vistos en sección transversal, serie parenquimatosa de 2 células, estratificado (Fig. 2J), con taninos y granos de almidón. Radios heterocelulares algunos estratificados (Fig. 3J), uni y en su mayoría biseriados, de células procumbentes y cuadradas, con taninos y granos de almidón.

Parkinsonia aculeata. Anillos de crecimiento delimitados por fibras, porosidad difusa (Fig. 1K). Vasos de forma circular ligeramente ovalados, solitarios y formando hileras radiales de 2 a 3 vasos; placa de perfora-

APÉNDICE 1. Descripciones de la madera por especie arregladas alfabéticamente por familia... Continuación.

ción simple, punteaduras intervasculares a veces opuestas, areoladas, ovaladas (Fig. 2D), ornamentadas, punteaduras radio-vaso más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes septadas, a veces gelatinosas, de pared muy delgada con granos de almidón alargados (Fig. 2I). Parénquima apotraqueal difuso y paratraqueal vasicéntrico y aliforme, serie parenquimatosa de 4 células con cristales prismáticos y granos de almidón. Radios homocelulares (Fig. 3K), uniseriados escasos, en su mayoría biseriados, de células procumbentes con algunos cristales prismáticos y abundantes granos de almidón.

***Prosopis juliflora*.** Anillos de crecimiento delimitados por vasos de diámetro amplio en la madera temprana y parénquima marginal, porosidad anular (Fig. 1L). Vasos de forma circular, ligeramente ovalada, en su minoría solitarios y formando hileras radiales de 2 a 3 vasos; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas, ornamentadas, punteaduras radio-vaso similares a las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared gruesa. Parénquima paratraqueal, aliforme a aliforme confluyente, serie parenquimatosa de 2 células, con abundantes cristales prismáticos y granos de almidón. Radios homocelulares (Fig. 3L), en su mayoría triseriados, de células procumbentes con escasos cristales prismáticos.

***Vachellia farnesiana*.** Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad semianular (Fig. 1M). Vasos de forma circular, algunos ovalados, solitarios y pocos formando hileras radiales de hasta 4 vasos, algunos ocluidos por gomo-resinas; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ligeramente ovaladas, con ornamentaciones, punteaduras radio-vaso más pequeñas que las intervasculares, ligeramente ovaladas o circulares. Fibras libriformes no septadas, de pared muy gruesa. Parénquima paratraqueal aliforme y aliforme confluyente; serie parenquimatosa de 2-4 células, con cristales prismáticos. Radios homocelulares (Fig. 3M), multiseriados, la mayoría 3 y 4-seriados, de células procumbentes con granos de almidón.

***Ocotea tampicensis*.** Anillos de crecimiento delimitados por fibras, porosidad difusa (Fig. 1N). Vasos de forma circular a ligeramente ovalados, generalmente solitarios, algunos formando hileras radiales de hasta 8 vasos, algunos con tílides y gomas; placa de perforación simple, punteaduras alternas, circulares, ornamentadas, punteaduras radio-vaso igual a las intervasculares. Fibras libriformes septadas (Fig. 2H), de pared muy delgada. Parénquima paratraqueal escaso y vasicéntrico, serie parenquimatosa de 4 a 6 células, con taninos y granos de almidón, algunas células oleíferas. Radios heterocelulares (Fig. 3N), exclusivamente biseriados, de células cuadradas y procumbentes, con taninos y granos de almidón.

***Robinsonella discolor*.** Anillos de crecimiento delimitados por fibras, porosidad difusa (Fig. 1O). Vasos de forma circular, solitarios y formando hileras radiales cortas de 2 a 4 vasos, algunos ocluidos por gomo-resinas; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, de forma circular, punteaduras radio-vaso más pequeñas que las intervasculares. Fibrotraqueidas no septadas (Fig. 2G), de paredes muy delgada. Parénquima apotraqueal difuso y paratraqueal escaso, serie parenquimatosa de 6 células con granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3O), exclusivamente biseriados, de abundantes células erectas en los márgenes, muy largos y cuadradas y procumbentes en el cuerpo con cuerpos de sílice (Fig. 2O).

***Myrcianthes fragrans*.** Anillos de crecimiento delimitados por fibras, porosidad semianular (Fig. 1P). Vasos de forma circular y ligeramente ovalados, solitarios, algunos formando hileras radiales de 3 a 6 células; placa de perforación simple, engrosamientos helicoidales finos, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, circulares, ornamentadas, punteaduras radio-vaso circulares, diferentes a las intervasculares. Fibrotraqueidas no septadas, con pared delgada. Parénquima apotraqueal difuso y difuso en agregados, paratraqueal escaso, series parenquimatosas de 4 células, con cristales prismáticos, algunos taninos y granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3P), uni, en su mayoría bi y triseriados, de células procum-



APÉNDICE 1. Descripciones de la madera por especie arregladas alfabéticamente por familia... Final.

bentes y cuadradas con taninos, cristales prismáticos y granos de almidón.

Drypetes lateriflora. Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad difusa (Fig. 1Q). Vasos de forma circular y ovalada, algunos solitarios, otros formando cúmulos e hileras radiales o tangenciales de hasta 8 vasos; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, de circulares a ovaladas, coalescentes, punteaduras radio-vaso similares a las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared muy gruesa. Parénquima paratraqueal en bandas de 6 estratos de células, serie parenquimatosa de 2-4 células, estratificadas; con cristales prismáticos y abundantes granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3Q), uniseriados raros, la mayoría bi y triseriados, de células procumbentes y cuadradas con granos de almidón.

Randia sp. Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad semianular (Fig. 1R). Vasos de forma circular, algunos ligeramente ovalados, formando hileras diagonales de hasta 24 vasos, algunos ocluidos por gomo-resinas; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, circulares (Fig. 2F), ornamentadas, punteaduras radio-vaso iguales a las intervasculares. Fibrotraqueidas septadas y no septadas, de pared muy gruesa. Parénquima apotraqueal y paratraqueal en bandas de 8 estratos celulares, vistos en sección transversal, serie parenquimatosa de 6 células, cristales tipo arenisca (Fig. 2L). Radios heterocelulares (Fig. 3R), uni, en su mayoría triseriados, de células erec-

tas, cuadradas y procumbentes, con granos de almidón y cristales prismáticos.

Esenbeckia berlandieri. Anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal, porosidad difusa (Fig. 1S). Vasos de forma circular, en su mayoría solitarios, el resto en hileras radiales de 3 vasos; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ligeramente ovaladas, punteaduras radio-vaso circulares, más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, con pared gruesa. Parénquima apotraqueal difuso-reticular, serie parenquimatosa de 6 células, con granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3S), en su mayoría uniseriados, algunos bi y triseriados, de células cuadradas y erectas y procumbentes cortas en el cuerpo, las partes unicelulares muy largas, con algunos cristales prismáticos.

Zanthoxylum fagara. Anillos de crecimiento delimitados por fibras, porosidad semianular (Fig. 1T). Vasos de forma ovalada, muy pocos solitarios y formando hileras radiales o cúmulos de 2 y hasta 5 vasos; placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ovaladas coalescentes (Fig. 2E), punteaduras radio-vaso más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared muy delgada. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico y ocasionalmente confluyente, serie parenquimatosa de 5 células, con granos de almidón. Radios heterocelulares (Fig. 3T), uni y biseriados, de células procumbentes y cuadradas, con granos de almidón.