

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

# FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

# ANATOMÍA DE LA MADERA DE ALGUNAS ESPECIES DE UNA SELVA BAJA CADUCIFOLIA DE TAMAULIPAS

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIOLOGÍA PRESENTA:

# MONSERRAT RAMIREZ MARTINEZ



DIRECTOR DE TESIS:

DRA. TERESA MARGARITA TERRAZAS SALGADO

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA, INSTITUTO DE BIOLOGÍA

ASESOR INTERNO. DR. ELOY SOLANO CAMACHO

México, D. F. 2015



Universidad Nacional Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

## DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

#### 2

### AGRADECIMIENTOS

A la Dr. Teresa Terrazas por su invaluable asesoría, dedicación y apoyo para realizar mi tesis siendo este un gran pasó en mi vida profesional.

Al Dr. Eloy Solano por su colaboración y revisiones de este trabajo.

Al Dr. José Guadalupe Martínez Avalos por habernos facilitado las muestras de tallos con las maderas para este estudio

A la Biól. Dalia Grego Valencia por su ayuda y enseñanza en las técnicas de anatomía vegetal.

Al Dr. David Nahum Espinoza Organista por su apoyo y sabiduría en campo, así mismo por la colaboración en este trabajo.

Al Dr. Efraín Reyes Ángeles Cervantes por su apoyo y sabiduría en campo, así mismo por la colaboración en este trabajo

Al M. en C. Rafael Torres por su gran paciencia y apoyo.

# DEDICATORIA

Principalmente a mis padres Lourdes Martínez y Antonio Ramírez por su gran apoyo, amor y comprensión a lo largo de mi vida, este logro también es de ellos.

A mis hermanos Luis Antonio y Adrián Uriel, por cuidarme, apoyarme y divertirse con todas nuestras travesuras, los quiero.

A mis amigas casi hermanas Alejandra y Gisela por su gran amistad incondicional y su cariño.

A mi mejor amigo y novio Alan Ortiz por creer en mí y darme razones para seguir, por su confianza y amor incondicional.

A todas aquellas personas que hicieron de la universidad una etapa inolvidable Sole, Mitzi y Beto.

Y aquellas personas que creyeron en mi Gracias Pedro Martinez, Ilse Martinez, Lucia Ramirez, David Rodriguez, Pilar Garcia, Elvia Lopez, Serafin Ortiz y Ramon Ortiz

# INDICE

AGRADECIMIENTOS	2
DEDICATORIA	3
RESUMEN	5
INTRODUCCIÓN	6
ANTECEDENTES	7
OBJETIVOS	11
MATERIAL Y MÉTODO	12

# RESULTADOS

### Descripciones anatómicas

Acacia berlandieri Benth	14
Acacia farnesiana (L.) Willd.	15
Bauhinia divaricata L.	16
Caesalpinia mexicana A. Gray	17
Celtis laevigata Willd.	18
Celtis pallida Torr.	19
Celtis sp.	20
Cordia boissieri A. DC.	21
Drypetes lateriflora (Sw.) Krug & Urb.	22
Ebenopsis ebano (Berland.) Barneby & J.W. Grimes	23
Ehretia anacua (Terán & Berland.) I.M. Johnst.	24
Esenbeckia berlandieri Baill.	25
Harpalyce arborescens A. Gray	26
Myrcianthes fragrans (Sw.) McVaugh	27
Ocotea tampicensis (Meisn.) Hemsl.	28
Parkinsonia aculeata L.	29
Prosopis juliflora (Sw.) DC.	30
Randia sp.	31
Robinsonella discolor Rose & Baker f. ex Rose	32
Wimmeria concolor Schltdl. & Cham.	33
Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.	34
DISCUSIÓN	45
CONCLUSIONES	49
LITERATURA CITADA	51

### RESUMEN

Se estudió la anatomía de la madera de 21 especies provenientes de la selva baja caducifolia de Tamaulipas, México, con el objetivo de contribuir al conocimiento anatómico de la madera de esta comunidad vegetal y comparar sus atributos entre ellas y con otras de diferentes selvas bajas caducifolias de México. Todas las maderas fueron procesadas con la microtecnia convencional sin inclusión en parafina. Con las preparaciones permanentes se realizó una descripción de acuerdo con la propuesta de la Asociación Internacional de los Anatomistas de la Madera. Se evaluaron los siguientes caracteres cualitativos y cuantitativos: tipo de porosidad, tipo de fibras, parénquima axial y la composición celular de los radios; longitud y diámetro tangencial de elementos de vasos, longitud, diámetro y grosor de las paredes de las fibras y la altura y anchura de radios uni y multiseriados. Además se contabilizaron el número de radios•mm<sup>-1</sup> y de vasos•mm<sup>2</sup>. Los resultados mostraron que las especies, generalmente, presentan una porosidad difusa, sólo Prosopis juliflora tiene porosidad anular; los vasos se distribuyen en agregados, hileras radiales y solitariamente en todas las especies; pueden ser de forma circular, ovalada o ambas, y exclusivamente Erethia anacua presenta vasos angulares. Las fibras en un 90% son libriformes. El parénquima axial es de tipo paratragueal con distribución en bandas, aliforme y vasicéntrico, en pocas especies es apotragueal. Los radios son comúnmente heterogéneos, pero en tres especies de leguminosas es homogéneo. Las 21 especies aquí estudiadas presentan porcentajes similares en los tipos de porosidad, con marcas de crecimiento delimitados por fibras en el 50% de las especies, y el resto por parénquima marginal en Fabaceae. Los caracteres cuantitativos de la madera evaluados en este estudio se encuentran dentro de los valores máximos y mínimos registrados para la selva baja caducifolia de la reserva de Chamela. Sin embargo, la longitud de los elementos de vaso y fibras es más corta y el diámetro de los vasos es más angosto en las especies de la selva baja de Tamaulipas, en comparación con las de la Estación Biológica de Chamela en Jalisco. Este resultado posiblemente se deba en parte a que en Chamela la altura de los individuos sobrepasa los 15 metros en algunas especies; además, hay presencia de tallos suculentos. La anatomía funcional de ambas comunidades se relaciona con variables ambientales como el clima que les permite sobrevivir durante las temporadas de seguía que se presentan anualmente.

# INTRODUCCIÓN

Caracterizar la anatomía de la madera de las especies leñosas es una forma de conocer la diversidad de una comunidad vegetal, ya que las condiciones ambientales que rodean a los árboles durante su crecimiento y su capacidad genética les confieren características fenotípicas variables (Harold y Hocker, 1984), inclusive en su morfología interna, por eso es importante analizar con detalle la anatomía que tienen estas especies bajo condiciones similares de clima y suelo, para poder establecer caracteres anatómicos convergentes que pueden ser a causa de adaptaciones y evolución de la madera por respuesta a los factores ecológicos, como es la disponibilidad de humedad y resistencia mecánica. En los últimos años hubo un incremento del interés por estudiar las adaptaciones ecológicas con el propósito de entender los mecanismos responsables de las mayores tendencias evolutivas filogenéticas en el xilema secundario (madera) establecidos por Bailey (1920), Carlquist (1975, 1980) y Baas (1976, 1982). Se puso énfasis en la dependencia de los caracteres de la madera con respecto a la disponibilidad de agua y en la relación entre la temperatura, estacionalidad, altitud y distribución geográfica con características anatómicas cuantitativas.

### ANTECEDENTES

#### Estudios sobre anatomía de Madera

Los estudios sobre la madera se consideran una ciencia aplicada, dedicada a la investigación de la estructura y propiedades de la misma, teniendo un papel importante en la arqueología, la paleobotánica y la ciencia forense. La anatomía de la madera se utilizaba en un principio para reconocer y nombrar una muestra de madera, si se encontraban dos ejemplares, uno de herbario y otro de procedencia distinta; se podría comparar y saber si eran de la misma especie. El trabajo de I.W. Bailey sobre la estructura de la madera en la Universidad de Harvard es tan conocido que no es de extrañar que los especímenes que ensambla son de particular interés; de esta forma descubrió la variación de la estructura que se da en diferentes partes de un árbol; observó que también los tamaños de las células del cámbium vascular y los métodos por los cuales se dividen se reflejan en maderas fosilizadas, así como en maderas actuales. Por medio de sus colecciones los alumnos de Bailey llevaron a cabo investigaciones que dieron lugar a nuevas ideas y el reconocimiento de la importancia de estos estudios y comenzaron a surgir numerosos departamentos dedicados al estudio de la estructura de la madera (Metcalfe y Chalk, 1983).

El conocimiento de las características macroscópicas y microscópicas de la madera permite identificar plantas en el nivel de género (Carlquist, 2001), proponer usos (Rebollar et al., 1996), elaborar claves de identificación (Wheeler y Baas, 1998), aportar características relevantes para la sistemática de géneros y familias, además de hacer interpretaciones evolutivas (Herendeen y Miller, 1996; Dickison, 1999).

Los caracteres de la madera son una fuente de datos para hacer interpretaciones ecológicas, ya que se han registrado diferencias estructurales en la madera de los árboles pertenecientes a una misma especie pero que crecen en diferentes condiciones ecológicas (Metcalfe y Chalk, 1983). Además, al describir la conductividad hidráulica de cada especie, a través de la arquitectura de los vasos, se ha registrado que entre individuos de diferentes especies que habitan en el mismo ecosistema, convergen en las características anatómicas de este tipo celular (Heredeen y Miller, 1996). Uno de los primeros estudios donde se realizaron interpretaciones ecológicas de la madera fue realizado por Carlquist (1966), quien estudió 528 especies pertenecientes a 14 tribus de la familia Asteraceae. En este trabajo el autor mostró que los atributos de los vasos y de las fibras, son caracteres adaptativos que están determinados por las condiciones ecológicas en las que se distribuyen los miembros de esta familia. Entre las tendencias encontradas están la reducción del diámetro de los vasos y de las fibras con un aumento en su número, o bien, el incremento en longitud de los elementos de vasos y de las fibras con un mayor desarrollo en la talla de los individuos. Posteriormente, una serie de estudios hacen también interpretaciones de las características de la madera en relación con la latitud, la altitud

y la longitud para diferentes géneros o familias (Baas, 1973; van den Oever et al, 1981; Baas et al., 1983; Arias y Terrazas, 2001; Aguilar-Rodríguez et al., 2006)

Uno de las primeras investigaciones en el nivel de comunidad fue el de Carlquist y Hoekman (1985), quienes estudiaron de manera descriptiva la madera de 207 especies del sur de California, observando que hay caracteres que se relacionan con el tipo de clima de dicha región, por ejemplo la presencia de anillos de crecimiento bien marcados, desarrollo de placas escalariformes y traqueidas verdaderas en arbustos de hoja perenne, mientras que, las traqueidas vasculares tienden a presentes en arbustos de hoja caduca. Este último es un carácter evolutivamente importante, encontrando traqueidas verdaderas en el 100% de los arbustos alpinos, en el 77% de los arbustos del desierto y en el 75% de los arbustos del chaparral.

Baas y Carlquist (1985) estudiaron con un enfoque también comparativo la anatomía de las maderas del sur de California y de Israel, observaron similitudes en las placas de perforación de los vasos, la longitud del vaso y en la presencia de engrosamientos en espiral. Las diferencias anatómicas en la madera entre las especies de ambas comunidades se pueden atribuir al tipo de composición florística, al transporte eficiente de los vasos y a la resistencia a la sequía, entre estas diferencias están, la forma en que se agrupan los vasos y su porosidad. Estudios comparativos de la madera también se han realizado en diferentes comunidades vegetales de Brasil (Callado et al., 2001), de Europa y de Asia.

El estudio de la anatomía de las maderas en México comienza en la década de los 50 del siglo XX en el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas (Terrazas-Salgado, 1988). Una revisión bibliográfica de los trabajos realizados de 1944 a 1987 sobre los estudios de la anatomía de la madera en México, menciona ocho diferentes enfoques (Terrazas-Salgado, 1988). En este contexto, la madera se ha estudiado con el propósito de evaluar la relación entre estructura-propiedades-usos, con un enfoque descriptivo, para generar claves dicotómicas de identificación, estudiar la variación inter e intraespecífica, con propósitos metodológicos y como una herramienta para la sistemática.

Con el enfoque de anatomía en el nivel de flora, en México existen poco estudios (Ortega et al., 1991; Aguilar-Rodríguez et al., 2000; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005). Por ejemplo, el estudio de las maderas de la selva alta perennifolia de Los Tuxtlas, Veracruz tuvo como objetivo conocer y comparar la anatomía de las especies maderables que habitan este tipo de ecosistema (Barajas-Morales et al., 1997). Los autores encontraron que la anatomía de la madera de esta comunidad es el resultado de la interacción de varios factores, entre ellos: edáficos, humedad y temperatura. En este estudio se describen características generales de 60 especies como: el color, el olor, el sabor, el lustre, la textura, el grano, la dureza y los anillos de crecimiento; para las características microscópicas cualitativas mencionan la forma, el tipo y arreglo de los vasos, los radios y las fibras. De esta manera se observaron similitudes en la mayoría de los individuos como el color crema de la albura y el duramen. El 60% de las especies

estudiadas cuentan con un diámetro del elemento de vaso mayor a 100 µm, aunque su longitud varía de medianos a largos; cuenta con fibras muy largas mayores a 1500 µm y radios heterogéneos, en algunas especies muy abundantes. Estas diferencias o similitudes en la anatomía de las maderas se relacionan con la adaptación de las especies para sobrevivir en este ambiente. Más recientemente Barajas-Morales et al. (2004), realizaron la descripción de las maderas del matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla. En este trabajo se describe la anatomía de 43 especies, 26 de árboles y 17 arbustos, dando a conocer características como altura, diámetro del tronco y morfología de la corteza de algunas especies, también describen características macroscópicas de la madera como: el color, el olor, el lustre y la textura, entre otras, con respecto a las características microscópicas menciona la distribución y agrupamiento de los poros; la longitud de los elementos de vaso, el tipo de placa de perforación; el tipo y la longitud de las punteaduras intervasculares, así como la longitud de las fibras. También observaron una diferencia relevante en las características microscopias entre los árboles y arbustos. En las especies arbóreas señalaron elementos de vaso de longitud mediana, con diámetro mediano, poco abundantes y la mayoría solitarios; punteaduras intervasculares medianas, fibras de longitud mediana, radios muy bajos y moderadamente numerosos; estas características proporciona una mayor eficiencia en la conducción. En cuanto a las especies arbustivas presentan elementos de vaso de longitud corta, diámetro angosto, la mayoría agrupados, y muy numerosos, con punteaduras intervasculares pequeñas, fibras cortas, radios extremadamente cortos y muy numerosos; caracteres que se relacionan con la eficiencia hídrica. De este modo, los arbustos cuentan con características anatómicas en su madera para resistir la seguía.

Para la selva baja caducifolia, Barajas-Morales y León-Gómez (1989) describen 72 especies de la Estación Biológica Chamela de Jalisco. En este estudio presentan características macroscópicas y microscópicas de cada una de las especies, una parte importante de las especies estudiadas pertenecen a las leguminosas ya que es la más representativa en este tipo de vegetación. Este estudio se realizó con el fin de conocer la anatomía ecológica y funcional de esta comunidad vegetal. Sus resultados mostraron que hay características compartidas entre la mayoría de las especies estudiadas como son la porosidad difusa, los vasos agrupados en número de dos y tres, con un diámetro entre 74 y 230 µm, parénquima axial paratraqueal difuso.

A pesar de que se han estudiado algunos aspectos de la tecnología de la madera de algunas especies de la selva baja de Tamaulipas (Fuentes et al., 2008), se desconocen trabajos que describan y comparen los atributos anatómicos de las especies que se distribuyen en las selvas bajas del oriente de la República Mexicana.

#### Los bosques tropicales secos

Las selvas bajas caducifolias son también conocidas como bosques tropicales caducifolios que se caracterizan por su estacionalidad. El clima propicio para esta selva es cálido subhúmedo, donde la época de lluvia dura de tres a cuatro meses, en este periodo los árboles permanecen cubiertos de hojas, y en la época seca pierden su follaje (Trejo-Vázquez, 1999); en promedio los arboles miden de 8 hasta 15 m de altura. Estas selvas son ecosistemas que cuentan con una gran riqueza de especies (2500 aprox.). En México las selvas bajas caducifolias actualmente representan cerca del 8.3% de la vegetación tropical, de la cual aproximadamente el 3.7% se considera que sigue intacta. Cerca de un 50% de las especies que constituyen a esta comunidad vegetal en México son endémicas (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2005; Rzedowski y Calderon de Rzedowski, 2013). En el estado de Tamaulipas las selvas bajas ocupan el segundo lugar en superficie, se distribuyen en 16 de los 42 municipios del estado entre ellos: Aldama, Abasolo, Casas, Llera y Soto la Marina, así como en Gómez Farías, Mante, Xicoténcatl, Ocampo, Antiguo y Nuevo Morelos, y se conserva una pequeña porción en los municipios de Hidalgo y Victoria. La composición de especies vegetales es muy diversa ya que su distribución es de manera heterogénea y el relieve en el que se encuentran muy irregular, de esta forma se puede mezclar con bosques de Quercus y matorra, donde están bien representados los géneros, Agave, Lemaireocereus, Opuntia y Pachycereus, entre otros (Martínez-Ávalos et al., 2011). En estas selvas el estrato superior es dominante en cuanto a cobertura, número de individuos y cantidad de especies presentes, en este estrato destacan Ebenopsis ebano y Prosopis glandulosa para el estrato medio se encuentran arbustos como Condalia hookeri, Celtis sp., y en el inferior se presentan Randia laetervivens, Croton sp. y Karwinskia humboltdtiana.

El aislamiento geográfico de la sierra de Tamaulipas, que se complementa con el abandono cultural y la marginación económica, han favorecido la dominancia de un entorno natural en extraordinarias condiciones, el cual puede ser resguardado sin grandes esfuerzos como un ejemplo de la vegetación existente en el noreste de México. Aquí se encuentran las selvas bajas más septentrionales que se distribuyen en el Golfo de México, selvas que están aisladas del resto de este tipo de vegetación y que a diferencia de otras selvas secas del Pacifico mexicano y de la Península de Yucatán están poco perturbadas, debido a actividades agrícolas, pecuarias, de desarrollo urbano o turístico. Asimismo, la sierra mantiene importantes especies del matorral espinoso y matorral submontano, ambos propios de las praderas xéricas del noreste de México (CONANP, 2005).

Uno de los aspectos ambientales que diferencian las selvas bajas mexicanas es el clima. El 38% de este tipo de vegetación se encuentra en un clima cálido subhúmedo (AwO), con una temperatura media de 22° C; un 15% se encuentra en un clima semiárido cálido (BS1h´), 11% se localiza en los cálidos subhúmedos, pero con una humedad intermedia (Aw1 y Aw2), el 9% se desarrolla en clima semicálido subhúmedos (A(C)w0) y (A)Cw0, donde la temperatura oscila de 18 a 22°C; un 7 % se encuentra en clima semiárido y semicálido (BS1h); el resto se encuentra en otros tipos de clima (Trejo-Vázquez, 1999). Para Tamaulipas que corresponde al norte del golfo, además de mayor humedad, las condiciones son preferentemente semicálidas. Otro aspecto ambiental es la precipitación, el 70% de estas selvas se encuentra en zonas con una precipitación media anual Que oscila entre 700 y 1200 mm, pero es posible encontrar SBC en áreas con 300 y 1500 mm de precipitación media anual. En el área de Baja California es donde la cantidad de lluvia alcanza los rangos más bajos de 300 a 500 mm, en cambio en el área del norte del Golfo de México, las precipitaciones pueden alcanzar 1500 mm (Trejo-Vázquez, 1999).

# **OBJETIVOS**

\*Describir la anatomía de las maderas de 21 especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas.

\*Comparar las características de la madera de los diferentes taxones de la selva baja, para identificar caracteres convergentes.

\*Comparar la anatomía de las maderas estudiadas, con la de s especies de distintas selvas bajas caducifolias de México.

# **MATERIAL Y MÉTODO**

Se recolectó la madera de 21 especies de árboles de la selva baja caducifolia de Tamaulipas (Cuadro 1) en los municipios de Ébanos y Aracate. Para cada especie se obtuvieron rodajas de cada uno de los troncos maduros de 5 cm de alto y se colocaron en GAA (glicerina, alcohol y agua, 1:1:1) para fijar y ablandar la madera. Posteriormente, se obtuvieron cortes en sección transversal, tangencial y radial de 20-25 µm de grosor con ayuda de un micrótomo de deslizamiento (Leica SM 2000R). Los cortes de cada sección se dividieron en partes iguales y se le agregó a una mitad cloro al 50% hasta que los tejidos se aclararon, se lavó con agua hasta eliminar el cloro; la otra mitad se mantuvo en alcohol al 50%. Enseguida ambas muestras se deshidrataron en alcohol al 70 y 96% por un periodo de 15 minutos cada uno, para después teñir con una solución de safranina durante una hora; enseguida se lavaron con alcohol al 96% y con alcohol absoluto, dejando reposar las muestras por un minuto y agregar el verde rápido por diez segundos, lavando con alcohol absoluto. Posteriormente, se agregó xilol y después se montaron con resina sintética.

FAMILIA	ESPECIE
Boraginaceae	Cordia boissieri A. DC.
	Ehretia anacua (Terán & Berland.) I.M. Johnst.
Cannabaceae	Celtis sp.
	Celtis laevigata Willd.
	Celtis pallida Torr.
Celastraceae	Wimmeria concolor Schltdl. & Cham.
Fabaceae	Acacia berlandieri Benth
	Acacia farnesiana (L.) Willd.
	Bauhinia divaricata L.
	Caesalpinia mexicana A. Gray
	Ebenopsis ebano (Berland.) Barneby & J.W. Grimes
	Harpalyce arborescens A.Gray
	Parkinsonia aculeata L.
	Prosopis juliflora (Sw.) DC
Lauraceae	Ocotea tampicensis (Meisn.) Hemsl.
Malvaceae	Robinsonella discolor Rose & Baker f. ex Rose
Myrtaceae	Myrcianthes fragrans (Sw.) Mc Vaugh
Putranjivaceae	Drypetes lateriflora (Sw.) Krug & Urb.
Rubiaceae	Randia L. sp.
Rutaceae	Esenbeckia berlandieri Baill.
	Zanthoxylum fagara (L.) Sarg.

Cuadro 1. Listado de las e	species de la selva ba	ja subcaducifolia, cu	yas maderas fuer	on analizadas.
----------------------------	------------------------	-----------------------	------------------	----------------

De cada muestra se prepararon disociados cortando pequeñas astillas de 1 cm aproximadamente de largo, cercano al cámbium vascular y se colocaron en solución de Jeffrey (Johansen, 1940) durante aproximadamente 15 minutos dentro de una estufa a 56° C, se revisaron constantemente hasta que se observó que la madera estuviera disociada, de lo contrario se mantuvieron por más tiempo en la estufa. Una vez disociado se lavaron con agua corriente hasta eliminar los restos de 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 realizó la descripción de acuerdo con la propuesta de la Asociación Internacional de los Anatomistas de la Madera (IAWA Committe, 1989) para los caracteres cualitativos como: porosidad, fibras y parénquima axial y radial. Para la descripción cuantitativa se consideró la longitud y diámetro tangencial de 25 elementos de vaso, las fibras y los radios, además se cuantificó el número de vasos•mm<sup>2</sup> y el número de radios•mm en 25 campos. Todas estas mediciones se realizaron con un analizador de imágenes (Image Pro Plus versión 6.1, Media Cybernetics) adaptado a un microscopio Olympus BX-51.

#### Análisis estadísticos

Para cada carácter microscópico de las especies se obtuvieron las medidas de tendencia central media y de dispersión. Con la finalidad de establecer diferencias entre las especies se realizó un análisis de varianza seguido de una prueba de Tukey, utilizando el programa estadístico SAS (SAS Institute, 2008). Adicionalmente se realizó un análisis de correlación para identificar si los caracteres de las especies estudiadas siguen las tendencias de asociación entre atributos de la madera como en otros taxones (Baas, 1973).

# RESULTADOS

A continuación se presentan e ilustran las descripciones de la madera por especie:

#### Acacia berlandieri Benth (Figura 1).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma circular, en su mayoría solitarios y formando hileras radiales cortas de hasta 5 vasos;  $8 \pm 2 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 85.88 ± 24.91 µm; elementos de vaso de 226.86 ± 43.61 µm de longitud, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternadas, areoladas y ovaladas; punteaduras radio-vaso más pequeñas que las intervasculares areoladas y ligeramente ovaladas. Fibras libriformes, septadas, con granos de almidón, de pared delgada, con 656.74 ± 87.58 µm de longitud y diámetro tangencial de 15.04 ± 2.11 µm. Parénquima axial paratraqueal en bandas de hasta 20 estratos de células, vistos en sección transversal, serie parenquimatosa de 10 células y abundantes cristales prismáticos. Radios homogéneos, exclusivamente uniseriados 3 ± 1 • mm, con una altura de 107.76 ± 28.70 µm de alto, 12.45 ± 2.21 µm de ancho, con células procumbentes.



Figura 1. Madera de *Acacia berlandieri*. A. Porosidad, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios uniseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso y parénquima paratraqueal, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, CTa. F. Cristales en parénquima axial, CTa. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Acacia farnesiana (L.) Willd. (Figura 2).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma circular, algunos ovalados, solitarios en su mayoría, pocos formando cúmulos de hasta 4 vasos;  $9 \pm 2 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 102.48 ± 42.04 µm; elementos de vaso de 221.33 ± 15.81 µm de longitud, placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas, ligeramente ovaladas y punteaduras radio-vaso pequeñas, ligeramente ovaladas o circulares. Fibras libriformes no septadas, de pared ligeramente gruesa,415.15 ± 108.73 µm de longitud y diámetro tangencial de 13.04 ± 1.80 µm. Parénquima axial paratraqueal, aliforme, confluente; serie parenquimatosa de 5 células y con cristales prismáticos. Radios homogéneos, multiseriados, 2 ± 1 • mm con una altura promedio de 269.81 ± 115.41 µm y 26.174 ± 7.41 µm de ancho, de células procumbentes con granos de almidón.



Figura 2. Madera de *Acacia farnesiana*, A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso y parénquima paratraqueal aliforme, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, CTa. F. Cristales en parénquima axial, CTa. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Bauhinia divaricata L. (Figura 3).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma circular y ovalada, solitarios o en cúmulos de hasta 5 células;  $20 \pm 4 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 63.54 ± 15.52 µm, elementos de vaso de 244.49 ± 34.27 µm de longitud, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, pequeñas, alargadas y con ornamentaciones y punteaduras radio-vaso alargadas, más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas de pared delgada, 794.98 ± 201.23 µm de longitud y diámetro tangencial de 10.04 ± 1.71 µm. Parénquima axial paratraqueal en bandas de 4 y 8 estratos de células en vista transversal, serie parenquimatosa de 8 células con granos de almidón y cristales prismáticos. Radios heterogéneos, en su mayoría uniseriados, el resto biseriados, 3 ± 1 · mm, 387.21 ± 87.97 µm de alto, y 19.25 ± 5.81 µm de ancho, de células cuadradas y erectas en los extremos de los radios y procumbentes cortas en el cuerpo del radio, con abundantes granos de almidón.



Figura 3. Madera de *Bauhinia divaricata*. A. Porosidad semianular, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios uniseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes y erectas de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso y parénquima paratraqueal, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas y granos de almidón, CTa. F. Punteaduras radio-vaso areolada, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Caesalpinia mexicana A. Gray (Figura 4).

Porosidad difusa, anillo de crecimiento delimitado por fibras y parénquima marginal. Vasos de forma ligeramente ovalada, solitarios y formando agregados, hileras radiales de 2 a 5 vasos;  $9 \pm 4 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 97.63 ± 24.91 µm, elementos de vaso de 240.34 ± 40.15 µm de longitud, placa de perforación simple; punteaduras alternas, areoladas, pequeñas y de forma ligeramente ovaladas y punteaduras radios-vaso areoladas, ligeramente ovaladas. Fibras libriformes no septadas, de paredes delgada con una longitud de 742.13 ± 203.50 µm y diámetro tangencial de 19.04 ± 4.41 µm. Parénquima axial paratraqueal, aliforme, confluente; serie parenquimatosa de 4 células con taninos y granos de almidón. Radios heterogéneos, en su mayoría uniseriados el resto biseriados,  $4 \pm 1 \cdot \text{mm}$ , 223.53 ± 94.83 µm de alto y 20.43 ± 6.97 µm de ancho, de células procumbentes y cuadradas, con taninos y granos de almidón.



Figura 4. Madera de *Caesalpinia mexicana*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios uniseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, contenidos de almidón y punteaduras radio-vaso, CR. D. Detalle de elemento de vaso y parénquima paratraqueal, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas y punteaduras radio-vaso areoladas, CTa. F. Punteaduras radio- vaso, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Celtis laevigata Willd. (Figura 5).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por fibras. Vasos de forma ovalada, solitarios, en hileras radiales, muy pocos en agregados;  $10\pm 3 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 70.99 ± 10.99 µm, elementos de vaso de 386.96 ± 72.99 µm de longitud, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, ligeramente ovaladas; punteaduras radio-vaso areoladas y alargadas, diferentes de las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, de pared gruesa, con una longitud de 1099.25 ±261.80 µm y diámetro tangencial de 16.37 ± 3.22 µm. Parénquima axial paratraqueal, en bandas de 6 células de espesor vistas en sección transversal, serie parenquimatosa de 6 células con granos de almidón. Radios heterogéneos, uniseriados, triseriados y en su mayoría biseriados, 2 ± 1 \cdot mm, 251.29 ± 63.38 µm de alto y 26.35 ± 6.75 µm de ancho, de células erectas y procumbentes, con granos de almidón.



Figura 5. Madera de *Celtis laevigata*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios uniseriados, biseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, contenidos de almidón y punteaduras radio-vaso, CR. Fig. D. Detalle de elementó de vaso y parénquima, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas en elemento de vaso, CTa. F. Punteaduras radio-vaso y contenido radiales de almidón CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Celtis pallida Torr. (Figura 6).

Porosidad semianular, anillos de crecimiento delimitados por fibras y vasos pequeños en la madera tardía. Vasos de forma ovalada algunos circulares, formando hileras radiales de 2 a 7 vasos;  $46 \pm 7 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de  $65.32 \pm 12.79 \,\mu\text{m}$ ; elementos de vaso de  $548.85 \pm 99.01 \,\mu\text{m}$  de longitud, placas de perforación simple, punteaduras areoladas, ligeramente ovaladas y punteaduras radio-vaso ovaladas y areoladas, del mismo tamaño que las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, de pared muy gruesa, con 929.08  $\pm 173.76 \,\mu\text{m}$  en longitud y diámetro tangencial de  $15.69 \pm 1.94 \,\mu\text{m}$ . Parénquima axial paratraqueal escaso, vasicéntrico, serie parenquimatosa de 2-3 células con granos de almidón. Radios heterogéneos, uniseriados y biseriados en su mayoría,  $4 \pm 1 \cdot \text{mm}$ , 232.30  $\pm 60.47 \,\mu\text{m}$  de alto y 17.96  $\pm 4.79 \,\mu\text{m}$ 



Figura 6. Madera de *Celtis pallida*. A. Porosidad semianular, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios uniseriados, elementos de vaso y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios contenidos de almidón, CR. D Detalle de elemento de vaso, parénquima y fibras de paredes gruesas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas areoladas, CTa. F. Punteaduras radio-vaso y contenidos de granos de almidón, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Celtis sp. (Figura 7).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por fibras. Vasos de forma redonda y ovalada, solitarios y en hileras radiales hasta de 8 vasos,  $23 \pm 6 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 72.85 ± 21.83 µm; elementos de vaso de 227.16 ± 31.82 µm de longitud, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas y punteaduras radio-vaso similares a las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, con una longitud de 730.47 ± 182.17 µm y diámetro tangencial de 14 ± 2.95 µm. Parénquima axial paratraqueal en bandas de hasta 8 células vistas en corte transversal, serie parenquimatosa de 6 células con granos de almidón. Radios heterogéneos, bi y triseriados,  $4 \pm 1/\text{mm}$ ,  $326.23 \pm 106.26$  µm de alto, y  $39.87 \pm 9.06$  µm de ancho, de células procumbentes y cuadradas, con granos de almidón.



Figura 7. Madera de *Celtis sp.* A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima y fibras de paredes gruesas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas y parénquima axial con granos de almidón, CTa. F Punteaduras radio-vaso y contenidos de almidón, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Cordia boissieri A. DC. (Figura 8).

Porosidad semianular, anillos de crecimiento delimitados por fibras y vasos muy angostos en la madera tardía. Vasos de forma ligeramente ovalada, en hileras radiales de hasta 8 vasos, algunos solitarios;  $11 \pm 4 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de  $93.40 \pm 29.84 \,\mu\text{m}$ ; elementos de vaso de 232.04  $\pm$  32.67  $\mu\text{m}$  de longitud, placas de perforación simple, punteaduras intervasculares ornamentadas, alternas, ovaladas y punteaduras radio-vaso circulares y muy pequeñas comparadascon las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de pared gruesa, con longitud 679.60  $\pm$  195.32  $\mu\text{m}$  y diámetro tangencial de 18.78  $\pm$  2.91  $\mu\text{m}$ . Parénquima axial paratraqueal, en bandas de 9 células de espesor vistas en corte transversal, serie parenquimatosa de 5 células con cristales tipo areniscas. Radios heterogéneos, biseriados y triseriados,  $3 \pm 1 \cdot \text{mm}$ , 325.70  $\pm$  168.62  $\mu\text{m}$  de alto y 42.92  $\pm$  8.97  $\mu\text{m}$  de ancho, de células procumbentes y cuadradas, con granos de almidón, contenidos de color oscuro y cristales prismáticos.



Figura 8. Madera de *Cordia Boissieri*. A. Porosidad semianular, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios biseriados, triseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios y punteaduras intervasculares, CR. D. Detalle del elemento de vaso, parénquima paratraqueal y fibras de paredes ligeramente gruesas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas y areoladas del elemento de vaso CTa. F. Punteaduras radio-vaso CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Drypetes lateriflora (Sw.) Krug & Urb. (Figura 9).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma circular y ovalada, algunos solitarios, otros formando agregados de hasta 8 vasos,  $16 \pm 4 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de  $63.37 \pm 8.45 \,\mu\text{m}$ ; elementos de vaso de  $211.63 \pm 54.23 \,\mu\text{m}$  de longitud, placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, muy pequeñas, de circulares a ovaladas coalescentes y punteaduras radio–vaso similares a las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, con una longitud de  $711.29 \pm 235.39 \,\mu\text{m}$ , diámetro tangencial de  $13.07 \pm 2.33 \,\mu\text{m}$ . Parénquima axial paratraqueal en bandas de 6 células de espesor vistas en corte transversal, serie parenquimatosa de 2-3 células, ligeramente estratificadas; con abundantes granos de almidón y cristales prismáticos. Radios heterogéneos, exclusivamente multiseriados, 1 · mm, 274.22 ± 63.83  $\mu$ m de alto y 52.05 ± 17.02  $\mu$ m de ancho, de células procumbentes y cuadradas.



Figura 9. Madera de *Drypetes lateriflora*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios y punteaduras radio-vaso, CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima paratraqueal y fibras de paredes gruesas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso CTa. F. Punteaduras radio-vaso y contenidos de granos de almidón, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Ebenopsis ebano (Berland.) Barneby & J.W. Grimes (Figura 10).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma ligeramente ovalada, solitarios y en hileras radiales o cúmulos de 3 células;  $16 \pm 9 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 93.75 ± 24.69 µm; elementos de vaso de 168.98 ± 39.40 µm de longitud, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares opuestas, pequeñas, coalescentes y alargadas; punteaduras radio-vaso alargadas iguales a las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas de pared gruesa, con longitud de 760.45 ± 264.68 µm y diámetro tangencial de 11 ± 1.86 µm. Parénquima axial paratraqueal, aliforme, confluente; serie parenquimatosa de 2 células con granos de almidón y cristales prismáticos. Radios homogéneos, en su mayoría uniseriados, el resto biseriados, 5 ± 2 \cdot mm, 146.78 ± 51.39 µm de alto y 9.93 ± 1.63 µm de ancho, de células procumbentes con abundantes granos de almidón.



Figura 10. Madera de *Ebenopsis ebano*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima paratraqueal y fibras, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas y contenidos de granos de almidón CTa. F. Detalle de los contenidos en radios y parénquima axial con cristales prismáticos y granos de almidón CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Ehretia anacua (Terán & Berland.) I.M. Johnst. (Figura 11).

Porosidad semianular, anillos de crecimiento delimitados por vasos y fibras. Vasos de forma circular, angulares, generalmente solitarios y algunos formando hileras radiales de 4 hasta 12 vasos;  $11 \pm 3 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 47.62 ± 12.50 µm; elementos de vaso de 211.97 ± 38.50 µm de longitud, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, alargadas y ornamentadas; punteaduras radio-vaso pequeñas, de forma redonda. Fibras libriformes, septadas y no septadas, de pared ligeramente gruesa, con 599.02 ± 187.63 µm de longitud y diámetro tangencial de 12.81 ± 2.45 µm. Parénquima axial apotraqueal, difuso, en agregados, serie parenquimatosa de 2 células. Radios heterogéneos, triseriados y 4-6 seriados, 2 ± 1 \cdot mm, 502.26 ± 145.53 µm de largo, y 75.95 ± 29.44 µm ancho, de células procumbentes y cuadradas. Contenidos de almidón y taninos en el parénquima y radios, gomas en los vasos.



Figura 11. Madera de *Ehretia anacua*. A. Porosidad semianular, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios y contenidos de granos de almidón CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima apotraqueal y fibras CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas las de los elemento de vaso CTa. F. Contenidos de granos de almidón en radios, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Esenbeckia berlandieri Baill. (Figura 12).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma circular, en su mayoría solitarios, el resto agrupados;  $30 \pm 10 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de  $39.32 \pm 6.92 \,\mu\text{m}$ ; elementos de vaso de  $479.71 \pm 94.04 \,\mu\text{m}$  de longitud, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, pequeñas y ligeramente ovaladas; punteaduras radio-vaso circulares, más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, con pared muy gruesa, con  $1036.13 \pm 297.40 \,\mu\text{m}$  de longitud y diámetro tangencial de  $11.46 \pm 1.66 \,\mu\text{m}$ . Parénquima axial apotraqueal, difuso-reticular, serie parenquimatosa de 6 células con granos de almidón. Radios heterogéneos, uniseriados,  $3\pm 1 \cdot \text{mm}$ ,  $548.69 \pm 167.71 \,\mu\text{m}$  de alto y  $27.25 \pm 6.76 \,\mu\text{m}$  de ancho, de células cuadradas y erectas, con cristales prismáticos.



Figura 12. Madera de *Esenbeckia berlandieri*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios uniseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalles de elemento de vaso, parénquima paratraqueal y fibras de paredes gruesas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas y granos de almidón, CTa. F. Punteaduras radio-vaso, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Harpalyce arborescens A. Gray (Figura 13).

Porosidad semianular, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma circular, formando hileras radiales de hasta 12 vasos;  $45 \pm 15 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 61.16 ± 10.90 µm; elementos de vaso de 187.06 ± 20.66 µm de longitud, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares opuestas, alargadas; punteaduras radio-vaso pequeñas y ligeramente ovaladas, diferentes de las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, de pared gruesa, con longitud de 270.26 ± 43.14 µm y diámetro tangencial de 13.51 ± 1.77 µm. Parénquima axial paratraqueal en bandas de 2 a 11 células en sección transversal, serie parenquimatosa de 6 células. Radios heterogéneos estratificados, uni y biseriados, 4 ± 1 · mm, 178.68 ± 31.89 µm de alto y 24.32 ± 5.13 µm de ancho, de células procumbentes y cuadradas. Granos de almidón en parénquima axial y radial.



Figura 13. Madera de *Harpalyce arborescens*. A porosidad semianular, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. radios multiseriados y fibras, CTa.. C. Células procumbentes de los radios y contenidos de almidón, CR. D. Elemento de vaso, parénquima y fibras de paredes gruesas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTa. F. Contenidos de almidón, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Myrcianthes fragrans (Sw.) McVaugh (Figura 14).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por fibras. Vasos de forma circular y ligeramente ovalados, solitarios, algunos formando hileras radiales de 3 a 6 células,  $30 \pm 8 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 50.01 ± 18.84 µm; elementos de vaso de 238.53 ± 43.67 µm de longitud, placas de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas muy pequeñas, circulares; punteaduras radio-vaso circulares, más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, con pared delgada, 481.87 ± 108.70 µm de longitud y diámetro tangencial de 12.88 ± 1.96 µm. Parénquima axial paratraqueal, vasicéntrico, serie parenquimatosa de 3 células, con granos de almidón. Radios heterogéneos, biseriados y multiseriados,  $3 \pm 1 \cdot \text{mm}$ , 241.53 ± 29.97 µm alto y 28.85 ± 6.21 µm de ancho, de células procumbentes y cuadradas con taninos y cristales prismáticos.



Figura 14. Madera de *Myrcianthes fragrans*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras de pared gruesa, CTa. C. Células procumbentes de los radios y punteaduras radio-vaso, CR. D. Elemento de vaso, parénquima, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTa. F. Contenidos de almidón y punteaduras radio-vaso en células procumbentes, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Ocotea tampicensis (Meisn.) Hemsl. (Figura 15).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por fibras. Vasos ligeramente ovalados, generalmente solitarios, algunos formando agregados de hasta 8 vasos;  $19 \pm 5 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 46.01 ± 9.25 µm; elementos de vaso de 304.56 ± 86.88 µm de longitud, placa de perforación simple; punteaduras alternas, circulares ornamentadas; punteaduras radio-vaso igual a las intervasculares. Fibras libriformes, septadas, de pared delgada, 718.71 ± 176.56 µm de longitud y diámetro tangencial de 16.12 ± 3.31 µm. Parénquima axial paratraqueal escaso y vasicéntrico, serie parenquimatosa de 6 células, con granos de almidón y taninos. Radios heterogéneos, exclusivamente biseriados, 2 ± 1 • mm, c330.35 ± 76.14 µm de alto y 26.79 ± 8.20 µm de ancho, de células cuadradas y procumbentes, con granos de almidón y taninos. Células oleíferas en parénquima axial y algunas tílides y gomas en los vasos.



Figura 15. Madera de *Ocotea tampicensis*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Elemento de vaso, parénquima y fibras de paredes delgadas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTa. F. Parénquima axial con granos de almidón, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Parkinsonia aculeata L. (Figura 16).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por fibras. Vasos de forma circular ligeramente ovalados, formando hileras radiales de 2 a 3 vasos;  $8 \pm 2 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 74.04 ± 17.76 µm; elementos de vaso de 246.54 ± 63.87 µm de longitud, placa de perforación simple; punteaduras intervasculares opuestas, areoladas y ovaladas; punteaduras radio-vaso más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes, septadas, a veces gelatinosas, de pared delgada con 662.99 ± 135.42 µm de longitud y diámetro tangencial de 18.06 ± 1.66 µm. Parénquima axial vasicéntrico, serie parenquimatosa de 4 células con granos de almidón. Radios homogéneos, principalmente biseriados, el resto uniseriados, 2 ± 1 · mm, 260.50 ± 77.87 µm de alto y 20.18 ± 5.20 µm de ancho, de células procumbentes con cristales prismáticos y granos de almidón.



Figura 16. Madera de *Parkinsonia aculeata*. A. Porosidad difusa y vasos, CT. B. Radios multiseriados y fibras de pared gruesa, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Elemento de vaso y contenidos de almidón en parénquima, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTa. F. Contenidos de almidón en el parénquima axial, CT. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Prosopis juliflora (Sw.) DC. (Figura17).

Porosidad anular, anillo de crecimiento delimitado por vasos de diferentes tamaños y parénquima marginal. Vasos de forma circular, ligeramente ovalada, formando agregados de 2 a 3 vasos, en su minoría solitarios;  $7 \pm 3 \cdot \text{mm}$ , diámetro tangencial de 109.70  $\pm$  67.10  $\mu$ m; elementos de vaso 186.46  $\pm$  34.93  $\mu$ m de longitud, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, medianas y ligeramente ovaladas; punteaduras radios-vaso ligeramente ovaladas. Fibras libriformes, no septadas, de paredes muy gruesas, con longitud 667.54  $\pm$  123.85  $\mu$ m y diámetro tangencial de 11.05  $\pm$  2.10  $\mu$ m. Parénquima axial paratraqueal, aliforme a aliforme confluente, serie parenquimatosa de 2 células, con granos de almidón. Radios homogéneos, multiseriados, en su mayoría triseriados, 3  $\pm$  1  $\cdot$  mm, 241.97  $\pm$  103.63  $\mu$ m de alto y 24.90  $\pm$  7.67  $\mu$ m de ancho, de células procumbentes y cristales prismáticos en parénquima axial y radial.



Figura 17. Madera de *Prosopis juliflora*. A. porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. radios multiseriados y fibras de pared gruesa, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle del elemento de vaso, parénquima con contenidos de almidón, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTA. F. Punteaduras radio-vaso en células procumbentes, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Randia sp. (Figura 18).

Porosidad semianular, anillos de crecimiento delimitados por parénquima marginal. Vasos de forma circular, algunos ligeramente ovalados, formando hileras diagonales de hasta 24 vasos;  $15 \pm 4 \cdot \text{mm}$ , diámetro tangencial de  $63.95 \pm 12.11 \,\mu\text{m}$ ; elementos de vaso de  $463.35 \pm 103.94 \,\mu\text{m}$  de longitud, placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas, de forma circular, ornamentadas y punteaduras radio-vaso iguales a las intervasculares. Fibrotraqueidas, septadas y no septadas, de pared gruesa, con 971.45  $\pm$  224.56  $\mu\text{m}$  de longitud y diámetro tangencial de 15.62  $\pm$  2.34  $\mu\text{m}$ . Parénquima axial apotraqueal en bandas de 8 estratos celulares vistos en sección transversal, serie parenquimatosa de 6 células. Radios heterogéneos, uni y triseriados,  $3 \pm 1 \cdot \text{mm}$ , 260.89  $\pm$  80.53  $\mu\text{m}$  de alto y 22.22  $\pm$  2.67  $\mu\text{m}$  de ancho, de células erectas, cuadradas y procumbentes, con granos de almidón y cristales prismáticos.



Figura 18. Madera de *Randia sp.* A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras de pared ligeramente gruesa, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTa. F. Punteaduras radio-vaso en células procumbentes, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Robinsonella discolor Rose & Baker f. ex Rose (Figura 19).

Porosidad difusa, anillo de crecimiento delimitado por fibras. Vasos de forma circular, solitarios y formando hileras radiales cortas de 2 a 3 vasos; 74 ± 6•mm, diámetro tangencial 37.96 ± 5.61 µm; elementos de vaso de 434.13 ± 99.92 µm en longitud, placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas, pequeñas, de forma ovalada y punteaduras radio-vaso alternas, más pequeñas que las intervasculares. Fibras libriformes no septadas, de paredes gruesas, con 857.95 ± 215.54 µm de longitud y diámetro tangencial de 15.04 ± 2.57 µm. Parénquima axial paratraqueal escaso, serie parenquimatosa de 6 células con granos de almidón. Radios heterogéneos, exclusivamente biseriados, 2 ± 1•mm, 266.76 ± 90.56 µm de alto y 23.70 ± 2.9 µm de ancho, de células erectas, cuadradas y procumbentes.



Figura 19. Madera *de Robinsonella discolor*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras de pared delgada, CTa. C. Células procumbentes de los radios, placas de perforación simple, CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima y fibras, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTa. F. Punteaduras radio-vaso en células procumbentes, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Wimmeria concolor Schltdl. & Cham. (Figura 20).

Porosidad difusa, anillos de crecimiento delimitados por fibras. Vasos de forma circular, pequeños y solitarios;  $58 \pm 9 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de  $36.56 \pm 5.50 \,\mu\text{m}$ ; elementos de vaso de 447.28 ± 132.96  $\mu\text{m}$  de longitud, placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas, de forma ovalada, ornamentadas; punteaduras radio–vaso iguales a las intervasculares. Fibrotraqueidas septadas, de pared delgada, de 951.03 ± 247.74  $\mu\text{m}$  de longitud y diámetro tangencial de 11.38 ± 1.54  $\mu\text{m}$ . Parénquima axial paratraqueal en bandas de 3 a 6 estratos celulares, serie parenquimatosa de 10 células, con granos de almidón y taninos. Radios heterogéneos, uniseriados y biseriados, 8 ± 2 \cdot \text{mm}, 220.54 ± 70.30  $\mu\text{m}$  de alto y 17.28 ± 4.17  $\mu\text{m}$  de ancho, de células procumbentes y cuadradas con granos de almidón y taninos.



Figura 20. Madera de *Wimmeria concolor*. A. Porosidad difusa, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados y fibras de pared gruesa, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima y fibras, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso y fibrotraquedias, CTa. F. Punteaduras radio-vaso en células procumbentes, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

#### Zanthoxylum fagara (L.) Sarg. (Figura 21).

Porosidad semianular, anillos de crecimiento delimitados por fibras. Vasos de forma ovalada, en agregados de 2 y hasta 5 células, muy pocos solitarios;  $23 \pm 6 \cdot \text{mm}^2$ , diámetro tangencial de 48.24 ± 10.16 µm; elementos de vaso de 269.38 ± 53.13 µm de longitud, placa de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, pequeñas y ovaladas; punteaduras radio-vaso más grandes que las intervasculares. Fibras libriformes, no septadas, de pared ligeramente gruesa, de 541.76 ± 339.29 µm de longitud y diámetro tangencial de 15.93 ± 3.34 µm. Parénquima axial paratraqueal, vasicéntrico y ocasionalmente confluente, serie parenquimatosa de 5 células, con granos de almidón. Radios heterogéneos, uniseriados y biseriados,  $3 \pm 1 \cdot \text{/mm}$ , 160.77 ± 40.72 µm de alto y 15.98 ± 3.76 µm de ancho, de células procumbentes y cuadradas, con granos de almidón.



Figura 21. Madera de *Zanthoxylum fagara*. A. Porosidad semianular, vasos y anillos de crecimiento, CT. B. Radios multiseriados, uniseriados y fibras de pared gruesa, CTa. C. Células procumbentes de los radios, CR. D. Detalle de elemento de vaso, parénquima y fibras, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas, areoladas del elemento de vaso, CTa. F. Punteaduras radio-vaso en células procumbentes, CR. CT, sección transversal, CTa, sección tangencial, CR, sección radial.

En los cuadros 2, 3 y 4 se sintetizan algunos valores de la estadística descriptiva por especie.

	Elementos de va	so	
Especie	número de vasos/mm <sup>2</sup>	Diámetro µm	Longitud µm
Acacia berlandieri	8 (5-12)	85.88	226.86
Acacia farnesiana	10 (6-15)	102.48	221.33
Bauhinia divaricata	20 (14-30)	63.54	244.49
Caesalpinia mexicana	10 (5-17)	97.63	240.34
Celtis laevigata	10 (3-18)	70.99	386.96
Celtis pallida	46 (34-62)	65.32	548.85
<i>Celtis</i> sp.	23 (13-37)	72.85	227.16
Cordia boissieri	11 (5-25)	93.4	232.04
Drypetes lateriflora	16 (10-27)	63.37	211.63
Ebenopsis ebano	16 (4-41)	93.65	168.98
Ehretia anacua	11 (6-18)	47.62	211.97
Esenbeckia berlandieri	31 (18-61)	39.32	479.71
Harpalyce arborescens	45 (29-66)	61.16	187.06
Myrcianthes fragrans	30 (18-48)	50.01	238.53
Ocotea tampicensis	19 (10-28)	46.01	304.56
Parkinsonia aculeata	8 (5-13)	74.04	246.54
Prosopis juliflora	7 (4-17)	94.63	186.46
Randia sp.	15 (9-22)	63.95	463.35
Robinsonella discolor	74 (66-85)	37.96	434.13
Wimmeria concolor	58 (40- 78)	36.56	447.28
Zanthoxylum fagara	24 (14-38)	48.26	269.38

Cuadro 2. Características cuantitativas (medias e intervalo) de los elementos de vaso para las especies estudiadas.

Fibras						
Especie	Diámetro (µm )	Grosor de pared(µm)	Longitud (µm)			
Acacia berlandieri	15.04	2.40	656.7			
Acacia farnesiana	13.04	3.32	415.15			
Bauhinia divaricata	10.04	1.95	794.98			
Caesalpinia mexicana	17.10	2.85	742.13			
Celtis laevigata	16.37	3.06	1099.25			
Celtis pallida	15.69	2.93	929.08			
Celtis sp.	14.00	3.05	730.47			
Cordia boissieri	18.78	2.64	679.6			
Drypetes lateriflora	13.07	3.40	711.29			
Ebenopsis ebano	11.00	2.85	760.45			
Ehretia anacua	12.81	2.59	599.02			
Esenbeckia berlandieri	11.46	2.21	1032.13			
Harpalyce arborescens	13.51	3.13	270.26			
Myrcianthes fragrans	12.88	2.37	481.87			
Ocotea tampicensis	16.12	1.84	718.71			
Parkinsonia aculeata	18.06	1.63	622.99			
Prosopis juliflora	11.05	2.16	667.54			
Randia sp.	15.62	5.66	971.45			
Robinsonella discolor	15.04	1.76	857.95			
Wimmeria concolor	11.38	2.61	951.03			
Zanthoxylum fagara	15.93	1.75	432.17			

Cuadro 3. Características cuantitativas (medias) de las fibras para las especies estudiadas.

		Radi	OS		
			Alto		Ancho
Especie	Número de	uniseriados	multiseriados	uniseriados	multiseriados
	radios/mm				
Acacia berlandieri	3 (1-5)	107.76	-	12.51	-
Acacia farnesiana	2 (1-4)		269.81	-	25.86
Bauhinia divaricata	3 (2-6)	391.77	-	19.25	-
Caesalpinia mexicana	4 (2-6)	232.53	-	20.43	-
Celtis laevigata	2 (1-4)	-	251.29	-	25.65
Celtis pallida	4 (2-6)	-	232.3	-	17.96
Celtis sp.	4 (2-6)	-	263.19	-	26.5
Cordia boissieri	3 (1-4)	-	325.7	-	42.92
Drypetes lateriflora	1 (1-2)	-	274.22	-	52.05
Ebenopsis ebano	5 (1-8)	146.78	-	9.93	-
Ehretia anacua	2 (1-4)	-	502.26	-	75.95
Esenbeckia berlandieri	3 (2-4)	548.69	-	25.25	-
Harpalyce arborescens	4 (2-6)	-	166.37	-	29.35
Myrcianthes fragrans	3 (1-4)	-	214.7	-	24.92
Ocotea tampicensis	2 (1-4)	-	330.35	-	26.79
Parkinsonia aculeata	2 (1-4)	-	260.5	-	20.18
Prosopis juliflora	3 (1-4)	-	241.97	-	24.9
Randia sp.	3 (1-5)	-	334.88	-	30.83
Robinsonella discolor	2 (1-4)	-	266.76	-	23.7
Wimmeria concolor	8 (4-14)	-	220.54	-	17.28
Zanthoxylum fagara	3 (1-6)	103.03	180.46	12.02	20.97

Cuadro 4. Características cuantitativas (medias e intervalo) de los radios uniseriados y multiseriados para las especies estudiadas.

El número de vasos varia de 7 vasos•mm<sup>2</sup>, en *Prosopis juliflora* hasta 74 vasos•mm<sup>2</sup> en *Robinsonella discolor*, encontrándose la mayoría entre 7 y 23 vasos•mm<sup>2</sup> (F = 223.29, *P* < 0.0001; Figura 22A). El diámetro de los vasos fluctúa entre 60 y 80 µm en 38% de las especies. Para el diámetro de los vasos se encontraron diferencias significativas en *Acacia farnesiana*, especie que tiene los vasos más amplios, *Robinsonella discolor* y *Wimmeria concolor*, con los vasos más angostos. (F = 24.58, *P* < 0.0001; Figura 22B). El 48% de las especies tienen valores de 200 y 300 µm para la longitud de los elementos de vasos, siendo diferentes estadísticamente (F = 69.58, *P* < 0.0001; Figura 22C). *Ebenopsis ebano* tiene los elementos de vaso de menor longitud (168.98 µm) y *Celtis pallida* (598.85 µm) los elementos de mayor longitud.



Figura 22. Valores de la media y desviación estándar de los elementos de vaso. (A) número de vasos/mm<sup>2</sup>. (B) Diámetro de los elementos de vaso ( $\mu$ m). (C) longitud de los elementos de vaso ( $\mu$ m). Las letra en cada gráfica indican diferencias significativas en las medias entre las especies (P < 0.05, Tukey).

38

La longitud de las fibras fluctúa entre 600 y 800 µm, en 48% de las especies; observando diferencias significativas en *Harpalyce arborescens* que tiene un valor de 270.26 µm, siendo el valor de la media más bajo en comparación con *Celtis laevigata* y *Esenbeckia berlandieri* con 1099.25 y 1032.13 µm en la longitud de la fibra, respectivamente (F = 28.39, *P* < 0.0001, Figura 23A). El diámetro de las fibras varía de 10.04 µm en *Bauhinia divaricata* hasta 18.78 µm en *Cordia boissieri,* también encontrándose diferencias entre algunas especies (F = 6.52, *P* < 0.0001, Figura 23B). Para el grosor de la pared de las fibras, las diferencias significativas se observan entre *Parkinsonia aculeata* con 1.63 µm, siendo este el valor más bajo y *Randia* sp., con el valor más alto (5.66 µm), además el 71% de las especies se encuentran entre las 2 y 4 µm de grosor de la pared de la fibra (F = 37.29, *P* < 0.0001, Figura 23C).

El número de radios en las maderas estudiadas 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, Figura 24E). La altura de los radios uniseriados se encuentra entre 103.03 µm en *Zanthoxylum fagara* y 548.69 µm en *Esenbeckia berlandieri*, siendo esta última la más significativa (F = 96.76, *P* < 0.0001, Figura 24A); para el ancho de los radios uniseriados, el valor mínimo se encuentra en *Ebenopsis ebano* con 9.93 µm y el máximo en *Esenbeckia Berlandieri* (25.25 µm) (F = 47.39, *P* < 0.0001, Figura 24B). La altura de los radios multiseriados fluctúa entre las 200 y 400 µm, con diferencias significativas entre *Harpalyce arborescens* y *Ehretia ancua*, con valores de 166.37 y 502.25 µm, respectivamente (F = 19.24, *P* < 0.0001, Figura 24C). Para el ancho de los radios multiseriados, *Ehretia anacua* con un valor de 75.95 µm y en *Drypetes lateriflora* de 52.05 µm, tuvieron diferencias significativas con *Wimmeria concolor* que registró 17.28 µm de ancho (F = 51.80, *P* < 0.0001, Figura 24D).



Figura 23. Valores de la media y desviación estándar de fibras. (A) longitud de la fibra. (B) diámetro de la fibra. (C) grosor de la pared de la fibra. Las letra en cada gráfica indican diferencias significativas en las medias de cada especie (P < 0.05, Tukey).





Figura 24. Valores de la media y desviación estándar de radios. (A) Altura de radios uniseriados. (B) Ancho de radios uniseriados. (C) Altura de radios multiseriados. (D) Ancho de radios multiseriado. (E) Número de radios/mm. Letras diferentes en cada gráfica indican diferencias significativas (*P* < 0.05, Tukey).

#### Correlación de caracteres anatómicos cualitativos

El 67% de las especies estudiadas presentan una porosidad difusa, el 29% semianular y sólo en *Prosopis juliflora* es anular. Los vasos se distribuyen en agregados, hileras radiales o son solitarios contando con una o dos distribuciones, pero *Randia aculeata* es la única especie con distribución en hileras diagonales. Los vasos pueden ser de forma circular, ovalada o ambas, sólo *Erethia anacua* vasos de forma angular. Las fibras en un 90% son libriformes, para el resto de las especies estudiadas fueron fibrotraqueidas (*Wimmeria concolor* y *Randia* sp.); el 71% presenta fibras no septadas, el 23% septadas y sólo *Ehretia anacua* presenta ambos estados de carácter. El parénquima axial es de tipo paratraqueal, con distribución en bandas, aliforme y vasicéntrico en el 90% de las especies, encontrándose en el resto un parénquima apotraqueal difuso y en bandas. Los radios en un 76% son heterogéneos, de células procumbentes, cuadradas y erectas, el resto son homogéneos ya sea de células procumbentes generalmente o células cuadradas (Cuadro 6).

#### Correlación de caracteres anatómicos cuantitativos

Se registraron 11 correlaciones positivas entre los caracteres, de los cuales tres son altamente significativas (Cuadro 7), La longitud de los vasos tiene una asociación significativa con la longitud de las fibras así como el alto y ancho de los radios uniseriados y también con la longitud de las fibras. En el cuadro 7 se observa una relación positiva aunque no muy alta entre el ancho y el alto de los radios multiseriados. Además hay una asociación negativa y significativa entre el número de vasos y el diámetro de los mismos, lo que indica que a mayor número de vasos menor diámetro de los mismos.

Cuadro 6. Caracteres cualitativos de la madera de las especies de la salva baja caducifolia de Tamaulipas estudiadas. Porosidad: d=difusa, sa=semianular, a=anular; distribución el primer estado es le predominante: hrs=hileras radiales y solitarios, s-hr=solitarios e hileras radiales, s=solitarios, s-c=solitarios y en cúmulos, s-hrc=solitarios, en hileras radiales y en cúmulos, s-a=solitarios y en agregados, hd=en hileras diagonales, a-s=agrea xial: Tpo fibras: li=libriforme, fi=fibrotraqueida; s=septadas, ns=noseptadas; Paréqnuima: pa=paratraqueal, apo=apotraqueal; distribución: ban=\_bandas, dif=difuso, vasi-esc=vasicéntrico-escaso, ali=aliforme, alicon=aliforme-confluente, esc-vasi=escaso-vasicéntrico, reti, reticulado. Radios: he=heterogéneos, ho=homogéneos;, células de los radios: c=cuadradas, e=erectas, p=procumbentes.

		Vasos		Fibras		Parénquima		Radios	
ESPECIE	porosidad	distri	forma	tipo	septa	tipo	distri	tipo	células
Cordia boissieri	sa	hr-s	ovalada	li	ns	ра	ban	he	p,c
Ehretia anacua	sa	hr-s	cir, ang	li	s-ns	аро	dif	he	p,c
Celtis sp.	d	hr-s	cir, ova	li	ns	ра	ban	he	p,c
C.laevigata	d	s-hr	ova	li	ns	ра	ban	he	p,e
C. pallida	sa	s-hr	cir, ova	li	ns	ра	vasi-esc	he	p,c
Wimmeria concolor	d	S	cir	fi	S	ра	ban	he	p,c
Drypetes lateriflora	d	S-C	Cir, ova	li	ns	ра	ban	he	p,c
Acacia berlandieri	d	s-hr	cir	li	S	ра	ban	ho	р
Acacia farnesiana	d	S-C	cir, ova	li	ns	ра	ali	ho	р
Bauhinia divaricata	d	S-C	cir, ova	li	ns	ра	ban	he	c,e
Caesalpinia mexicana	d	s-hr	ova	li	ns	ра	ali	he	p,c
Ebenopsis ebano	d	s-hr-c	ova	li	ns	ра	ali	ho	р
Harpalyce arborescens	sa	hHr-s	cir	li	ns	ра	ban	he	p,c
Parkinsonia aculeata	d	hr-s	cir, ova	li	S	ра	vasi	ho	р
Prosopis juliflora	а	s-a	cir, ova	li	ns	ра	ali-con	ho	р
Ocotea tampicensis	d	S	ova	li	S	ра	esc-vasi	he	p,c
Robinsonella discolor	d	hr-s	cir	li	ns	ра	esc	he	p,c
Myrcianthes fragrans	d	hr-s	cir, ova	li	ns	ра	vasi	he	p,c
Randia sp.	sa	hd	cir, ova	fi	S	аро	ban, reti	he	p,c
Esenbeckia berlandieri	d	s-a	cir	li	ns	аро	dif	he	c,e
Zanthoxylum fagara	sa	a-s	ova	li	ns	ра	vasi	he	p,c

Cuadro 7. Coeficiente de correlación Spearman para los caracteres anatómicos cuantitativos. Número de los vasos (nuva), diámetro de los vasos (diva), diámetro de las fibras (dif), longitud de los vasos (lova), longitud de las fibras (lofi), grosor de la pared de las fibras (gpfi), número de radios (nura), altura de los radios uniseriados (aluni), ancho de los radios uniseriados (anuni), altura de los radios multiseriados (almulti) P = 0.0001. \*= correlación significativa <sup>ns</sup>= no significativa.

Carácter	nuva	diva	dif	lova	lofi	gpfi	nura	aluni	anuni	almulti	anmulti
Nuva	1.00	-0.42*	-	0.48*	0.11 <sup>ns</sup>	-	0.27 <sup>ns</sup>	0.40*	-0.31 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.28 <sup>ns</sup>
			0.07 <sup>ns</sup>			0.002 <sup>ns</sup>					
Diva		1.00	0.09 <sup>ns</sup>	-0.29 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	-0.06 <sup>ns</sup>	0.40*	0.32 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.28 <sup>ns</sup>
Dif			1.00	0.10 <sup>ns</sup>	-0.02 <sup>ns</sup>	0.26 <sup>ns</sup>	-0.15 <sup>ns</sup>	-0.36 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>
Lova				1.00	0.68*	0.27 <sup>ns</sup>	0.13 <sup>ns</sup>	0.54*	0.60*	-0.07 <sup>ns</sup>	-0.30 <sup>ns</sup>
Lofi					1.00	0.19 <sup>ns</sup>	0.09 <sup>ns</sup>	0.41*	0.46*	0.05 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>
Gpfi						1.00	0.08 <sup>ns</sup>	-0.09 <sup>ns</sup>	-0.03 <sup>ns</sup>	0.06 <sup>ns</sup>	0.05 <sup>ns</sup>
Nura							1.00	-0.16 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.23 <sup>ns</sup>
Alrauni								1.00	0.58*	-0.13 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>
Anchrauni									1.00	-0.07 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>
Alramulti										1.00	0.41*
Anchramulti											1.00

# DISCUSIÓN

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

La descripción anatómica de *Acacia berlandieri* y *A. farnesiana* concuerda con lo descrito por Gourlay y Grime (1994) en la porosidad y delimitación de anillos de crecimiento, así como las punteaduras circulares, siendo características del género *Acacia*. Sin embargo, existe una discrepancia en los radios, ya que según Bravo et al. (2006) este género presenta radios uniseriados, biseriados y triseriados, y las especies aquí estudiadas, tienen radios uniseriados como en *A. berlandieri*, o radios multiseriados de hasta 6 series en *A. 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. farnesiana*, ésta se distingue por su parénquima aliforme a aliforme confluente y las fibras no septadas. *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 aquí estudiada tiene radios heterogéneos a diferencia de 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, la porosidad difusa, los vasos solitarios o en cúmulos de 2 a 5, los radios heterogéneos uniseriados y las fibras de pared delgada; sólo difieren en el parénquima axial, ya que este autor registra un parénquima vasicéntrico, y en este trabajo se observó aliforme confluente.

Bolzon de Muniz et al. (2010) describen la madera de tres especies de *Prosopis*, que en su mayoría coinciden con los rasgos aquí descritos para *P. juliflora*. Sin embargo, en este trabajo la porosidad puede variar de semianular o anular en *P. laevigata* (Carrillo et al., 2008); el número de vasos en *P. juliflora* es menor, en relación con otras especies estudiadas, por ejemplo, *P. pallida* tiene 5 vasos/mm<sup>2</sup> y *P. strombulifera* 193 vasos/mm<sup>2</sup> (Iqbal y Ghouse 1983; Castro 1994; Villagra y Roig-Juñent, 1997; López et al. 2005; Scholz et al., 2005) y el parénquima a diferencia de *P. laevigata* que es exclusivamente paratraqueal vasicéntrico, es aliforme a aliforme confluente en *P. juliflora*.

Vargas (1991) y Lindord (1994) registraron los caracteres anatómicos de la madera de *Parkinsonia aculeata* y concuerdan con lo observado en este trabajo, como la porosidad difusa, los vasos en su mayoría solitarios y en hileras radiales cortas, las fibras septadas de paredes delgadas y los radios homogéneos, como en la mayoría de las especies de leguminosas aquí estudiadas; existiendo solo una diferencia en el parénquima axial paratraqueal siendo vasicéntrico el.

*Ebenopsis ebano* comparte la mayoría de los caracteres de la madera descritos para el género *Ebenopsis* (Cassens y Miller (1981). Rechy-Carvajal y von Roth-Rechy (2004) también estudiaron los caracteres cuantitativos de la madera de esta especie, observando atributos similares, excepto que, registraron 50 radios /mm<sup>2</sup>.

En el caso de *Harpalyce arborescens,* sus características anatómicas no habían sido descritas, solo se han registrado sus propiedades tecnológicas y el valor promedio de la longitud de las fibras difiere en más del 50%.

Las tres especies de *Celtis* aquí estudiadas comparten las mayoría de los caracteres, excepto en la abundancia y distribución del parénquima axial. Además, *C. laevigata* tiene porosidad difusa, sin engrosamientos helicoidales en los elementos de vaso. Wheeler et al. (1989) describen para esta especie porosidad anular y engrosamientos en muestras de madera procedentes del este de los Estados Unidos de América. Mientras que para *C. pallida*, estos autores registran dimensiones muy grandes en los elementos de vaso en comparación con las aquí observadas y el parénquima axial en nuestras muestras es paratraqueal, escaso y vasicéntrico, mientras que, en la muestra de Texas de Wheeler et al. (1989) es confluente en bandas, atributo que la hace más similar a *Celtis* sp. analizada aquí.

*Cordia boissieri* comparte la mayoría de las características anatómicas 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 et al. (2010). Esta especie se distingue por la presencia de cristales prismáticos en los radios en algunas células del parénquima axial.

De acuerdo con León (2014), la madera de *Drypetes* concuerda en gran parte con las características anatómicas de *D. lateriflora*, entre ellas la porosidad difusa, los vasos solitarios, las punteaduras rvasculares similares en forma y tamaño a las intervasculares y las de radiovaso y las fibras no septadas. Estas dos especies difieren en el parénquima en bandas anchas y el alto de los radios. La madera de *Ehretia anacua* es similar a la descripción de Rebollar-Domínguez y Quintanar-Isaías (2000) y Pérez-Olvera (1993), excepto la presencia de parénquima axial, apotraqueal, reticulado y las dimensiones de los elementos de vaso, fibras y la altura de los radios.

Barajas-Morales y León-Gómez (1989) describen la madera de *Esenbeckia berlandieri* y sus resultados coinciden con los de este trabajo, ya que en ambos estudios se observaron vasos agrupados, punteaduras intervasculares alternas areoladas, y radios heterogéneos uniseriados. Sin embago, estos autores señalan porosidad semianular, y en la muestra aquí estudiada es difusa, además indican parénquima paratraqueal en bandas de hasta tres células de ancho, y en la muestra analizada es apotraqueal reticulado. En los caracteres cuantitativos también se

observa gran similitud en la longitud de los vasos y las fibras, así como en el grosor de la pared. De acuerdo con la descripción anatómica de la madera de *Myrcianthes fragrans*, se encontraron similitudes con las observaciones de Rebollar-Domínguez (2011), que también describe porosidad difusa, vasos en su mayoría solitarios, placas de perforación simple, punteaduras de los elementos de vaso areoladas, parénquima axial vasicéntrico y radios heterogéneos. Sin embargo, hay diferencias en los caracteres cuantitativos, como diámetro y longitudes más grandes en los elementos de vaso y las fibras también de mayor longitud, que las observadas en este trabajo.

Para el género *Ocotea* existen diversos estudios donde se han descrito varias de sus especies (Da Silva y De Deus Medeiros, 2000; León, 2000, 2014; Parra, 2009), pero a la fecha esta es la primera vez que se estudia la madera de *O. tampicensis*. Esta especie comparte la porosidad, anillos delimitados por fibras, elementos de vaso con puneaduras alternas ornamentadas, parénquima parataqueal escaso y fibras libriformes septadas; así como radios heterogéneos cortos con las otras especies del género (Da Silva y De Deus Medeiros, 2000; León, 2000; 2014; Parra, 2009). Sin embargo, para algunas especies de este género se han descrito los dos tipos de radios, homo y heterogéneos, y fibras septadas o no, como en *O. cymbarum* (León, 2014). Con respecto a los caracteres cuantitativos de *O. tampicensis*, en su mayoría caen dentro de los valores medios de otras especies, excepto para el diámetro de vaso que es mucho más angosto en *O. tampicensis* y la longitud de las fibras que son muy cortas, valores que sugieren que esta especie se desarrolla en ambientes mucho más secos que las otras especies de *Ocotea*.

*Randia* sp., comparte la mayoría de los caracteres de la madera descritos para cinco especies del centro-sur de México (Martínez-Cabrera et al., 2015), excepto la porosidad semianular, la presencia de fibrotraqueidas y el parénquima apotraqueal, ya que en la especie estudiada la porosidad es difusa, tiene fibras libriformes y parénquima en bandas. Tampoco existen descripciones previas sobre la madera de *Robinsonella discolor*. Tamarit (1996) señala que para *R. mirandae* las fibras son más largas (1313 μm) que las de *R. discolor*, con una media de 857.95 μm. Un patrón similar ocurre para el diámetro tangencial, en *R. mirandae* es de 31 μm y en *R. discolor* 15 μm. La descripción de *Wimmeria concolor* de este trabajo coincide con la descripción de Aguilar-Alcántara et al. (2014). *Wimmeria concolor* comparte con otros géneros de Celastraceae la presencia de fibrotraqueidas, y radios de más 10 series (Mennega, 1997). La madera estudiada de *Zanthoxylum fagara* tiene similitudes con cinco especies del género, entre ellas el grosor de la pared de los vasos, las punteaduras alternas, las fibras libriformes y el parénquima en bandas, descritas por Arenas et al. (2012); la porosidad semianular de *Z. fagara* no se comparte con otras especies del género que presentan porosidad difusa (Loureiro et al., 1981; Barajas-Morales et al., 1997).

#### Comparación con otras selvas bajas caducifolias

Las 21 maderas aquí estudiadas presentan porcentajes similares en los tipos de porosidad (Cuadro 8) comparadas con la madera de otras selvas (Barajas-Morales y León-Gómez, 1989), pero difieren ligeramente en el la porosidad semianular que es mayor en las especies de Tamaulipas, pero menor en la porosidad anular. Es probable que esta diferencia se deba al criterio que cada autor tiene para distinguir la porosidad semianular y los diámetros de los vasos no tienen una diferencia notablemente conspicua entre madera temprana y tardía (IAWA Committee, 1989). La porosidad difusa con marcas de crecimiento es una característica común en la madera de esta comunidad vegetal. Las marcas de crecimiento se delimitan por fibras que tienen su diámetro radial reducido casi en el 50% de las especies y el resto por parénquima marginal, principalmente en las especies de Fabaceae.

En cuanto a las características cuantitativas como son el número, el diámetro y la longitud de los vasos, los radios y las fibras, éstas caen en los intervalos máximos y mínimos de las 72 especies descritas en la reserva de Chamela por Barajas-Morales y León-Gómez (1989). Las diferencias asociadas a la longitud de los elementos de vaso, las fibras y la altura de los radios, es mayor en Chamela, probablemente porque está relacionado con la altura (10-15 m) de los individuos de las especies que cohabitan ahí, mientras que, en la selva baja caducifolia de Tamaulipas la altura de sus individuos no sobrepasa los 5 m. La relación inversa número de vasos versus diámetro de los mismos, se confirma para las especies estudiadas, sin embargo, en la SBC de Tamaulipas no se registraron valores tan grandes como en Chamela; este comportamiento además de estar asociado también con la altura de los individuos, se relaciona con atributos propios de las especies como en *Hintonia latiflora* de Chamela (Barajas-Morales y León-Gómez, 1989, Martínez-Cabrera et al., 2015), pero no así para otras que tienen porosidad anular con vasos de mayor diámetro en la madera temprana en Chamela como Cordia, o bien, aquellas especies con tallos suculentos como Ceiba aesculifolia, Cochlospermum vitifolium y Jatropha chamelensis. El diámetro de las fibras y el grosor de sus paredes son superiores en la SBC de Tamaulipas, mientras que, en Chamela hay un mayor número de especies con maderas de densidad baja que se consideran tallos suculentos. Seguramente la ausencia de especies con tallos suculentos en Tamaulipas se relaciona con una mayor seguía, posiblemente asociada con el tipo de suelos (Manzano-Banda et al., 2014).

Con respecto a las dimensiones de los radios y su abundancia en la madera de las especies de Tamaulipas, está dentro de los valores registrados de las especies de Chamela; sin embargo, tienden a ser más cortos. El ancho de los radios no fue registrada en la madera de las especies de Chamela y no podemos hacer comparaciones. En las especies de Tamaulipas los radios heterogéneos y homogéneos son uni o multiseriados; únicamente cinco especies de Fabaceae tienen radios exclusivamente uniseriados, pero tienen parénquima axial en bandas o

vasicéntrico aliforme. Se tendría que verificar si las especies aquí estudiadas que tienen radios exclusivamente uniseriados, en otras comunidades vegetales también tienen radios uniseriados.

Carácter	Tamaulipas	Chamela
Porosidad difusa (%)	67	70
Porosidad semianular (%)	28	22
Porosidad anular (%)	5	9
Número de vasos /mm <sup>2</sup>	(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)
Número de radios (mm)	(1-8)	(2-19)
Altura de radios (µm)	(103-549)	(137-3379)

Cuadro 8. Valores máximos y mínimos de las características cuantitativas para la selva ba	ja
caducifolia de Tamaulipas y Chamela	

Sin importar el género o la familia, la madera de las especies de la SBC estudiadas de Chamela comparten con las de Tamaulipas, la presencia de parénquima paratraqueal, las fibras libriformes de paredes gruesas y los lúmenes cerrados, los radios cortos y anchos. Además, todas almacenan almidón en fibras y en parénquima axial y radial.

# **CONCLUSIONES**

Se describe por primera vez la anatomía de la madera de *Harpalyce arborecens, Ocotea tampicensis* y *Robinsonella discolor*. Las descripciones de las especies de los géneros estudiados permitieron establecer similitudes en la anatomía de la madera en el nivel de género. La madera de las especies de la selva baja de Tamaulipas comparten muchas características anatómicas con otras especies del mismo género. También se observaron diferencias como el tipo de porosidad (*Prosopis juliflora* y *Randia* sp.), la distribución del parénquima axial (*Celtis pallida, C. laevigata, C. sp., Drypetes lateriflora, Ehretia anacua* y *Parkinsonia aculeata*) y las punteaduras circulares (*Acacia berlandieri* y *A. farnesiana*). Estas diferencias seguramente se deban a que se distribuyen en distintos hábitats, con distintas características ambientales, como son la disponibilidad de humedad y la estacionalidad de las Iluvias. Lo mismo que ocurre en el nivel de comunidad, si se comparan las características de la madera de las especies estudiadas con otros taxa de la selva baja caducifolia de Chamela, Jalisco, se concluye que comparten

características cualitativas, 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. Posiblemente este comportamiento esté también asociado con la altura de los individuos de las especies de ambas comunidades, y la presencia de tallos suculentos en Chamela, que no se encontraron en las especies estudiadas de Tamaulipas. Aun así, ambas comunidades cuentan con la anatomía adecuada para tener una buena conducción, soporte y almacenamiento.

# Literatura citada

- Aguilar-Rodríguez S. y Barajas-Morales J. 2005. Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesofilo de montaña un enfoque ecológico-evolutivo. Boletín de la Sociedad Botánica de México 77: 51-58.
- Aguilar-Rodríguez S., Barajas-Morales J. y Tejero-Díez J.D. 2000. Anatomía de maderas de México: especies de un bosque mesófilo de montaña. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología 17, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- 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: 253-261.
- 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: 69-86.
- Arenas F.F., Andrés H.A., Terrazas T. y Castañeda C. 2012. La madera de cinco especies de *Zanthoxylum* L. (Rutaceae) con distribución en México. Madera y Bosques 18: 43-56.
- Arias S. y Terrazas T. 2001. Variación en la anatomía de la madera de *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cactaceae). Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 72: 157-169.
- Bailey I.W. 1920. The cambium and its derivative tissues. II. Size variations in cambial initials in gymnosperms and angiosperms. American Journal of Botany 7: 355-367.
- Baas P. 1973. The wood anatomical range in *llex* and its ecological and phylogenetic significance. Blumea 21: 193-258.
- Baas P. 1976. Some functional and adaptive aspects of vessel member morphology. Leiden Botanical Series 3: 157-181.
- Baas P. 1982. New perspectives in wood anatomy. W. Junk Publ., Leiden, Holanda.
- Baas P., Werker E. y Fahn A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. IAWA Bulletin n. s. 4: 141-159.
- Baas P. y Carlquist S. 1985. Comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. IAWA Bulletin n. s. 6: 349-353.

- Barajas-Morales J. 1981. Descriptions and notes on the wood anatomy of Boraginaceae from western Mexico. IAWA Bulletin n. s. 2: 61-67.
- Barajas-Morales J. y León-Gómez C. 1989. Anatomía de maderas de México: Especies de una selva baja caducifolia. Cuaderno de Divulgación. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- 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, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F.
- Barajas-Morales J., Abundiz-Bonilla L. A. M. y Tenorio-Lezama P. 2004. Anatomía de maderas de México: árboles, arbustos del matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla. Cuaderno de Divulgación. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Bolzon 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: 21-38.
- Bravo S., Giménez A. y Moglia A. 2006. Caracterización anatómica del leño y evolución del crecimiento en ejemplares de *Acacia aroma* y *Acacia furcatispina* en la Región Chaqueña, Argentina. Madera y Bosques 27: 146-154.
- Calderón de Rzedowski G. y J. Rzedowski. 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Michoacán.
- 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: 29-42.
- Carlquist S. 1966. Wood anatomy of Compositae: A summary, with comments on factors controlling wood evolution. Aliso 6: 25-44.
- Carlquist S. 1975. Ecological strategies of xylem evolution. University of California Press, Berkeley.
- Carlquist S. 1980. Further concepts in ecological wood anatomy, with comments on recent work in wood anatomy and evolution. Aliso 9: 499-553.

- Carlquist S. 2001. Comparative wood anatomy systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer Series in Wood Science, New York.
- Carlquist S. y Hoekman D.A. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern California flora. IAWA Bulletin n. s. 6: 319-347.
- 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 29:25-34.
- Cassens R. y Miller R. B. 1981. Wood anatomy of the New World *Pithecellobium* (*sensu lato*). Journal of the Arnold Arboretum 62:1-44.
- Castro M. A. 1994. Maderas argentinas de *Prosopis*. Atlas anatómico. Secretaría General de la Presidencia de la Nación. Buenos Aires.
- 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.
- Da Silva. M. y De Deus Medeiro J. 2000. Wood anatomy of canela-preta: Ocotea catharinensis Mez. (Lauraceae). INSULA Florianópolis 69:67-87.
- Dickison W. C. 1999. A view of the current status of comparative wood anatomy. Boletín de la Sociedad Botánica de México 64: 87-91.
- Fuentes S. M., Correa M. F., Borja R. A. y Corona A. 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 14:65-71.
- Gourlay I. y Grime G. 1994. Calcium oxalate crystals in African *Acacia* species and their analysis by scanning proton microprobe. IAWA Journal 15:137-148.
- Harold W. y Hocker Jr. 1984. Introducción a la biología forestal. ACT Editor S.A. México, D.F.
- Heredeen S. P. y Miller R. B. 1996. Utility of wood anatomical characters in cladistic analyses. IAWA Journal 21:247-276.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin n. s. 10:219-332.
- 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 n. s. 4:46-52.

Johansen D. A. 1940. Plant microtechnique. Mc.Graw-Hill. Nueva York.

- León H. W. L. 2000. Anatomía del leño de 17 especies del género *Ocotea* Aublet. Pitteria 29/30:53-65.
- León H. W. L. 2003. Anatomía de la madera de 9 especies del genero *Cordia* L. (Boraginaceae Cordioideae) que crecen en Venezuela. Revista Forestal 47:83-94.
- León H. W. L. 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. L. 2014. Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela, Venezuela. Pitteria número especial: 1-267.
- Lindord H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. IAWA Journal 15:361-376.
- 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 wide-spread woody plant of arid and semi-arid lands of Latin America. Journal of Arid Environments 61:541-554.
- Loureiro A. A., Vasconcelos J. F. y Albuquerque W. P. 1981. Anatomía do lenho de 4 especies de *Zanthoxylum* Linnaeus (Rutaceae) da Amazonia. Acta Amazónica 11:809-820.
- Manzano Banda J. I., Rivera Ortiz P., Briones Encinia F. y Zamora Tovar C. 2014. Rehabilitación de suelos salino-sódicos: estudio de caso en el distrito de riego 086, Jiménez, Tamaulipas, México. Terra Latinoamericana 32:211-219.
- Martínez-Ávalos J. G., Ascencio V. P. y Medina T. 2011. Manejo de selvas bajas caducifolias y sistemas Agroforestales en Tamaulipas, México. Universidad Autónoma de Tamaulipas. Ciudad Victoria, 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 86:59-71.
- Mennega A. M. W. 1997. Wood anatomy of the Hippocrateoideae (Celastraceae). IAWA Journal 18: 331-368.
- Metcalfe C. R. y Chalk L. 1983. Anatomy of the dicotyledons. Vol. 2, 2nd Edition, Oxford Science, Oxford.

- Ortega F., Castillo I. y Carmona T. 1991. Angiospermas arbóreas de México. 3. Anatomía de la madera de veintiséis especies de la selva lacandona, Chiapas. Boletín Técnico. La Madera y su Uso 26. Instituto de Ecología, A.C. y Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco. Mexico D.F.
- Parra M. J. 2009. Anatomía del leño e identificación de siete especies de Laurales en San Eusebio (Mérida, Venezuela). Pitteria 33:59-77.
- Pérez-Olvera C. P. 1993. Anatomía de la madera de ocho especies con la importancia en las artesanías del estado de Michoacán. Acta Botanica Mexicana 23:103-136.
- Rabaey D., Lens F., Smets E. y Jansen S. 2010. The phylogenetic significance of vestured pits in Boraginaceae. Taxon 59:510-516.
- Rebollar-Domínguez S., Pérez Olvera C. P. y Quintanar Isaías A. 1996. Anatomía de la madera de ocho especies de la selva mediana subperenifolia de Quintana Roo, México. Revista Biología Tropical 44/45:67-77.
- Rebollar-Domínguez S. y Quintanar-Isaías A. 2000. Anatomía y usos de la madera de siete árboles tropicales de México. Revista Biología Tropical México 48:569-578.
- Rebollar-Domínguez S. 2011. Características estructurales y potencialidades de la madera de algunas especies de la península de Yucatán, México. Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- 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 10:45-54.
- Rzedowski J. y Calderón de Rzedowski G. 2013. Datos para la apreciación de la flora fanerogámica del bosque tropical caducifolio de México. Acta Botánica Mexicana 102:1-23.

SAS Institute. 2008. SAS<sup>®</sup> 9.1; users guide statistics Inc., Cary, North Carolina.

- Scholz C., Bues C., Bäucher E. y Glatzle A. 2005. Holzeigenschaften und Verwendungspotentiale der Baumarten *Prosopis kuntzei* Harms und *Schinopsis cornuta* Loes. aus dem Chaco Paraguays. Holztechnologie 46: 18-25.
- Tamarit U. J. 1996. Determinación de la calidad de la pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. Maderas y Bosques 2:29-41.

- Trejo-Vázquez I. 1999. El clima de la selva baja caducifolia en México. Investigaciones Geográficas 39:40-52.
- Terrazas-Salgado T. 1988. Síntesis histórica de los estudios de la anatomía de la madera en México. Agrociencia 71:43-58.
- Van den Oever L., Baas P. y Zandee M. 1981. Comparative wood anatomy of *Symplocos* and latitude and altitude of provenance. IAWA Bulletin n. s. 2:3-24.
- 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 (Biología). 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 18:37-51.
- 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 n.s. 10: 5-26.
- Wheeler E. A. y Baas P. 1998. Wood identification –a review. IAWA Journal 19: 241-264.