



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

**ANATOMÍA DE MADERAS DE ALGUNAS ESPECIES DE
ANGIOSPERMAS DEL MATORRAL SUBMONTANO DE
SAN LUIS POTOSÍ, MÉXICO**

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGA PRESENTA:
GISELA SALVATIERRA SOÑANES

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.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo económico otorgado durante la realización de mi proyecto de Tesis de Licenciatura.

Igualmente la autora del presente estudio agradece muy profundamente a todas las personas que hicieron posible la realización del mismo, entre los que se deben mencionar a:

Dra. Teresa Margarita Terrazas Salgado, M. en C. Dalia Grego Valencia, M. en C. Rafael Torres Colín.

A Laura Yáñez Espinosa, por haber aportado las muestras de madera ocupadas es este estudio.

A mis sinodales, por enriquecer este trabajo:

Dr. Eloy Solano Camacho, M. en C. Jorge Gutiérrez Gallegos, Dr. Efraín Reyes ***Ángeles.***

A nuestra máxima casa de estudios Universidad Nacional Autónoma de México, FES-Zaragoza por haberme dado la oportunidad de ingresar al sistema de Educación Superior y cumplir este gran sueño.

Al Instituto de Biología (UNAM). Por brindarme el apoyo académico y el uso de sus instalaciones.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este trabajo, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

DEDICATORIA

Desearía poder escribir el nombre de todas las personas a quienes les dedico este trabajo porque hicieron posible su culminación.

*En primera instancia a mis padres **Vicenta Soñanes Salgado** y **Vicente Salvatierra Peñaloza** y a mi hermana **Sacnithé Salvatierra Soñanes**. Quienes permanentemente me apoyaron con espíritu alentador, contribuyendo incondicionalmente a lograr las metas y objetivos propuestos.*

A los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

*Dedico este trabajo de igual manera a mi Directora de Tesis, la **Dra. Teresa Terrazas Salgado**, quien me han orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea partícipe en el mejoramiento del proceso de aprendizaje.*

*Por tu amor, paciencia, compañía y apoyo durante esta etapa de mi vida tan importante en la que cumpla una de tantas metas. Gracias **Javier Robledo**.*

*Dedico por supuesto el trabajo, a mis amigos, que más que amigos se han sabido portar como familia, apoyándonos en todo momento, aunque estemos lejos y casi no nos veamos, siempre nos tenemos los unos a los otros, mil gracias por su amistad, los quiero: **Zaira Rodríguez, Monserrat Ramírez, Sole Ruíz, Silvia Andrade, Erick Soto, Saúl Pérez**.*

CONTENIDO

Págs.

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN | 6 |
| INTRODUCCIÓN | 7 |
| ANTECEDENTES | 8 |
| JUSTIFICACIÓN..... | 9 |
| HIPÓTESIS | 9 |
| OBJETIVOS | 9 |
| ÁREA DE ESTUDIO..... | 10 |
| MATERIAL Y MÉTODO | 12 |
| RESULTADOS | 15 |
| ANÁLISIS NUMÉRICO | 28 |
| DISCUSIÓN..... | 37 |
| LOS CARACTERES ANATÓMICOS DE LAS ESPECIES DEL MATORRAL SUBMONTANO DE SAN LUIS POTOSÍ..... | 37 |
| COMPARACIÓN ENTRE ESPECIES DEL MATORRAL SUBMONTANO DE SAN LUIS POTOSÍ..... | 38 |
| COMPARACIÓN ANATÓMICA DE LA MADERA DE LAS ESPECIES DEL MATORRAL SUBMONTANO DE SAN LUIS POTOSÍ CON OTRAS DEL ESTADO DE PUEBLA | 38 |
| LITERATURA CITADA..... | 41 |

| CUADROS | Págs. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1. Especies recolectadas..... | 12 |
| 2. Estadística descriptiva para los elementos de vaso..... | 28 |
| 3. Estadística descriptiva para las fibras | 30 |
| 4. Estadística descriptiva para el ancho y número de los radios..... | 32 |
| 5. Estadística descriptiva para la altura de los radios..... | 34 |
| 6. Coeficientes de correlación de Pearson | 35 |
| 7. Cuadro comparativo del matorral submontano de San Luis Potosí <i>versus</i> el matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla | 36 |

FIGURAS

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. Madera de <i>Brongniartia intermedia</i> | 15 |
| 2. Madera de <i>Calliandra eriophylla</i> | 16 |
| 3. Madera de <i>Dalea greggii</i> | 17 |
| 4. Madera de <i>Dodonaea viscosa</i> | 18 |
| 5. Madera de <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 19 |
| 6. Madera de <i>Fraxinus greggii</i> | 20 |
| 7. Madera de <i>Gochnatia hypoleuca</i> | 21 |
| 8. Madera de <i>Hesperozygis marifolia</i> | 22 |
| 9. Madera de <i>Karwinskia mollis</i> | 23 |
| 10. Madera de <i>Krameria cytisoides</i> | 24 |
| 11. Madera de <i>Purshia plicata</i> | 25 |
| 12. Madera de <i>Quercus tinkhamii</i> | 26 |
| 13. Madera de <i>Rhus virens</i> | 27 |
| 14. Valores de la media y desviación estándar para los elementos de vaso. | 29 |
| 15. Valores de la media y desviación estándar para longitud y diámetro de fibras | 31 |
| 16. Diferencias significativas para anchura de los radios uni y multiseriados | 33 |
| 17. Altura de radios de las 13 especies | 34 |

RESUMEN

Los estudios sobre la anatomía de la madera de especies que habitan las regiones áridas de México, son escasos. En nuestro país estos estudios se han enfocado a especies arbóreas con importancia comercial, principalmente de zonas templadas y selvas tropicales húmedas. A pesar de la diversidad de especies leñosas-arbustivas del matorral submontano, las características de la madera de sus arbustos son desconocidas y por ello no se ha evaluado su diversidad anatómica ni su potencial maderable. A la fecha, no existen comparaciones de los atributos de la madera de las especies del matorral submontano con las especies de otros matorrales. En este trabajo se describen las características anatómicas microscópicas de la madera de 13 especies de angiospermas provenientes del matorral submontano de Guadalcázar y Cerritos en San Luis Potosí, México. Para la realización de este trabajo se recolectaron tres individuos pertenecientes a 13 especies de diez familias. Después de recolectar las maderas, se procedió a usar la técnica de fijado, corte y tinción convencional para madera. Las descripciones se realizaron siguiendo lo estipulado por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Maderas. Los datos cuantitativos de las ocho variables evaluadas se analizaron por medio de un análisis de varianza y correlación. Los mayores valores para la longitud de fibras se presentaron en *Eysenhardtia polystachya*, seguida por *Calliandra eriophylla*. El 95% de las especies estudiadas tiene una longitud de vasos >250 μm , el 99% de ellas registró un diámetro de los vasos >50 μm y el 70% ellas tiene porosidad anular. En este trabajo, existen ciertas convergencias relacionadas con el ambiente seco del matorral submontano. Las paredes de las fibras con mayor grosor se observan en localidades más secas, esto se confirma ya que el 100% de las especies estudiadas en este trabajo tiene paredes gruesas. El número de vasos y su diámetro mantienen una relación inversa, conforme aumenta el diámetro de los vasos disminuye su número; además el diámetro es mayor a 50 μm en el 100% de las especies.

INTRODUCCIÓN

Los estudios sobre la anatomía de la madera de especies que habitan las regiones áridas de México, son escasos. En nuestro país estos estudios se han enfocado a especies arbóreas con importancia comercial, principalmente de zonas templadas y selvas tropicales húmedas. A pesar de la diversidad de especies leñosas-arbustivas del matorral submontano, las características de la madera de sus arbustos son desconocidas y por ello no se ha evaluado su diversidad anatómica ni su potencial maderable. A la fecha, no existen comparaciones de los atributos de la madera de las especies del matorral submontano con las especies de otros matorrales.

Las especies de áreas desérticas y semidesérticas, entre ellas el matorral submontano, están bien adaptadas a las condiciones de escasez de agua y por tanto el estrés hídrico producido por las prolongadas sequías de estas zonas. La resistencia a la sequía por las plantas leñosas puede darse por diversos mecanismos; por ejemplo, hojas pequeñas modificadas en espinas, coriáceas o subdivididas, además de tallos carnosos y estomas hundidos. En cuanto al sistema vascular, se ha visto que la presencia de vasos múltiples en vez de solitarios, evita la interrupción total de la conducción (Abundiz *et al.*, 2004).

Los estudios sobre variación anatómica de madera en especies de importancia económica proveen información que puede ser usada como registro de las condiciones ambientales donde los individuos se desarrollan y son fundamentales ya que proveen las bases para un manejo forestal adecuado que favorezca las plantaciones o la restauración regional (Chávez-Romero *et al.*, 2010), los estudios básicos, particularmente los referentes a la estructura anatómica de la madera, son primordiales para el avance del conocimiento taxonómico y tecnológico que requiere la entidad (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006).

ANTECEDENTES

Los estudios comparativos de la anatomía de la madera se centran en especies de una sola comunidad vegetal o de varias comunidades vegetales (Carlquist, 2001; Scholz *et al.*, 2014). Entre los estudios clásicos están los de las floras del sur de California e Israel (Baas y Carlquist, 1985), donde se compara la anatomía de la madera de ambas floras y se registran adaptaciones de cada especie en relación con la eficiencia en el transporte de agua. Estos autores enfatizan el notable paralelismo en las placas de perforación, la longitud y el diámetro de los elementos de vaso y la frecuencia de los engrosamientos helicoidales en dichos elementos entre las especies de ambas comunidades vegetales. Carlquist y Hoeckman (1985) realizaron un estudio sobre las características de la madera de otras especies de los diferentes tipos de vegetación de la flora del sur de California, entre ellas el matorral. Carlquist y Hoeckman registraron diferentes grados de xeromorfia relacionados con la agrupación de los vasos, siendo ésta una estrategia adaptativa a la sequía, igual que la densidad de los vasos, los vasos de diámetro angostos y la presencia de traqueidas vasicéntricas y vasculares con engrosamientos helicoidales, así como anillos de crecimiento muy evidentes. Trabajos más recientes relacionan la plasticidad de la madera con la caída de las hojas y la sequía (Scholz *et al.*, 2014), encontrando que el diámetro de los vasos es un carácter conservado, tanto en especies deciduas como en las siempreverdes, y que los atributos más plásticos son la densidad y el tamaño de las punteaduras de los vasos.

De acuerdo con Terrazas-Salgado (1988), en México el estudio de la madera ha tenido ocho diferentes enfoques, y los más frecuentes son aquellos que describen las características anatómicas ya sea a nivel de especie, género o familia (75% del total de 102 trabajos evaluados), o de las especies de una comunidad vegetal (3.9%). Por ejemplo, en el nivel de comunidad vegetal están los realizados para algunas especies del bosque mesófilo de montaña (Carmona, 1979; Barajas-Morales, 1980; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005), de una selva baja caducifolia (Barajas-Morales y León-Gómez, 1989), de una selva alta perennifolia (Barajas-Morales *et al.*, 1997) y de un matorral xerófilo (Abundiz *et al.*, 2004). Por lo anterior, el bosque mesófilo de montaña es la comunidad vegetal donde mejor se conocen las características de la madera de sus especies arbóreas, ya que se han estudiado varias poblaciones de algunos estados de la República Mexicana. Sin embargo, existe un gran número de comunidades vegetales donde no se ha descrito la diversidad anatómica de sus especies leñosas, por ello es necesario junto con los estudios de vegetación describir las características anatómicas de las especies leñosas más abundantes.

En México las comunidades vegetales de las regiones áridas y semiáridas son muy diversas desde el punto de vista fisonómico (Rzedowski, 2006), y uno de los tipos de vegetación que las caracterizan son los matorrales. Los matorrales juegan un papel muy importante al ser uno de los principales tipos de vegetación del país, ya que cubren alrededor el 28.55% de la superficie del territorio mexicano (Palacio *et al.*, 2000). El matorral submontano ha sido

considerado como una variante del matorral xerófilo (Rzedowski, 2006) , es una formación arbustiva y subarbórea (Alanís *et al.*, 1996), que se distribuye en el noreste de México, a lo largo de la Sierra Madre Oriental (SMO), desde Nuevo León hasta Hidalgo, y de acuerdo con Alanís *et al.* (1995) tiene una función primordial como área de transición entre las zonas de matorral desértico en las partes bajas y los bosques de encino-pino existentes en los taludes superiores de la SMO. Las investigaciones concernientes al matorral submontano son escasas, y se desconoce la riqueza y diversidad de sus recursos naturales (Canizales-Velázquez *et al.*, 2009), entre ellos, las características de la madera.

JUSTIFICACIÓN

Los trabajos sobre la anatomía de la madera en especies de regiones áridas en México, entre ellas las del matorral submontano, son limitados. Esto puede deberse a que los estudios de la madera se han enfocado a especies arbóreas de zonas templadas o tropicales con importancia comercial. A pesar de la diversidad de especies leñosas-arbustivas del matorral submontano, las características de la madera de sus arbustos son desconocidos, por lo tanto, no se ha evaluado su diversidad anatómica, ni su potencial maderable. Además, no existen comparaciones de los atributos de la madera de las especies del matorral submontano con las especies de otros matorrales.

HIPÓTESIS

Las especies arbustivas del matorral submontano que cohabitan tendrán características anatómicas similares en los vasos, fibras y parénquima axial y radial, que las distingue de aquellas especies que se desarrollan en otros tipos de matorrales.

OBJETIVOS

Describir la anatomía de la madera de 13 especies arbustivas del matorral submontano que crecen en Guadalcázar y Cerritos, San Luis Potosí.

Comparar la anatomía de la madera de 13 especies arbustivas del matorral submontano de SLP y con la de otras especies de diferentes matorrales.

Área de estudio

Localización geográfica. El área de estudio se ubica en los municipios de Guadalcázar y Cerritos, San Luis Potosí, México. La región de Guadalcázar se encuentra en la porción central de San Luis Potosí, aproximadamente 80 km al NE de la capital del estado (Rzedowski, 1956).

Geología. El material geológico está constituido principalmente por rocas calizas del Cretácico Medio. Algunos cerros están formados por una intrusión de granito porfídico con rocas de color gris, macizas y sujetas a una intemperización lenta.

Hidrología. Hidrológicamente la región puede dividirse en dos partes: la porción noroeste de drenaje incuestionablemente interior y la sureste que sin ser superficialmente drenada por la cuenca del Río Verde.

Suelos. Las rocas calizas en general se caracterizan por su escasa capacidad para retener o acumular materia orgánica, particularmente en condiciones de aridez. Por lo tanto, la mayoría de los suelos de la región son someros e inmaduros, con una gran cantidad de fragmentos de roca. En las laderas más húmedas es característico un suelo rojo, lixiviado y de estructura algo porosa, de los lugares más secos es típico un suelo negro, con abundante materia orgánica, que puede clasificarse como rendzina.

El suelo de las laderas del cerro granítico es también inmaduro y presenta francas afinidades con el grupo podzólico. Los suelos aluviales son de dos tipos; su distribución depende igualmente de las condiciones del clima. En lugares menos áridos predomina el chernozem y en los desérticos el serozem, que difieren entre sí en el color y en la cantidad de materia orgánica. Las dolinas poseen suelos inmaduros: rojos de origen granítico en las cuencas de Guadalcázar y el Realejo; negros de origen calizo en los demás resumideros. La tendencia de acumulación de sales puede ser más o menos manifiesta en los suelos aluviales, en dependencia de varios factores. Los más característicos son los suelos moderadamente yesosos, presentes en porciones periféricas al norte y al este de las cuencas.

Topografía. La topografía de la región es predominantemente montañosa, con pocos terrenos planos en su parte central. Las montañas más elevadas alcanzan una altitud aproximada de 2200 m. La altitud en la porción noroeste oscila entre los 1500 y los 2100 m; en cambio la porción sureste es más baja, pues no pasa por lo general de los 1750 m, y el límite inferior lo constituyen aproximadamente los 1100 m cerca de Cerritos.

Clima. La distribución estacional de la lluvia es el factor climático más característico. La temporada de lluvias ocurre normalmente de mayo a octubre, correspondiendo a estos meses más del 85% de la precipitación total. La irregularidad de la incidencia de la lluvia también es

muy acentuada, puede llegar a provocar largos periodos de sequía de 10, 12 y más meses. Las temperaturas medias anuales varíen entre los 21 y los 15.5 °C.

Tipo de vegetación. En gran parte de la región montañosa de Guadalcázar se desarrolla matorral submontano, un tipo de vegetación peculiar, que sin ser desértico tampoco puede considerarse como mesofítico, es decir, guarda una posición semejante al chaparral en lo que concierne a sus exigencias hídricas, pero aparentemente requiere una mayor temperatura. Se desarrolla a una altitud inferior a 1700 m, con una temperatura media anual de aproximadamente 19°C; un suelo pedregoso en las laderas de los cerros, y una precipitación superior a los 500 mm (climas BShwg y Cwag), y no mayor de 1000 mm, son las condiciones ecológicas más importantes que exige el matorral submontano. El estrato dominante está formado por arbustos altos y árboles bajos, generalmente entre 3 y 5 m. de altura. Las hojas en la mayor parte de las especies arbustivas son coriáceas, brillantes en el haz y pequeñas, cayendo la mayoría cerca del límite entre nanofilia y microfilia de la clasificación de Raunkiaer. Los arbustos tienen por lo general una forma esbelta, son muy poco extendidos. El estrato herbáceo es pobre en criptofitas durante la temporada seca y bien representada durante la lluviosa. La pérdida de la hoja ocurre en un periodo breve de 1 a 3 meses (Rzedowski, 1956).

La región de Cerritos se localiza en la zona central del estado de San Luis Potosí Cuenta con una extensión territorial de 947.11 Km² y representa el 1.56% de la superficie estatal. Limita al norte con el municipio de Guadalcázar; al este con Ciudad del Maíz, al sur Armadillo de los Infante y al oeste Villa Hidalgo (Gobierno del Estado de S.L.P.).

Cuenta con dos tipos de clima: al oriente seco-semiárido y al poniente semiseco-semicálido, con una temperatura media anual de 20°C y una precipitación de 492 milímetros. El régimen de lluvia es en los meses de mayo a septiembre; la época de sequía comprende de noviembre a abril y vientos dominantes de este a oeste.

MATERIAL Y MÉTODO

Se recolectaron tres individuos de 13 especies leñosas de 10 familias provenientes del matorral submontano en Guadalcázar y en Cerritos, San Luis Potosí (Cuadro 1).

Cuadro 1. Especies recolectadas en el matorral submontano de Guadalcázar y Cerritos San Luis Potosí.

| FAMILIA | ESPECIE | PERMANENCIA DE HOJAS | HÁBITO |
|---------------|----------------------------------------------------|----------------------|------------------|
| Anacardiaceae | <i>Rhus virens</i> Lindh. ex A. Gray | Caducifolia | Arbusto |
| Asteraceae | <i>Gochnatia hypoleuca</i> (DC) A. Gray | Caducifolia | Arbusto |
| Fabaceae | <i>Brongniartia intermedia</i> Moric. ex Ser. | Perenne | Arbusto erguido |
| | <i>Calliandra eriophylla</i> Benth. | Perenne | Arbusto rastrero |
| | <i>Dalea greggii</i> A. Gray | Perenne | Árbol o arbusto |
| | <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg. | Caducifolio | Árbol o arbusto |
| Fagaceae | <i>Quercus tinkhamii</i> C.H. Mull. | Caducifolio | Arbusto |
| Krameriaceae | <i>Krameria cytisoides</i> Cav. | Perenne | Arbusto o hierba |
| Lamiaceae | <i>Hesperozygis marifolia</i> (S. Schauer) Epling. | Caducifolio | Arbusto |
| Oleaceae | <i>Fraxinus greggii</i> A. Gray | Caducifolio | Árbol o arbusto |
| Rhamnaceae | <i>Karwinskia mollis</i> Schtdl. | Perenne | Arbusto |
| Rosaceae | <i>Purshia plicata</i> (D. Don) Henrickson. | Perenne | Arbusto |
| Sapindaceae | <i>Dodonaea viscosa</i> (L.) Jacq. | Perenne | Arbusto |

Después de recolectar las maderas, se procedió a usar la técnica de fijado, corte y tinción convencional para madera (Martínez-Cabrera *et al.*, 2010). Las muestras de madera se fijaron en una solución de glicerina, agua, y alcohol etílico (GAA, 1:1:1); se cortaron de 20 a 30 μm de grosor con un micrótopo de deslizamiento (LEICA SM 2000 R) en los planos transversal, tangencial y radial. A continuación se añadió alcohol al 50% a la mitad de las muestras, mientras que, la otra parte se mantuvo en cloro al 50%, se dejaron los tejidos en esta solución hasta que perdieron el color por la acción del cloro, enseguida se lavaron ambas muestras a chorro de agua, hasta eliminar el olor a cloro, después se colocaron en alcohol al 70% durante 15 minutos, pasado este tiempo, se retiró el alcohol al 70%, se añadió alcohol al 96% durante 15 minutos. Enseguida se tiñeron con safranina durante una hora, se lavaron rápidamente con alcoholes al 96% y 100%, se tiñó con tres gotas de verde rápido por cinco segundos, agitando hasta que el tejido adquirió un color verde, se lavó con alcohol al 100%, se retiraron el exceso de alcohol y se añadió xilol, finalmente se procedió a montar las respectivas muestras.

Los disociados se realizaron separando la corteza de la madera cercana al cámbium vascular con una navaja, para obtener pequeñas astillas de aproximadamente 1 cm de largo, las cuales se colocaron en tubos eppendorf y se agregó aproximadamente 1 mL de solución de Jeffrey, estos tubos permanecieron en una estufa 56°C por un tiempo de 20-40 minutos, dependiendo de la dureza de la madera (Martínez-Cabrera *et al.*, 2010), una vez que las células se disociaron se aclararon con agua, hasta obtener una mezcla traslúcida. A continuación, se realizaron preparaciones temporales con agua y dos gotas de formol (para evitar el crecimiento de patógenos) para cuantificar la longitud de las fibras y los elementos de vaso.

Se realizó la descripción de la madera siguiendo las recomendaciones de la Asociación Internacional de los Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989). Se describieron caracteres cualitativos de las maderas como el tipo de porosidad, tipo de fibras, parénquima axial y la composición celular de los radios. Para la descripción cuantitativa se tomó la longitud y diámetro tangencial de 25 elementos de vaso y de 25 fibras, la altura y ancho de 25 radios uniseriados y multiseriados. Además, se contaron el número de vasos/ mm^2 y el número de radios/mm en 25 campos, respectivamente. Todas estas mediciones se registraron por medio de un analizador de imágenes Image-Pro Plus versión 6.1 (Media Cybernetics) adaptado a un microscopio (Olympus BX-51).

Los datos cuantitativos de las ocho variables mencionadas se analizaron con el programa Statistical Analysis System (SAS Institute, 2008). Se obtuvieron las respectivas medidas de tendencia central y dispersión (media, desviación estándar, valores mínimo y máximo, coeficiente de variación, entre otras), que se incluyeron en las descripciones de cada especie. Además, se hicieron análisis de correlación con la finalidad de confirmar las asociaciones positivas entre la longitud de los elementos de vaso y fibras, y la asociación negativa entre el número de vasos/ mm^2 y diámetro, que se han registrado en la literatura para otros taxones

(Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006). Se practicaron también análisis de varianza con la finalidad de detectar diferencias significativas entre las especies para los diez caracteres evaluados. Estos análisis de varianza permitieron apoyar o refutar la hipótesis de que las especies que cohabitan en el matorral submontano en estudio presentan caracteres cuantitativos similares, sin diferencias estadísticamente significativas.

RESULTADOS

A continuación se describe la madera las 13 especies estudiadas:

Brongniartia intermedia. Fabaceae. Anillos de crecimiento delimitados por fibras, con porosidad anular, número de vasos de 10/mm², redondos en grupos de 3 en un 87% y solitarios en un 13%, con un diámetro de $56.60 \pm 25.64 \mu\text{m}$, con gomo-resinas ocluyendo el lúmen celular de algunos de ellos; elementos de vaso con longitud $113.69 \pm 15.90 \mu\text{m}$, placas de perforación simple y punteaduras intervasculares alternas, elongadas, coalescentes con rebordes poco prominentes, punteaduras radio-vaso elongadas, coalescentes. Fibras libriformes no septadas de pared gruesa de $3.13 \pm 0.86 \mu\text{m}$, $556.57 \pm 14.85 \mu\text{m}$ de largo, y $8.69 \pm 18.55 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima axial estratificado, paratraqueal en bandas, serie parenquimatosas 2-4, con abundantes granos de almidón. Radios heterogéneos, uniseriados y multiseriados, 7 radios/mm, con una altura de $416.39 \pm 51.07 \mu\text{m}$, $17.45 \pm 15.68 \mu\text{m}$ de ancho para los radios uniseriados y de $31.64 \pm 13.03 \mu\text{m}$ para los radios multiseriados; las células son procumbentes y cuadradas con granos de almidón y escasos cristales prismáticos (Figura 1).

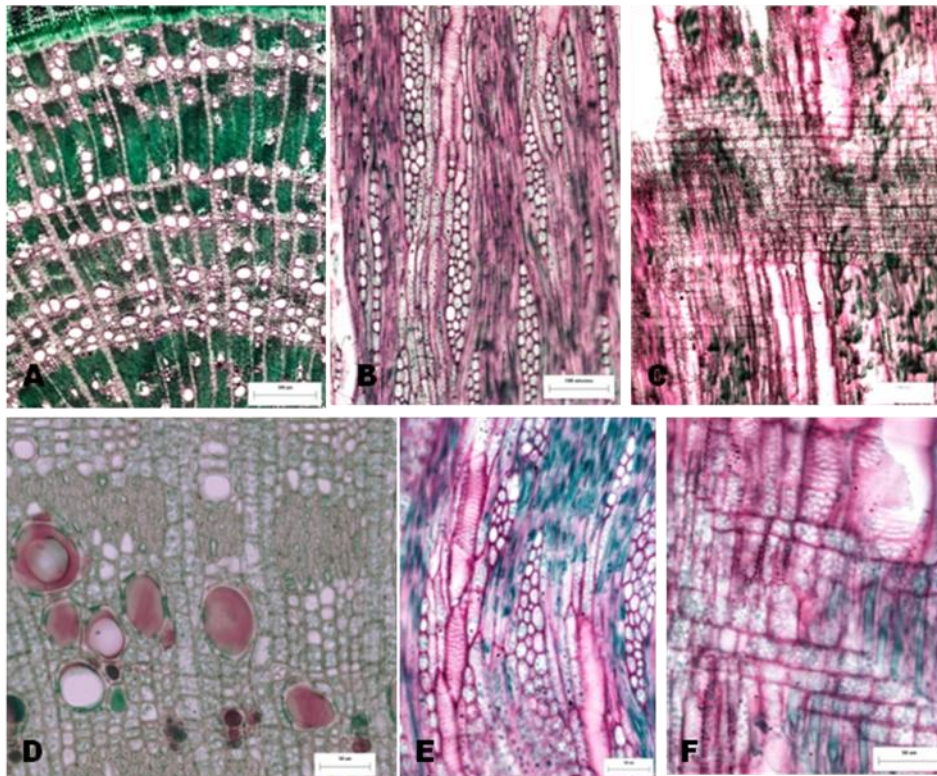


Figura 1. Madera de *Brongniartia intermedia*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uni y multiseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares alternas y series parenquimatosas de dos células, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala es 300 μm en A, 100 μm en B y C, 50 μm en D, E y F.

Calliandra eriophylla. Fabaceae. Anillos de crecimiento separados por fibras con porosidad anular, vasos redondos, dispuestos en un patrón dendrítico o flamiforme, en grupos de 4 ó solitarios, con 17 vasos/mm² y diámetro de $37.16 \pm 24.10 \mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud de $193.30 \pm 44.36 \mu\text{m}$, placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, con rebordes poco prominentes, punteaduras radio-vaso, oblicuas con rebordes prominentes. Fibras libriformes no septadas de pared gruesa de $4.48 \pm 1.01 \mu\text{m}$, $702.37 \pm 14.62 \mu\text{m}$ longitud, y $12.12 \pm 23.83 \mu\text{m}$ de diámetro de. Parénquima paratraqueal en banda. Radios heterogéneos en su mayoría uniseriados, algunos biseriados, 5 radios/mm, $217.36 \pm 79.62 \mu\text{m}$ de longitud y $14.57 \pm 3.36 \mu\text{m}$ de ancho, con células procumbentes y cuadradas. Contenidos de almidón y cristales prismáticos en el parénquima axial y radial, gomo-resinas en los vasos del duramen (Figura 2).

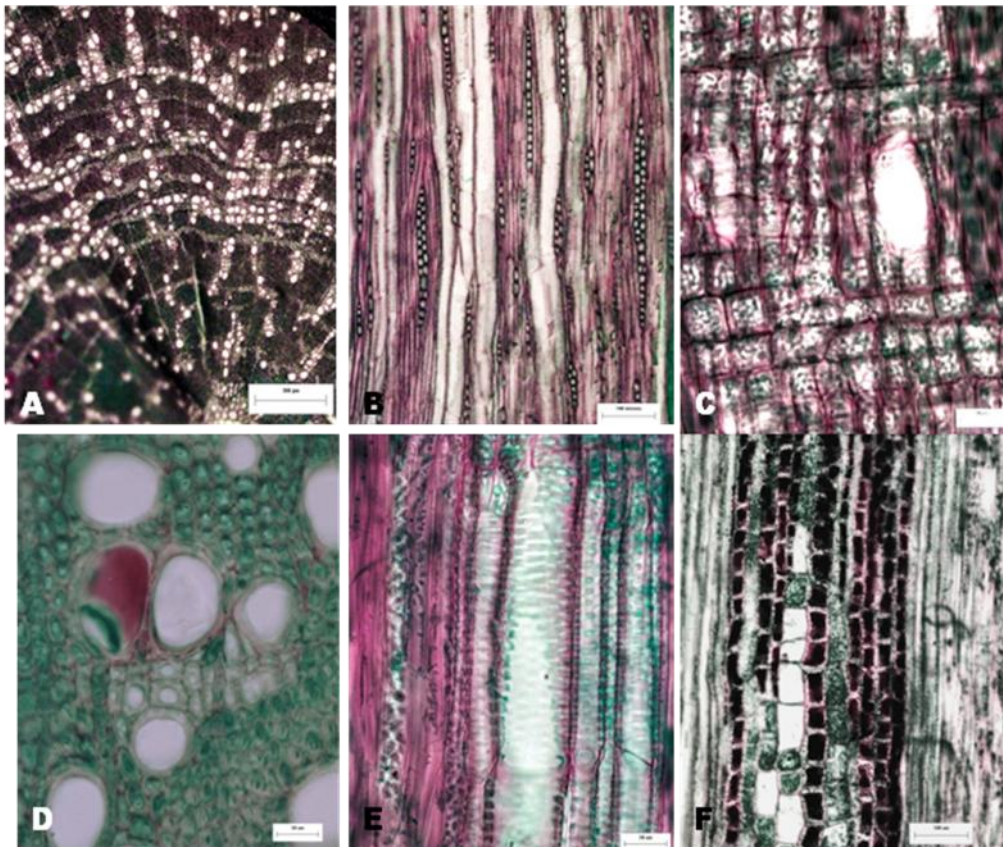


Figura 2. Madera de *Calliandra eriophylla*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uni y biseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B y F, 20 μm en C, D y E.

Dalea greggii. Fabaceae. Anillos de crecimiento separados por fibras, con porosidad anular, vasos redondos, dispuestos en hileras diagonales de 3-8 vasos en 78% y solitarios en 22%, con 26 vasos/mm², y diámetro de $25.41 \pm 16.67 \mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $144.42 \pm 23.91 \mu\text{m}$ y placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, elongadas, con rebordes poco prominentes, punteaduras radio- vaso con rebordes prominentes, oblicuas, a veces el lumen con gomo-resinas. Fibras libriformes no septadas de pared delgada de $2.90 \pm 0.72 \mu\text{m}$, $517.90 \pm 11.42 \mu\text{m}$ de longitud, $7.80 \pm 12.69 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima paratraqueal escaso. Radios heterogéneos, uniseriados, raramente biseriados, 5 vasos/mm, $249.78 \pm 99.11 \mu\text{m}$ de alto, $11.98 \pm 3.00 \mu\text{m}$ de diámetro, con células procumbentes y cuadradas. Contenidos de almidón en el parénquima axial y radial (Figura 3).

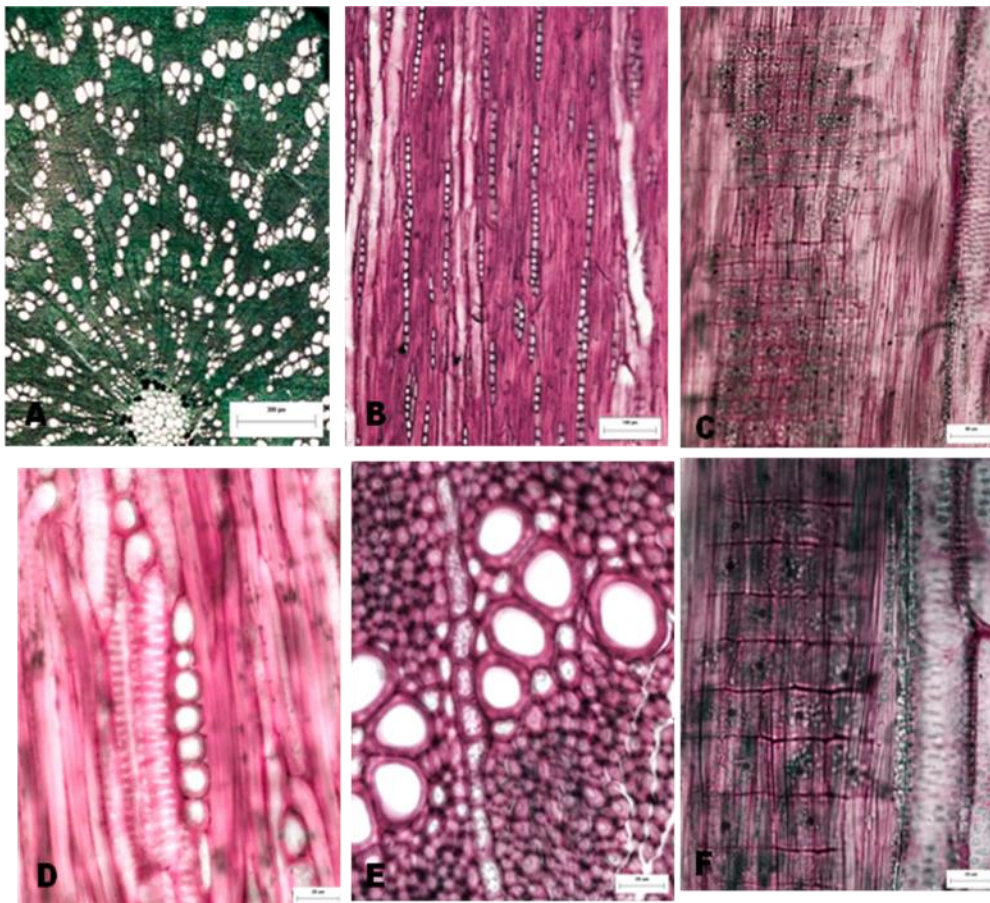


Figura 3. Madera de *Dalea greggii*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uniseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B, 40 μm en C, 20 μm en D, E y F.

Dodonaea viscosa. Sapindaceae. Anillos de crecimiento marcados por fibras con porosidad anular. Vasos predominantemente en grupos radiales de 2-3 en un 80% y solitarios en un 20%, con 15 vasos/mm², un diámetro de $34.89 \pm 24.64\mu\text{m}$ y elementos de vaso con longitud de $296.46 \pm 68.16\mu\text{m}$, con placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, con rebordes prominentes, punteaduras vaso-radio, similares en forma y tamaño a las intervasculares. Fibras libriformes no septadas de pared gruesa con $3.29 \pm 0.70 \mu\text{m}$, longitud de $630.70 \mu\text{m}$ y, diámetro de $9.53 \pm 1.39 \mu\text{m}$. Parénquima para traqueal vasicéntrico. Radios homogéneos en su mayoría uniseriados, 8 radios/mm, $382.08 \pm 44.51 \mu\text{m}$ de alto y $10.53 \pm 1.31 \mu\text{m}$ de ancho, con células procumbentes y cuadradas. Contenidos de almidón, gomo-resinas en los vasos del duramen y de la albura, taninos presentes en las células de los radios (Figura 4).

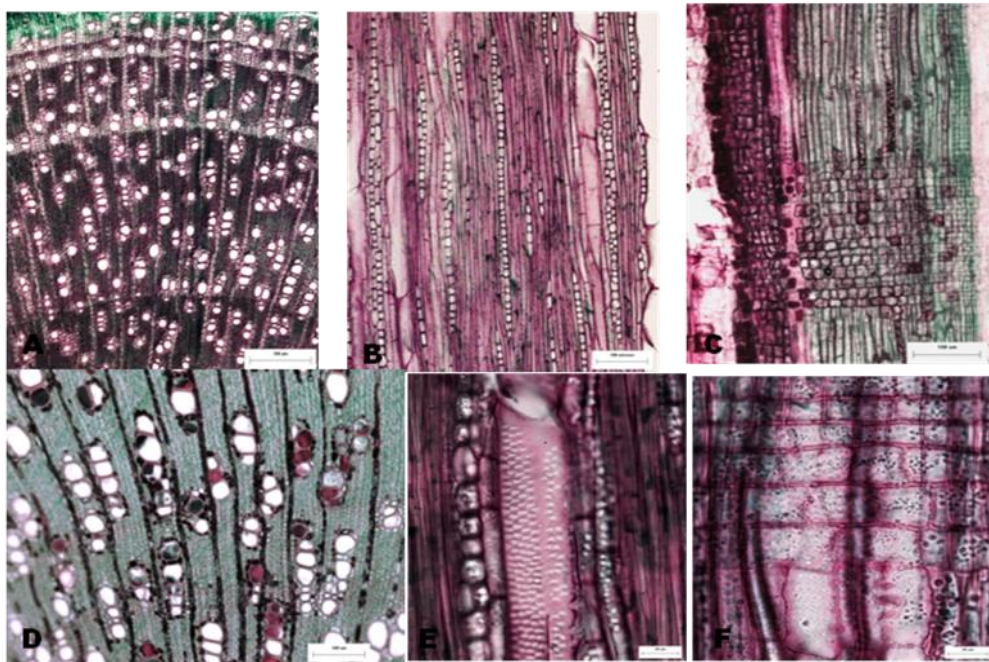


Figura 4. Madera de *Dodonaea viscosa*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uni y biseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B, C y D, 20 μm en E y F.

Eysenhardtia polystachya. Fabaceae. Anillos de crecimiento marcados por fibras, con porosidad anular, vasos en grupos de 2-5, con 12 vasos/mm², de diámetro $46.47 \pm 25.46\mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $213.97 \pm 42.37 \mu\text{m}$ con placas de perforación simple y punteaduras intervasculares alternas, elongadas, con rebordes poco prominentes, punteaduras radio - vaso elongadas y rebordes poco prominentes. Fibras libriformes no septadas de pared gruesa de $2.50 \pm 0.76 \mu\text{m}$, una longitud de $773.89 \pm 31.83 \mu\text{m}$ y diámetro de $10.62 \pm 17.14 \mu\text{m}$. Parénquima paratraqueal vasicéntrico. Radios heterogéneos en su mayoría uniseriados, 7 radios/mm, $243.86 \pm 60.76 \mu\text{m}$ de alto, $16.32 \pm 3.70 \mu\text{m}$ de ancho para los radios uniseriados y $24.11 \pm 2.76 \mu\text{m}$ para los biseriados, con células procumbentes y cuadradas. Contenidos de almidón, vasos con gomo-resinas y cristales prismáticos en algunas células de los radios (Figura 5).

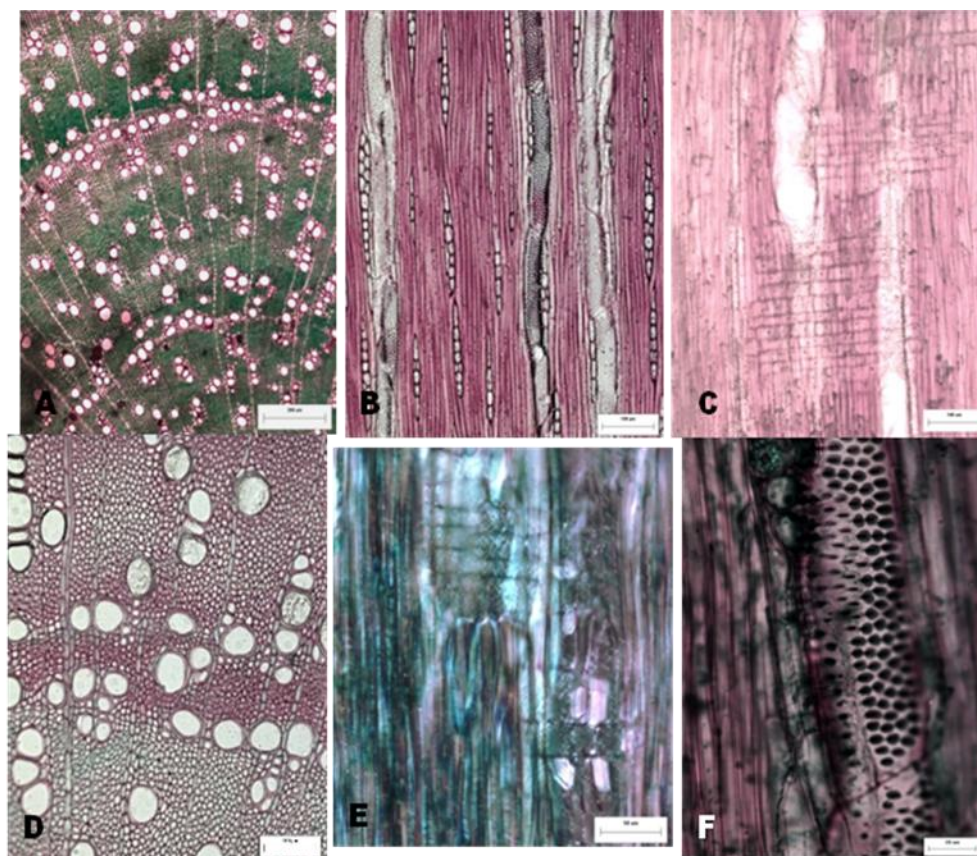


Figura 5. Madera de *Eysenhardtia polystachya*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uni y biseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B y C, 50 μm en D y E, 20 μm en F.

Fraxinus greggii. Oleaceae. Anillos de crecimiento separados por fibras, con porosidad difusa. Vasos ovalados, predominantemente en hileras de 2-7 vasos, con 12 vasos/mm², diámetro de $48.93 \pm 14.56\mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $243.42 \pm 45.19 \mu\text{m}$ y placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, elongadas, con rebordes poco prominentes. Punteaduras radios- vaso elongadas, con rebordes poco prominentes. Fibras libriformes no septadas con pared gruesas de $2.99 \pm 0.60 \mu\text{m}$, $659.53\mu\text{m}$ de largo y $15.39 \pm 23.08 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima paratraqueal vasicéntrico y en banda. Radios heterogéneos en su mayoría uniseriados, pocos biseriados, 8 radios/mm, $165.09 \pm 44.98 \mu\text{m}$ de alto y $18.58 \pm 3.22 \mu\text{m}$ de ancho, con células procumbentes y cuadradas. Contenidos de almidón y cristales en el parénquima radial (Figura 6).

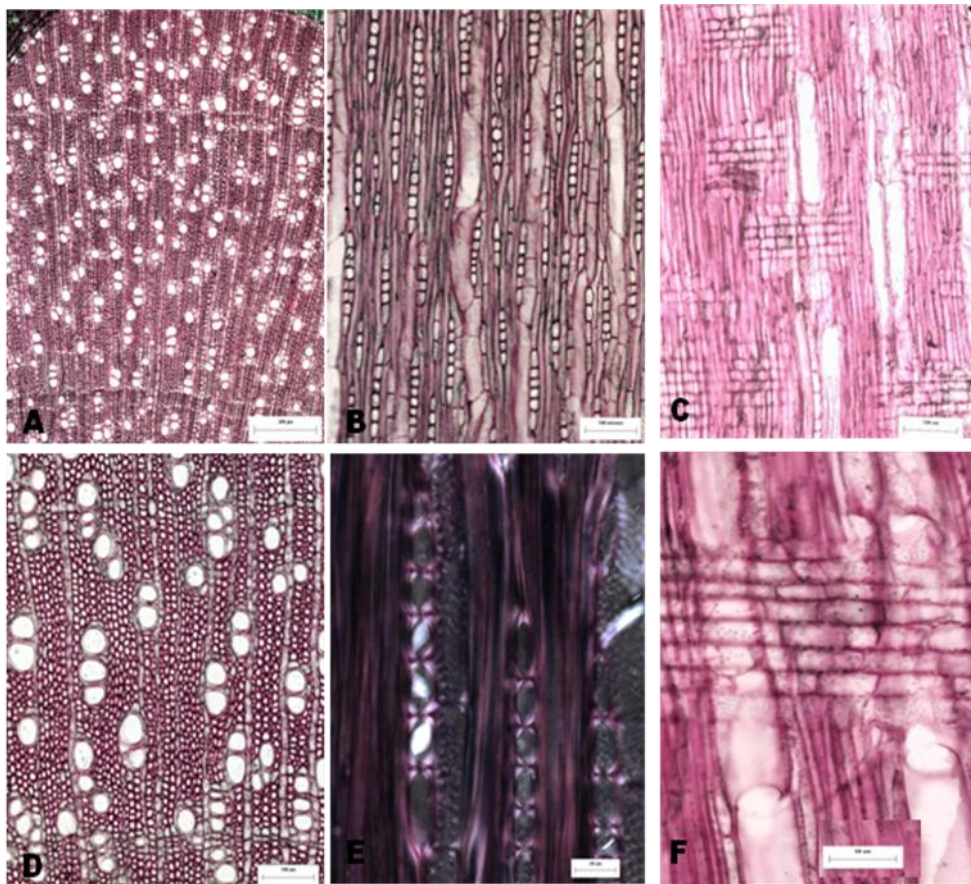


Figura 6. Madera de *Fraxinus greggii*. A. Porosidad difusa, CT. B. Radios uni y biseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B, C y D, 20 μm en E, 50 μm en F.

Gochnatia hypoleuca. Asteraceae. Anillos de crecimiento marcados por fibras, con porosidad anular. Vasos ovalados, predominantemente en grupos de 6, 7 y 10 en un 78% y en 2,3 y 5 en un 22%, con 11 vasos/mm², diámetro de $46.22 \pm 20.39 \mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $226.82 \pm 31.20 \mu\text{m}$, con placas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas, oblicuas, coalescentes, con rebordes prominentes. Punteaduras radio- vaso con paredes delgadas y redondeadas. Fibras libriformes no septadas de pared gruesa $2.65 \pm 0.60 \mu\text{m}$, $528.76 \pm 13.77 \mu\text{m}$ de largo y $8.29 \pm 14.50 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima paratraqueal vasicéntrico y paratraqueal en bandas. Radios heterogéneos en su mayoría, biseriados, 6 radios/mm, $165.09 \pm 492.34 \mu\text{m}$ de alto y $27.98 \pm 3.56 \mu\text{m}$ de ancho, con células procumbentes y cuadradas. Contenidos de almidón.

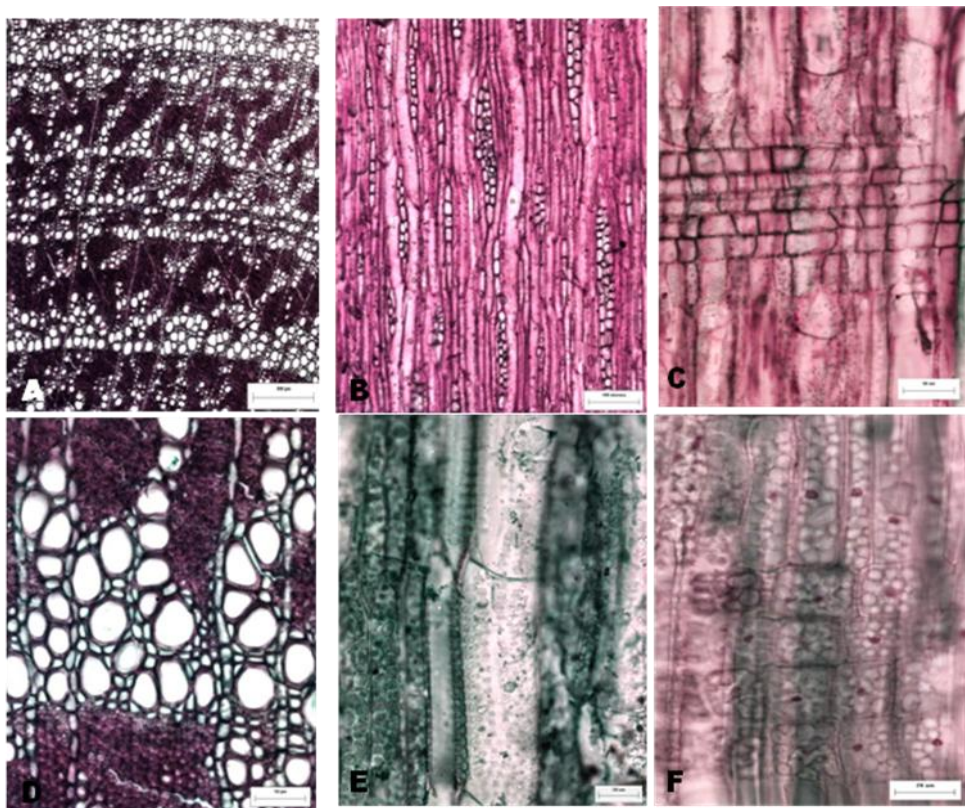


Figura 7. Madera de *Gochnatia hypoleuca*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uni y multiseriados, CTa. C. Células procumbentes cortas y erectas de los radios, CR. D. Detalle de vasos madera temprana, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B, 50 μm en C y D, 20 μm en E y F.

Hesperozygis marifolia. Lamiaceae. Anillos de crecimiento marcados por fibras, con porosidad anular, vasos ovalados, predominantemente solitarios en un 93% y en grupos de 2-3 en 7%, con 38 vasos/mm², diámetro de $17.11 \pm 34.75 \mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $180.92 \pm 40.54 \mu\text{m}$, con placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, con rebordes prominentes, engrosamientos helicoidales y punteaduras vaso-radios similares a las intervasculares, las punteaduras de mayor tamaño que las intervasculares. Traqueidas vasicéntricas presentes. Fibras libriformes no septadas de paredes gruesas $2.64 \pm 0.60 \mu\text{m}$, $397 \mu\text{m}$ de largo y $9.49 \pm 21.55 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima paratraqueal escaso. Radios homogéneos, uniseriados, 5 radios/mm, $94.03 \pm 30.57 \mu\text{m}$ de alto, $8.78 \pm 1.66 \mu\text{m}$ de ancho, con células erectas y cuadradas. Contenidos de granos de almidón (Figura 8).

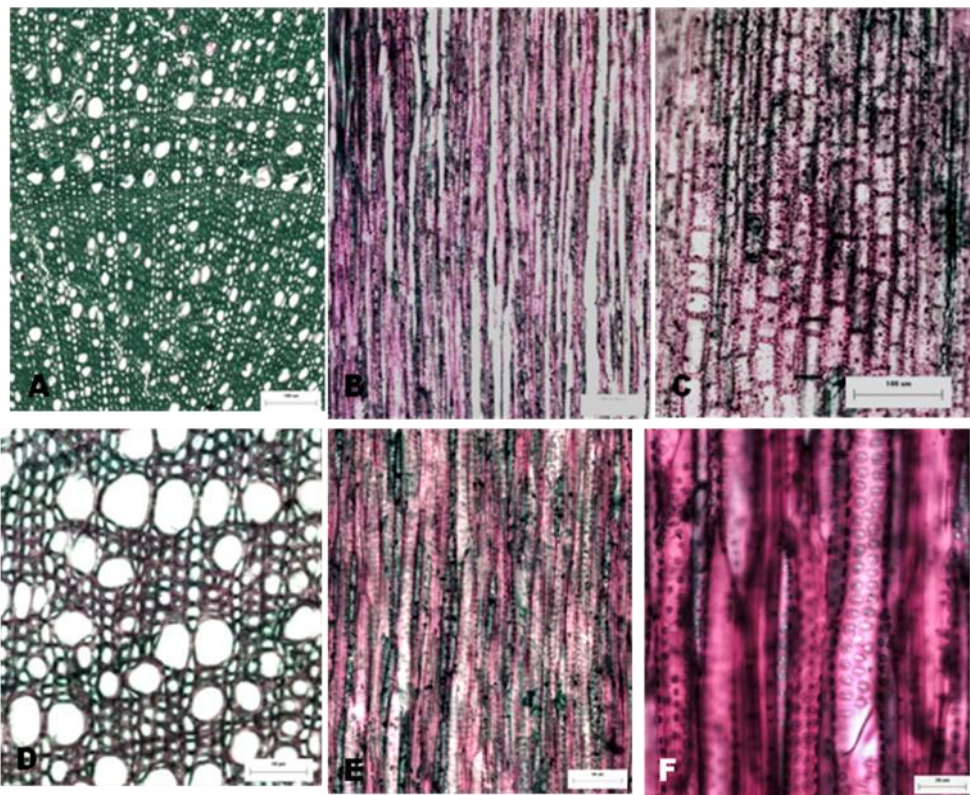


Figura 8. Madera de *Hesperozygis marifolia*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uniseriados, CTa. C. Células erectas y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos madera temprana, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 100 μm en A, B y C, 50 μm en D y E, 20 μm en F.

Karwinskia mollis. Rhamnaceae. Anillos de crecimiento con porosidad semianular, vasos ovalados, redondos, predominan en grupos radiales de 4,6 y 9 en un 89%, y solitarios en un 11%, con 28 vasos/mm², diámetro $26.07 \pm 27.27 \mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $214.19 \mu\text{m} \pm 26.64 \mu\text{m}$, placas de perforación simples, punteaduras intervasculares alternas, elongadas con rebordes prominentes. Punteaduras radio-vaso alternas, areoladas, con rebordes prominentes. Fibras libriformes no septadas de pared gruesa de $2.48 \pm 0.63 \mu\text{m}$, $546.96 \pm 13.46 \mu\text{m}$ de largo, $8.61 \pm 14.61 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima paratraqueal vasicéntrico y en bandas, series parenquimatosas de 5. Radios homogéneo en su mayoría multiseriados, 7 radios/mm, $152.61 \pm 72.03 \mu\text{m}$ de alto, $18.84 \pm 4.75 \mu\text{m}$ de ancho, con células de los radios exclusivamente cuadradas. Cristales en el parénquima axial y radial, abundantes gomo-resinas en los vasos del duramen, taninos en el parénquima axial y radial (Figura 9).

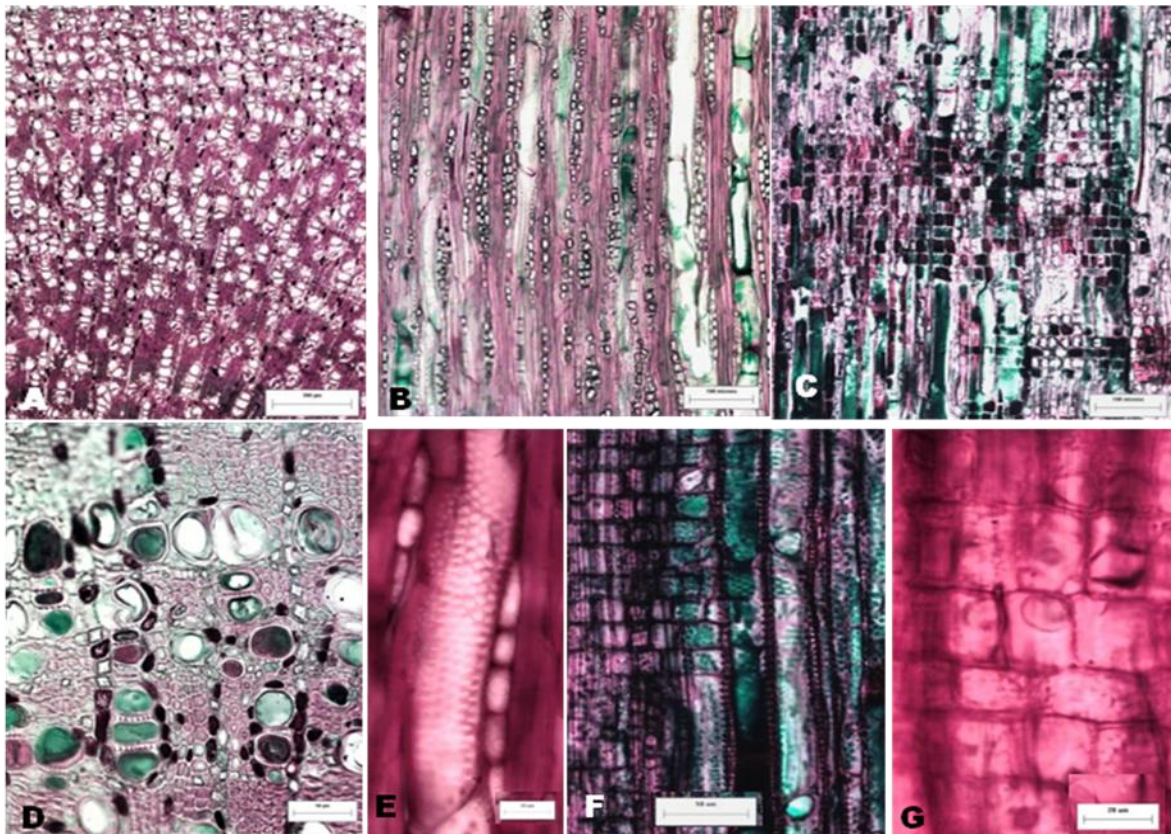


Figura 9. Madera de *Karwinskia mollis*. A. Porosidad semianular CT. B. Radios uni y biseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 en A, 100 μm en B y C, 50 μm en D y F, 20 μm en E.

Krameria cytisoides. Krameriaceae. Anillos de crecimiento marcados por fibras, con porosidad anular, vasos ovalados, predominantes solitarios en un 90%, y en grupos de dos en un 10%, con 20 vasos/mm², diámetro de $50.31 \pm 19.63 \mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $239.29 \pm 50.44 \mu\text{m}$ con placas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas, oblicuas, con rebordes prominentes, las punteaduras radio-vaso son de mayor tamaño, aunque similares en forma a las intervasculares. Fibrotraqueidas no septadas con pared gruesa de $5.30 \pm 0.92 \mu\text{m}$, $526.54 \mu\text{m}$ de longitud, $15.13 \pm 13.13 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima paratraqueal escaso. Radios homogéneos uniseriados, 4 radios/mm, $133.26 \pm 42.32 \mu\text{m}$ de alto y $15.70 \pm 2.21 \mu\text{m}$ de ancho, con células erectas. Gomo-resinas en los vasos del duramen y abundantes taninos y granos de almidón en parénquima axial y radial (Figura 10).

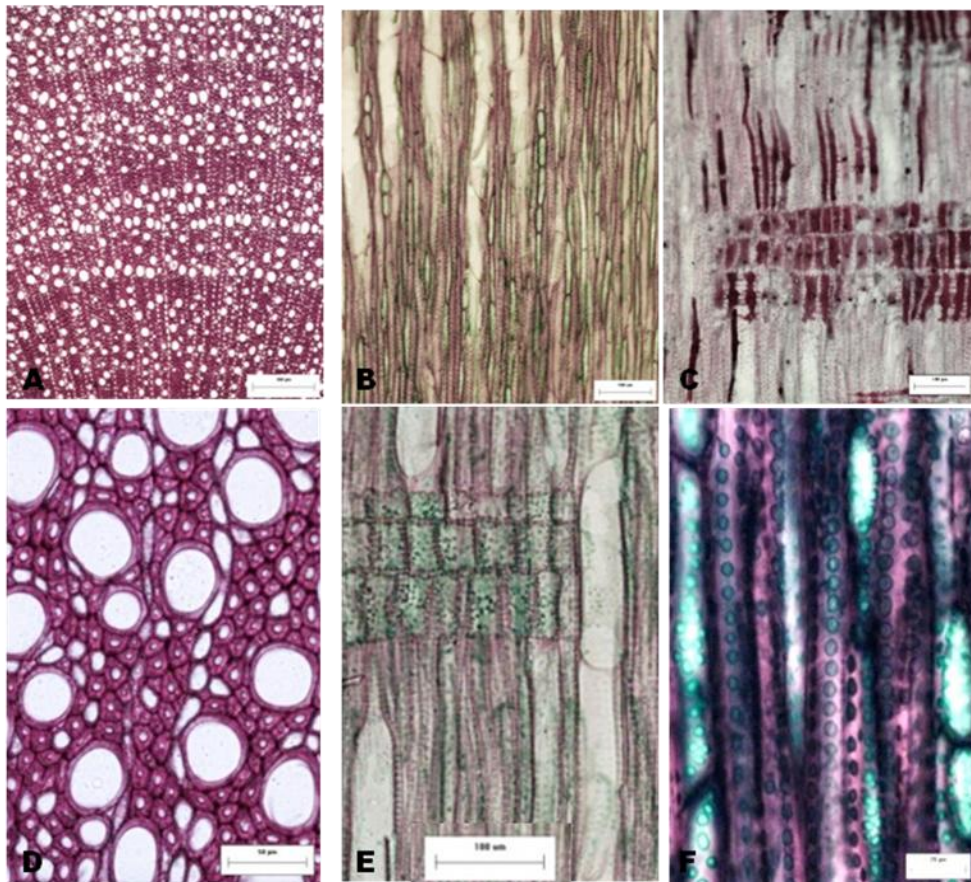


Figura 10. Madera de *Krameria cytisoides*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uniseriados, CTa. C. Células erectas de los radios, CR. D. Detalle de vasos solitarios, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. detalle punteaduras areoladas fibrotraqueidas, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B, C y E, 50 μm en D, 20 μm en F.

Purshia plicata, Rosaceae. Anillos de crecimiento marcados por fibras, con porosidad anular, vasos redondos, solitarios en un 94%, en grupos radiales de 2-3 en un 6%, con 9 vasos/mm², diámetro de $58.83 \pm 34.52 \mu\text{m}$, elementos de vaso con longitud $207.81 \pm 46.03 \mu\text{m}$, con placas de perforación simple. Punteaduras intervasculares alternas, elongadas, con rebordes poco prominentes. Fibrotraqueidas no septadas, con paredes gruesas de $2.60 \pm 0.44 \mu\text{m}$, $571.24 \pm 14.05 \mu\text{m}$ de largo, $9.76 \pm 3.01 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima apotraqueal difuso y paratraqueal escaso. Radios heterogéneos en su mayoría uniseriados, 8 radios/mm, $302.12 \pm 81.06 \mu\text{m}$ de alto y $9.25 \pm 1.27 \mu\text{m}$ de ancho para los radios uniseriados y $23.13 \pm 4.36 \mu\text{m}$ para los biseriados, con células cuadradas. Contenidos de almidón y cristales prismáticos en los radios y en algunas células del parénquima axial (Figura 11).

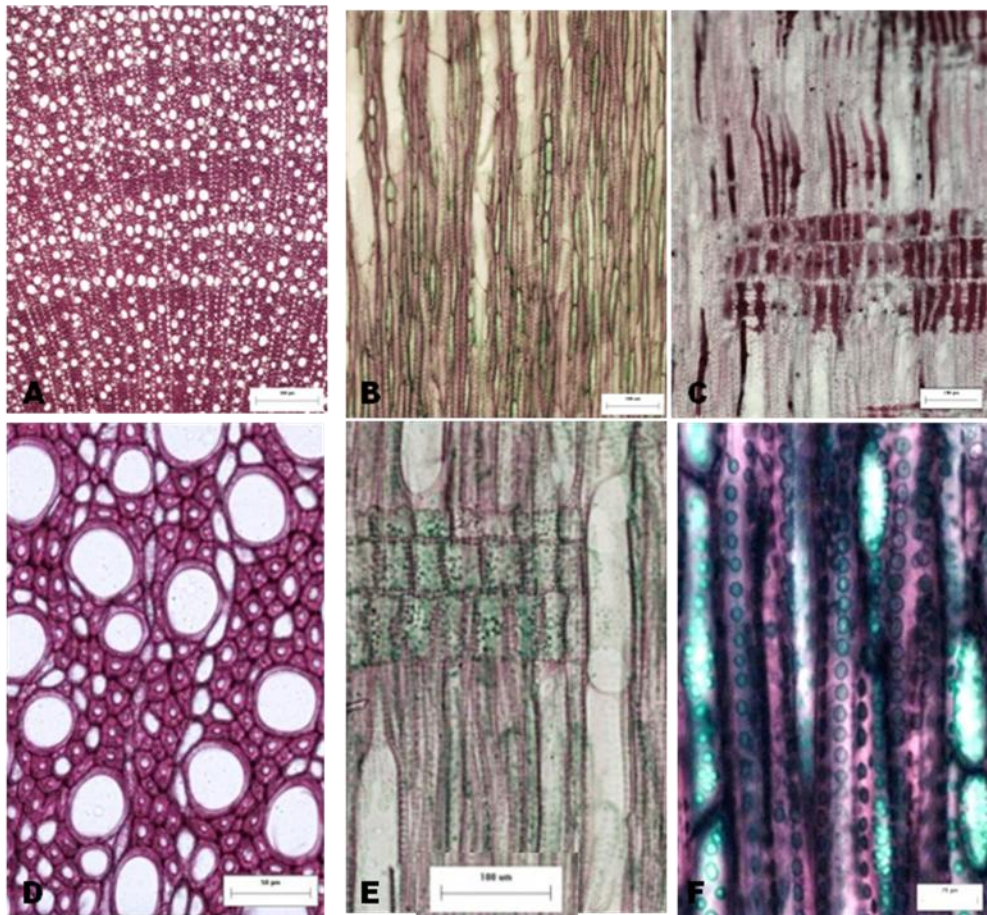


Figura 11. Madera de *Purshia plicata*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios uni y biseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos con gomo-resinas, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B y D, 50 μm en C, E y F.

Quercus tinkhamii. Fagaceae. Anillos de crecimiento marcados por fibras con porosidad anular, con los vasos de la madera temprana solitarios, los de la tardía en distribución oblicua, vasos ovalados, solitarios en un 95% y en grupos de 2-3 en la madera tardía en un 5%, con 6 vasos/mm², diámetro de $87.21 \pm 27.73 \mu\text{m}$, tílides presentes; elementos de vaso con longitud $338.14 \pm 77.87 \mu\text{m}$, placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, areoladas, con rebordes poco prominentes. Punteaduras radio - vaso areoladas, con paredes delgadas. Fibras libriformes de pared delgada de $2.90 \pm 0.51 \mu\text{m}$, $629.68 \pm 19.40 \mu\text{m}$ de largo, $8.94 \pm 21.06 \mu\text{m}$ de diámetro. Parénquima apotraqueal difuso en agregados, el paratraqueal vasicéntrico. Radios heterogéneos dimorfos, 5 radios/mm, en su mayoría uniseriados con $217.48 \pm 55.57 \mu\text{m}$ de alto, $12.92 \pm 2.53 \mu\text{m}$ de ancho para los radios uniseriados y $232.33 \pm 47.37 \mu\text{m}$ para los multiseriados, con células procumbentes y erectas. Contenidos de granos de almidón y cristales prismáticos en los radios multiseriados (Figura 12).

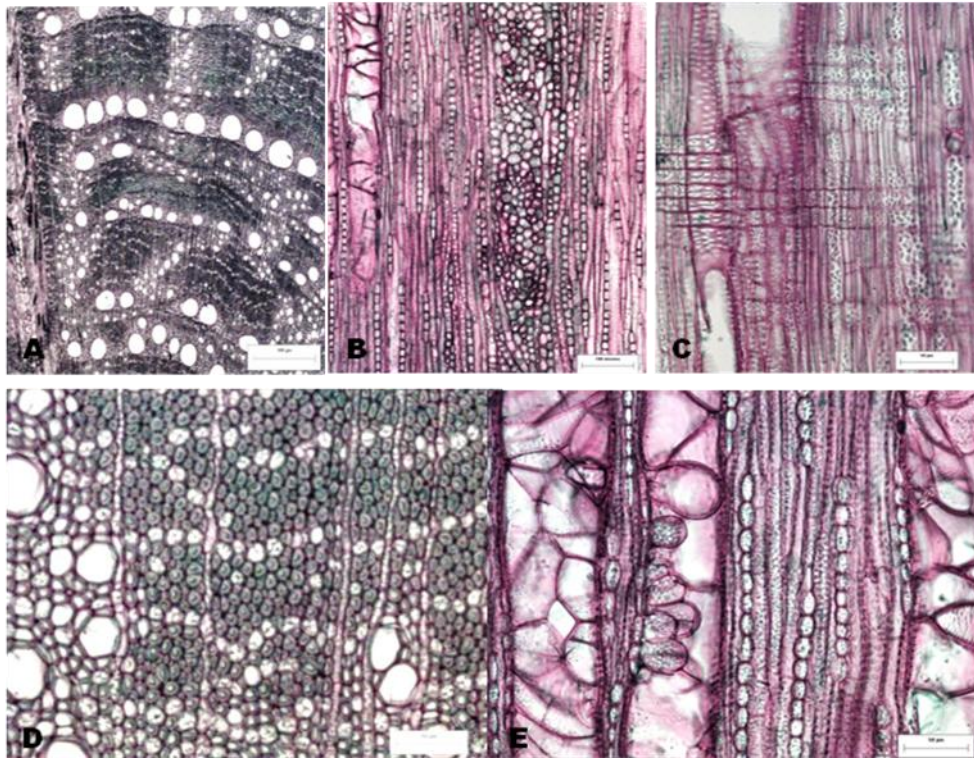


Figura 12. Madera de *Quercus tinkhamii*. A. Porosidad anular, CT. B. Radios dimorfos, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle parénquima apotraqueal difuso en agregados, CT. E. Vasos con tílides y traqueidas vasicéntricas, CTa. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 μm en A, 100 μm en B, 50 μm en C, D y E.

Rhus virens. Anacardiaceae. Anillos de crecimiento separados por fibras, con porosidad anular, vasos ovalados, dispuestos verticalmente en hileras de 5-7 vasos en un 84% y en grupos de 3 y 4 en un 26%, con 21 vasos/mm², diámetro de 30.71 ± 32.24 µm, elementos de vaso con longitud 233.11 ± 39.22 µm, con placas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, con rebordes prominentes. Las punteaduras radio-vaso diferentes a las intervasculares, semirebordeadas y simples. Fibras libriformes no septadas con pared gruesa de 3.14 ± 0.68 µm, 470.95 ± 14.12 µm de largo, 9.23 ± 23.29 µm de diámetro. Parénquima paratraqueal escaso. Radios heterogéneos en su mayoría uniseriados y biseriados, 5 radios/mm, 178.65 ± 55.89 µm de alto, 5.24 ± 1.23 µm de ancho para los radios uniseriados y 19.04 ± 4.58 µm para los biseriados, con células cuadradas. Contenido de granos de almidón y cristales cuadrados en los radios (Figura 13).

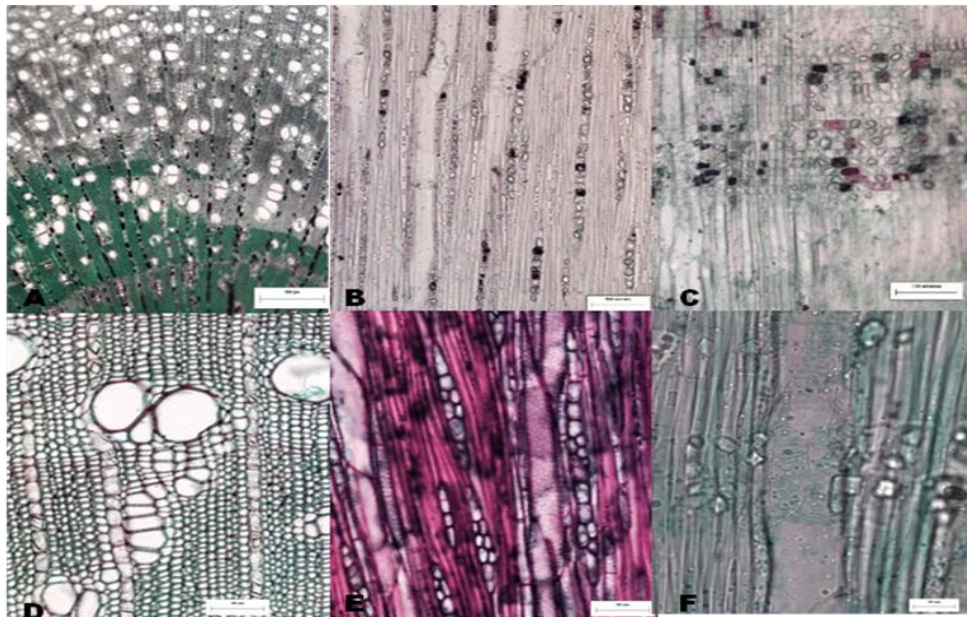


Figura 13. Madera de *Rhus virens*. A. Porosidad anular CT. B. Radios uni y biseriados, CTa. C. Células procumbentes y cuadradas de los radios, CR. D. Detalle de vasos, CT. E. Punteaduras intervasculares, CTa. F. Células de los radios con abundantes granos de almidón, CR. CT, corte transversal, CTa, corte tangencial, CR, corte radial. Escala de 300 µm en A, 100 µm en B y C, 50 µm en D y E, 20 µm en F.

ANÁLISIS NUMÉRICO

Los valores de tendencia central y dispersión para los elementos de vaso se presentan en el cuadro 2 y la figura 14. Los coeficientes de variación mayores se registraron en *Quercus tinkhamii*, seguidos *Eysenhardtia polystachya*. Para la longitud de los elementos de vaso existen diferencias significativas entre algunos pares de especies ($F= 35.81$, $p<0.0001$), así como para el diámetro ($F= 56.79$, $p<0.0001$) y el número de vasos ($F= 172.93$, $p<0.0001$) (Figura 14). La especie con los diámetros de vaso más angostos y el mayor número de vasos se estimó en *Hesperozygis marifolia*. La mayoría de la especies tiene valores entre 24.10 y 34.52 μm (Cuadro 2).

Cuadro 2. Estadística descriptiva para los elementos de vaso de las 13 especies estudiadas, entre paréntesis valores mínimo y máximo.

| Especie | LONGITUD DE VASOS (μm) | | DIÁMETRO DE VASOS (μm) | | NÚMERO DE VASOS (μm) | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------|-------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| | Media | C.V. | Media | C.V. | Media | C.V. |
| <i>Brongniartia intermedia</i> | 113.69 (81.14-149.74) | 13.99 | 56.56 (28.50-84.72) | 25.64 | 10 (6-14) | 23.55 |
| <i>Calliandra eriophylla</i> | 193.30 (120.27-298.85) | 22.95 | 37.16 (24.62-56.55) | 24.10 | 17 (11-25) | 22.11 |
| <i>Dalea greggii</i> | 144.42 (87.47-187.62) | 16.56 | 25.41 (17.62-33.05) | 16.67 | 26 (13-37) | 24.28 |
| <i>Dodonaea viscosa</i> | 296.46 (196.66-420.08) | 22.99 | 34.89 (22.12- 51.57) | 24.54 | 15 (9-18) | 16.88 |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 213.97 (141.96-309.12) | 19.80 | 46.47 (19.38- 62.80) | 25.46 | 12 (7-23) | 31.06 |
| <i>Fraxinus greggii</i> | 243.42 (171.14-312.52) | 18.56 | 48.93 (28.16-57.97) | 14.56 | 12 (8-17) | 16.52 |
| <i>Gochnatia hypoleuca</i> | 226.82 (186.85-330.47) | 13.75 | 46.22 (24.49-63.98) | 20.39 | 11 (7-18) | 23.84 |
| <i>Hesperozygis marifolia</i> | 180.92 (113.21-277.24) | 22.41 | 17.11 (10.90-30.33) | 34.75 | 38 (30-49) | 13.08 |
| <i>Karwinskia mollis</i> | 214.19 (170.40-274.08) | 12.43 | 26.07 (11.29-38.69) | 27.27 | 28 (20-40) | 15.91 |
| <i>Krameria cytisoides</i> | 239.29 (138.63-357.16) | 21.08 | 50.31 (28.73-70.59) | 19.63 | 20 (15-26) | 12.88 |
| <i>Purshia plicata</i> | 207.81 (134.59-310.04) | 22.15 | 58.83 (24.12-79.53) | 34.52 | 9 (5-17) | 29.64 |
| <i>Quercus tinkhamii</i> | 338.14 (227-540.01) | 23.03 | 87.21 (50.28-115.58) | 27.73 | 6 (3-9) | 32.45 |
| <i>Rhus virens</i> | 233.11 (115.2- 305.75) | 16.82 | 30.71 (14.53-48.24) | 32.24 | 21 (15-28) | 18.25 |

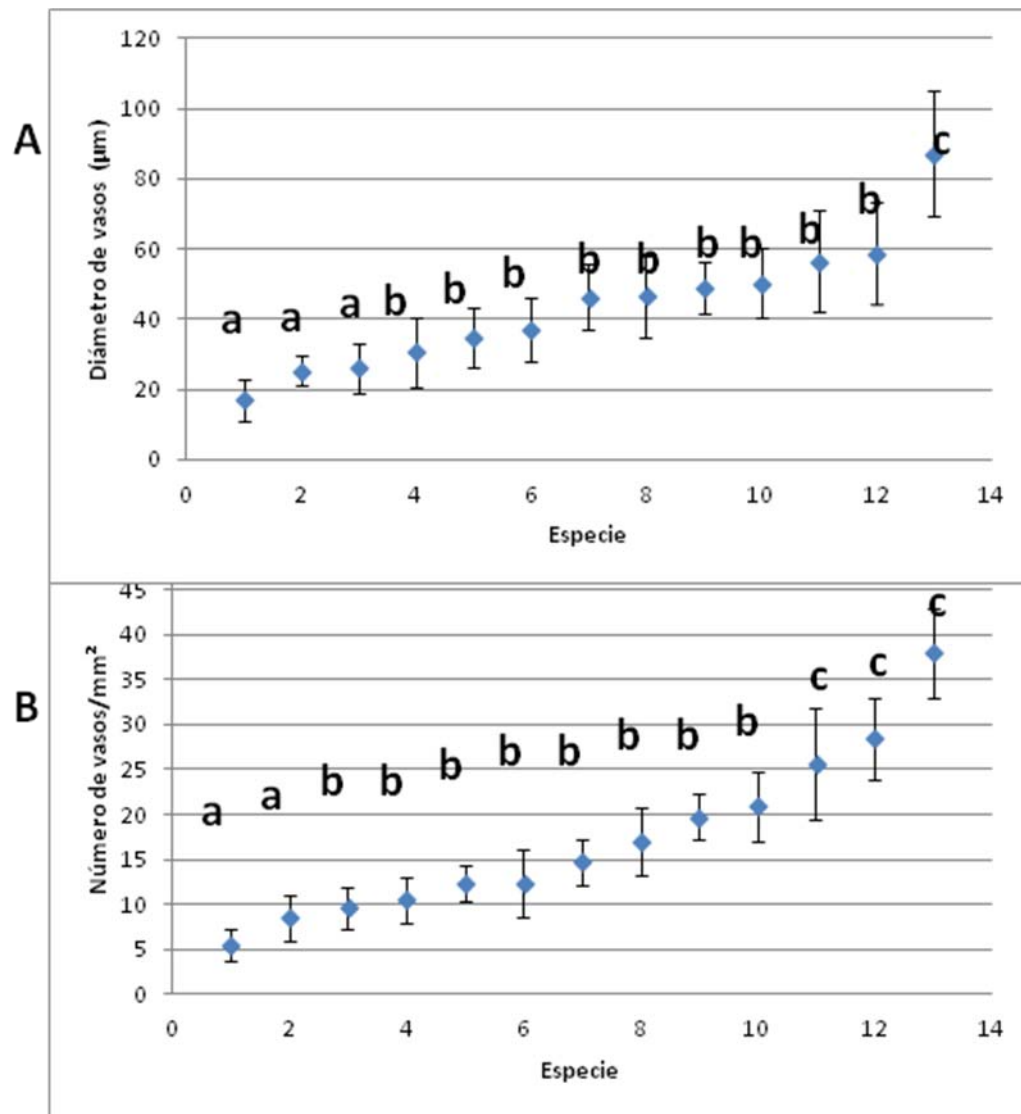


Figura 14. Valores de la media y desviación estándar para los elementos de vaso. A. Diámetro de vasos (μm), B. Número de vasos/ mm^2 . Letras diferentes indican diferencias significativas ($P < 0.05$, Tukey).

Los valores de la tendencia central y dispersión para las fibras se encuentran en el cuadro 3 y la figura 15. La longitud de fibras presentó diferencias entre especies ($F=22.28$, $p<0.0001$); así como para el diámetro ($F=25.24$, $p<0.0001$) y el grosor de la pared ($F=15.26$, $p<0.0001$). Los coeficientes de variación mayores para la longitud de la fibra se registraron en *Eysenhardtia polystachya* seguidos por *Dodonaea viscosa*. Las especies con los diámetros de fibras más angostos son *Dalea greggii* y *Krameria cytisoides*, los valores para las fibras con paredes más angostas corresponden a *Purshia plicata*, seguido por *Eysenhardtia polystachya* y *Gochnatia hypoleuca*, mientras que, la especie con las paredes más gruesa es *Krameria cytisoides* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadística descriptiva para las fibras de las 13 especies estudiadas. Entre paréntesis los valores mínimos y máximos

| Especie | LONGITUD DE FIBRAS (μm) | | DIÁMETRO DE FIBRAS (μm) | | PARED DE FIBRAS (μm) | |
|---------------------------------|--------------------------------------|-------|--------------------------------------|-------|-----------------------------------|-------|
| | Media | C.V. | Media | C.V. | Media | C.V. |
| <i>Brongniartia intermedia</i> | 556.57 (434.87-735.98) | 14.85 | 8.69 (5.70-12.02) | 18.55 | 3.13 (2.08-5.36) | 27.59 |
| <i>Calliandra eriophylla</i> | 702.37 (429.12-913.73) | 14.62 | 12.12 (7.92-17.21) | 23.83 | 4.48 (2.74-6.25) | 22.64 |
| <i>Dalea greggii</i> | 517.90 (392.80-637.09) | 11.42 | 7.80 (5.03-9.12) | 12.96 | 2.90 (1.69-4.37) | 25.08 |
| <i>Dodonaea viscosa</i> | 630.70 (435.44-927.53) | 20.38 | 9.53 (6.68-13.72) | 17.84 | 3.29 (1.79-4.61) | 21.29 |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 773.89 (310.64-1441.80) | 31.83 | 10.62 (8.12-14.53) | 17.14 | 2.50 (1.37-4.33) | 30.71 |
| <i>Fraxinus greggii</i> | 659.53 (476.96-770.79) | 9.89 | 15.39 (8.63-25.22) | 23.08 | 2.99 (1.79-4.61) | 20.20 |
| <i>Gochnatia hypoleuca</i> | 528.76 (402.28-657.79) | 13.77 | 8.29 (6.54-11.07) | 14.50 | 2.65 (1.79-3.90) | 22.47 |
| <i>Hesperozygis marifolia</i> | 397.74 (284.57-498.94) | 14.18 | 9.49 (6.64-13.77) | 21.55 | 2.64 (1.66-4.17) | 22.84 |
| <i>Karwinskia mollis</i> | 546.96 (424.39-718.18) | 13.46 | 8.61 (5.37-10.29) | 14.61 | 2.48 (1.37-4.16) | 25.61 |
| <i>Krameria cytisoides</i> | 526.54 (417.59-679.14) | 13.00 | 15.13 (12.11-19.68) | 13.13 | 5.30 (3.79-6.94) | 17.49 |
| <i>Purshia plicata</i> | 571.24 (443.80-737.31) | 14.05 | 9.76 (6.63-14.63) | 23.01 | 2.60 (1.60-3.26) | 17.09 |
| <i>Quercus tinkhamii</i> | 629.68 (458.74-946.96) | 19.40 | 8.94 (6.41-13.37) | 21.06 | 2.90 (2.08-3.82) | 17.78 |
| <i>Rhus virens</i> | 470.95 (309.37-597.63) | 14.12 | 9.23 (6.20-17.41) | 23.29 | 3.14 (1.48-4.20) | 21.80 |

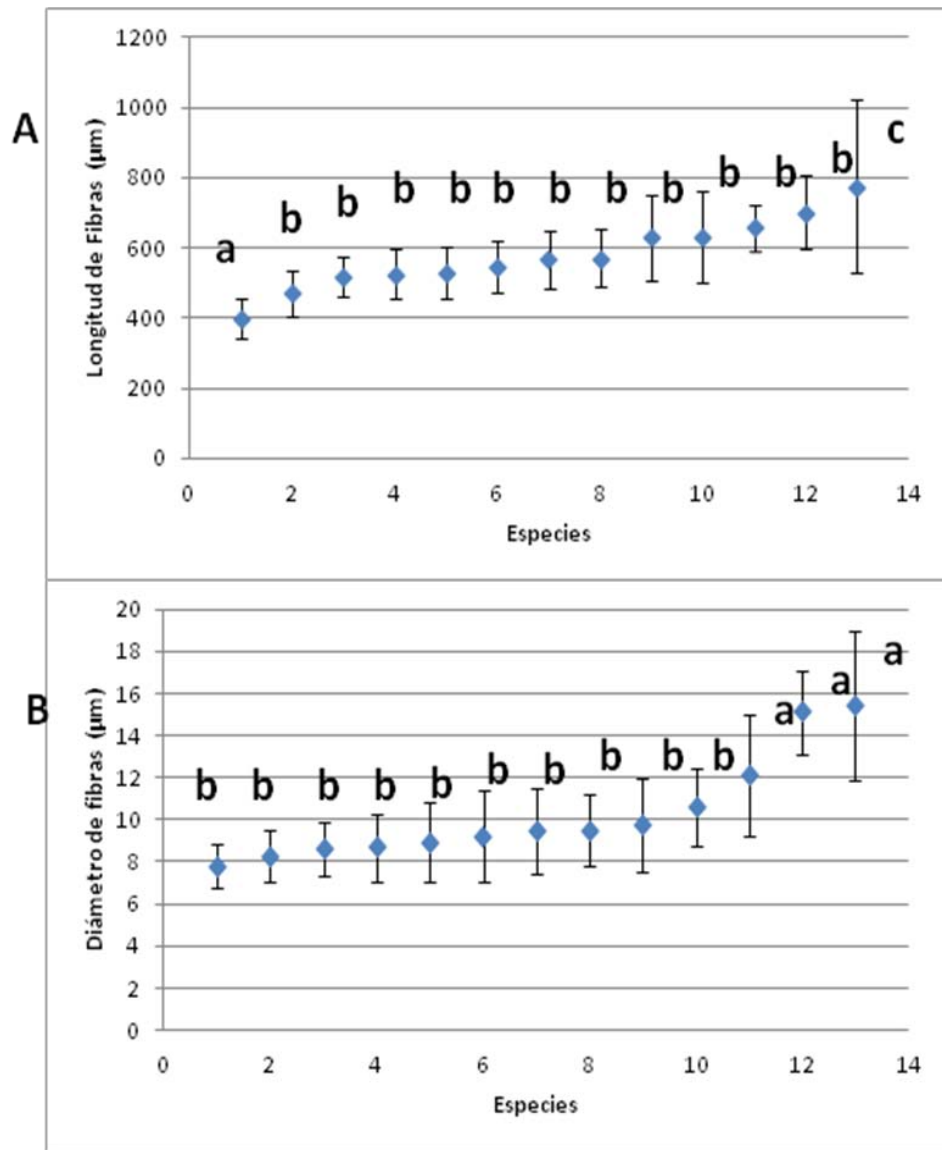


Figura 15. Valores de la media y desviación estándar. Diferencias significativas ($P < 0.05$, Tukey) para la longitud A y diámetro de las fibras B.

Los valores de la tendencia central y dispersión para el ancho de radios uniseriados y multiseriados se presenta en el cuadro 4 y la figura 16. Los coeficientes de variación mayores para el ancho de radios multiseriados se presentaron en *Quercus tinkhamii*, seguidos por *Krameria cytisoides*. Existen diferencias para el número de radios ($F=21.11$, $p<0.0001$), el ancho de radios multiseriados ($F=460.77$, $p<0.0001$) y el ancho de radios uniseriados ($F=161.93$, $p<0.0001$), sólo existen diferencias significativas entre algunos pares de especies (Figura 16). La especie con el ancho de los radios más angostos se observaron en *Hesperozygis marifolia*, seguidos por *Purshia plicata*. La mayoría de la especies tiene valores entre 14.57 y 19.04 μm en uniseriados y en multiseriados 18.84 y 31.64 μm .

Cuadro 4. Estadística descriptiva para el ancho y número de los radios de las 13 especies estudiadas.

| Especie | ANCHO UNISERIADOS (μm) | | ANCHO MULTISERIADOS (μm) | | NÚMERO DE RADIOS (μm) | |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| | Media | C.V. | Media | C.V. | Media | C.V. |
| <i>Brongniartia intermedia</i> | 17.45 (12.75-23.04) | 15.68 | 31.64 (22.19-38.13) | 13.03 | 7 (4-9) | 21.42 |
| <i>Calliandra eriophylla</i> | 14.57 (9.63-21.94) | 23.90 | - | - | 5 (3-8) | 23.07 |
| <i>Dalea greggii</i> | 11.98 (7.21-18.67) | 25.04 | - | - | 5 (2-8) | 28.89 |
| <i>Dodonaea viscosa</i> | 10.53 (8.39-13.19) | 12.48 | 26.54 (21.02-33.00) | 12.26 | 8 (5-11) | 23.86 |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 16.32 (10.82-28.35) | 22.72 | 24.11 (19.24-30.06) | 11.47 | 7 (4-9) | 19.53 |
| <i>Fraxinus greggii</i> | - | - | 18.58 (13.84-28.26) | 17.33 | 8 (6-11) | 18.59 |
| <i>Gochnatia hypoleuca</i> | - | - | 27.98 (22.22-35.88) | 12.72 | 6 (4-8) | 22.29 |
| <i>Hesperozygis marifolia</i> | 8.78 (5.41-13.34) | 18.98 | - | - | 5 (3-7) | 19.23 |
| <i>Karwinskia mollis</i> | - | - | 18.84 (11.67-30.08) | 25.25 | 7 (4-10) | 21.59 |
| <i>Krameria cytisoides</i> | 15.70 (10.29-19.27) | 14.11 | - | - | 4 (1-6) | 29.87 |
| <i>Purshia plicata</i> | 9.25 (7.22-12.59) | 13.77 | 23.11 (16.48-35.51) | 18.85 | 8 (5-12) | 19.88 |
| <i>Quercus tinkhamii</i> | 12.92 (8.41-18.12) | 19.61 | 232.37 (176.4-304.3) | 20-39 | 5 (2-8) | 30.04 |
| <i>Rhus virens</i> | 19.04 (9.03-26.37) | 24.07 | - | - | 5 (3-8) | 23.55 |

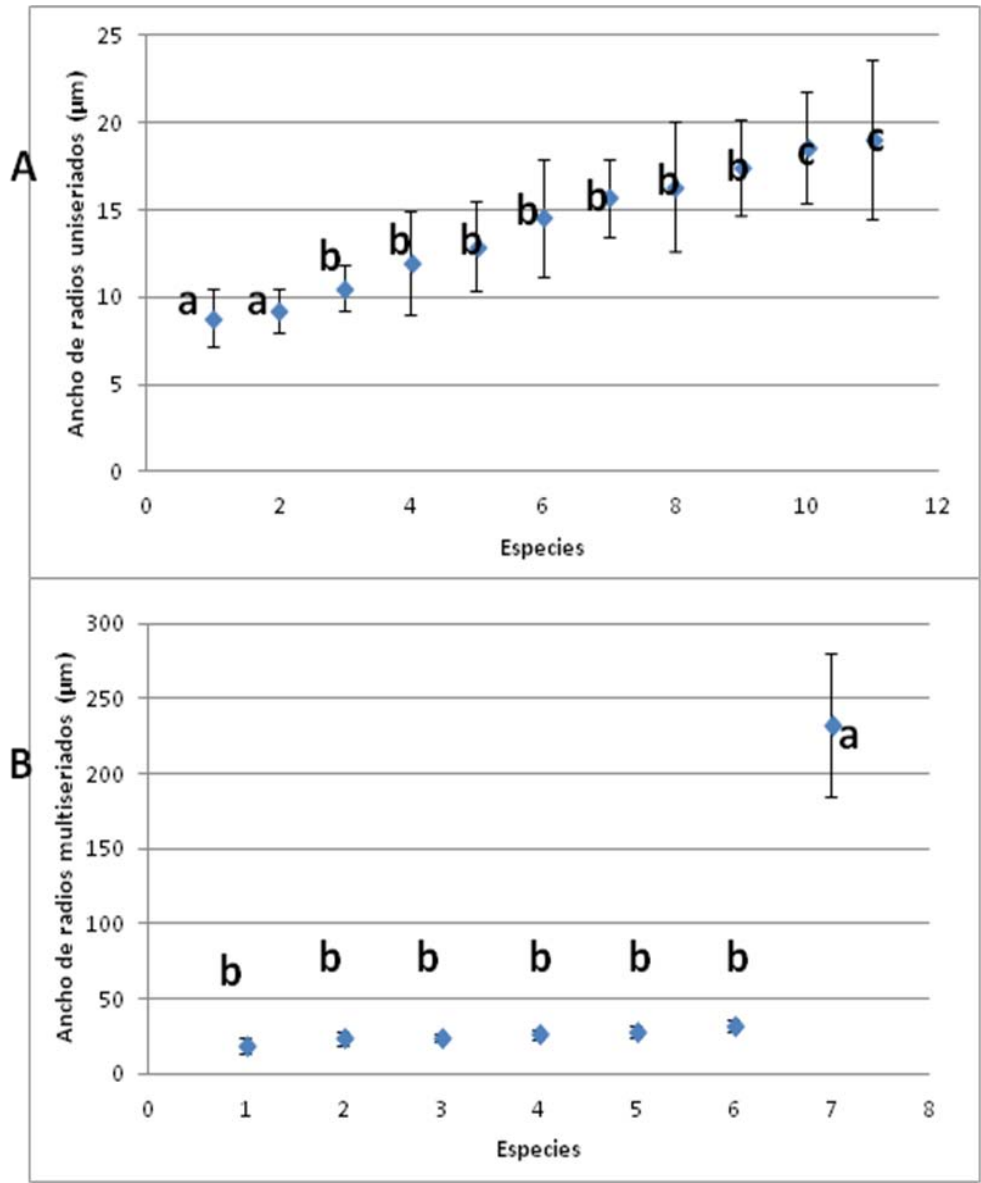


Figura 16. Diferencias significativas ($P < 0.05$, Tukey) para el ancho de los radios uniseriados A y multiseriados B.

Los valores de la tendencia central y dispersión para la altura de los radios se presentan en el cuadro 5 y la figura 17. Los coeficientes de variación mayores para la altura de radios son para *Gochnatia hypoleuca*, seguidos por *Brongniartia intermedia*. Existen diferencias para altura de los radios ($F=93.25$, $p<0.0001$) entre especies. La especie con la altura de radios más pequeños se registró en *Hesperozygis marifolia*. La mayoría de la especies tienen valores entre 165 y 243 μm .

Cuadro 5. Estadística descriptiva para la altura de los radios de las 13 especies estudiadas.

| Especie | Media (μm) | C.V. | Especie | Media (μm) | C.V. |
|---------------------------------|----------------------------|-------|-------------------------------|--------------------------|-------|
| <i>Brongniartia intermedia</i> | 416.39 (335.87-512.89) | 12.26 | <i>Hesperozygis marifolia</i> | 94.03 (51.2-161.3) | 32.51 |
| <i>Calliandra eriophylla</i> | 217.36 (122.99-399.20) | 36.63 | <i>Karwinskia mollis</i> | 132.02 (70.95-202.4) | 31.51 |
| <i>Dalea greggii</i> | 249.78 (121.79-503.86) | 39.68 | <i>Krameria cytisoides</i> | 110.95 (44.03-181.22) | 35.29 |
| <i>Dodonaea viscosa</i> | 382.08 (317.85-489.40) | 11.65 | <i>Purshia plicata</i> | 302.12 (208.9-482.5) | 26.83 |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 243.86 (177.75 -398.98) | 24.91 | <i>Quercus tinkhamii</i> | 217.5 (139.2-397.2) | 25.55 |
| <i>Fraxinus greggii</i> | 165.09 (90.14-306.13) | 27.24 | <i>Rhus virens</i> | 178.95 (93.6-287.6) | 31.28 |
| <i>Gochnatia hypoleuca</i> | 492.34 (358.6- 597.7) | 12.41 | | | |

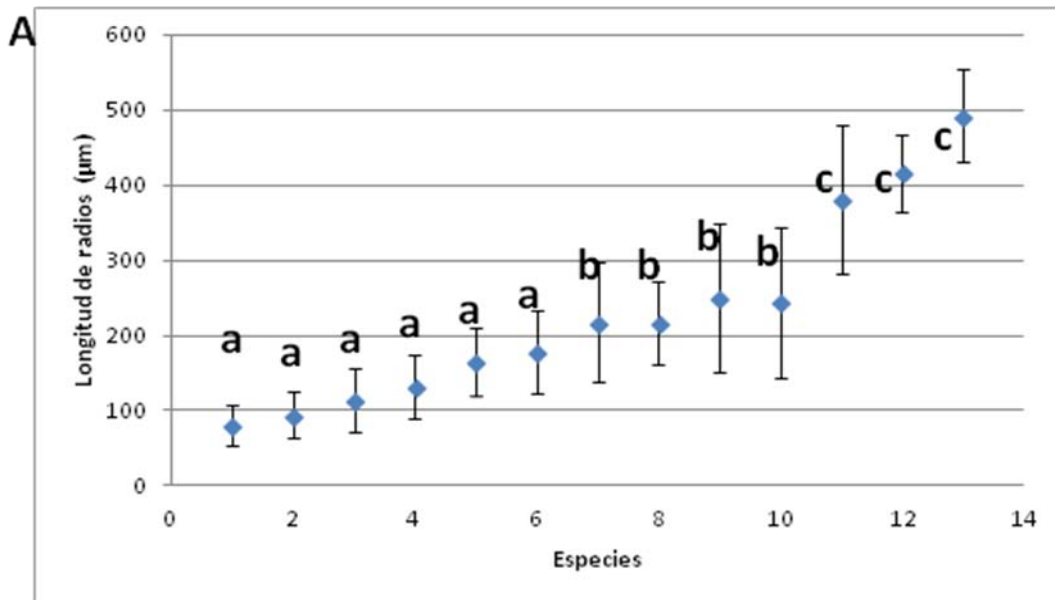


Figura 17. Altura de radios para las 13 especies estudiadas. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p<0.05$, Tukey).

El análisis de correlación mostró valores positivos o negativos bajos, pero en su mayoría significativos ($p < 0.01$), siendo los coeficientes de correlación más altos para la relación diámetro de vasos con número de vasos (-0.65) y diámetro de vasos con ancho de los radios multiseriados (0.52).

Al comparar algunos caracteres cuantitativos de la madera aquí estudiadas con las del matorral xerófilo de Tehuacán analizadas por Abundiz-Bonilla *et al.* (2004) (Cuadro 7), se observa que la mayoría de las dimensiones celulares son menores para las especies del matorral submontano de San Luis Potosí y también donde hay un mayor porcentaje de especies con porosidad anular.

Cuadro 6. Coeficientes de correlación de Pearson para diez caracteres anatómicos de 13 especies del matorral submontano de San Luis Potosí, México. Donde: LOVA= Longitud de vasos, DIVA= Diámetro de vasos, NUVA= Número de vasos, LOFI= Longitud de fibras, DIFI= Diámetro de fibras, PAFI= Pared de fibras, ALRA= Altura de radios, NURA= Número de Radios, ANRAU= Ancho de radios uniseriados, ANRAM= Ancho de radios multiseriados

| | LOVA | DIVA | NUVA | LOFI | DIFI | PAFI | ALRA | NURA | ANRAU | ANRAM |
|-------|------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| LOVA | 1.00 | 0.277 | -0.326 | 0.177 | 0.095 | 0.049 | 0.011 | 0.005 | -0.084 | 0.383 |
| DIVA | | 1.00 | -0.650 | 0.247 | 0.050 | -0.016 | 0.262 | 0.104 | -0.077 | 0.517 |
| NUVA | | | 1.00 | -0.37 | -0.124 | -0.047 | -0.502 | -0.226 | 0.001 | -0.307 |
| LOFI | | | | 1.00 | 0.262 | 0.1243 | 0.099 | 0.219 | 0.234 | -0.049 |
| DIFI | | | | | 1.00 | 0.296 | -0.213 | 0.196 | 0.213 | 0.120 |
| PAFI | | | | | | 1.00 | 0.026 | -0.101 | 0.472 | 0.133 |
| ALRA | | | | | | | 1.00 | 0.142 | 0.003 | -0.152 |
| NURA | | | | | | | | 1.00 | -0.153 | -0.361 |
| ANRAU | | | | | | | | | 1.00 | 0.022 |
| ANRAM | | | | | | | | | | 1.00 |

Cuadro 7. Valores máximos y mínimos de las características cuantitativas del matorral submontano de San Luis Potosí *versus* el matorral xerófilo de Tehuacán, Puebla.

| Carácter | San Luis Potosí | Puebla |
|------------------------------------|-----------------|----------|
| Porosidad difusa (%) | 15 | 56 |
| Porosidad semianular (%) | 15 | 21 |
| Porosidad anular (%) | 69 | 23 |
| Número de vasos/mm ² | 6-38 | 3-125 |
| Diámetro de vasos (µm) | 17-87 | 37-269 |
| Longitud del elemento de vaso (µm) | 113-338 | 133-737 |
| Longitud de fibras (µm) | 397-773 | 477-2002 |
| Diámetro de fibra(µm) | 7.80-15.13 | 8-25 |
| Grosor de pared de fibra(µm) | 2.48-5.30 | 2-6 |
| Número radios (mm) | 4-8 | 2-22 |
| Altura radios(µm) | 94.03-358.6 | 204-7058 |

DISCUSIÓN

Los caracteres anatómicos de las especies del MSM de San Luis Potosí

Brongniartia intermedia, *Calliandra eriophylla*, *Dalea greggii* y *Eysenhardtia polystachya*, son especies que tienen anillos de crecimiento que se originan por reducción del diámetro radial de las fibras, donde también se observa parénquima marginal con cristales prismáticos, excepto en *D. greggii* únicamente marcados por fibras. Este tipo de marcas de crecimiento, fibras y parénquima marginal con cristales, se ha descrito también para otros miembros de Fabaceae con o sin porosidad anular (Metcalf y Chalk, 1950; León, 2007). Además las especies de Fabaceae estudiadas comparten con la mayoría de los géneros de esta familia las placas de perforación simples, las punteaduras alternas y las fibras no septadas (Metcalf y Chalk, 1950; León, 2007). El parénquima en bandas sólo se observó en *B. intermedia* y *C. eriophylla*; mientras que en las otras dos especies fue paratraqueal, escaso o vasicéntrico. Todos estos tipos de parénquima también se han descrito en esta familia (Metcalf y Chalk, 1950; León, 2007). Los radios son heterogéneos multiseriados en las cuatro especies de leguminosas estudiadas.

En el caso de *Dodonaea viscosa* la mayoría de los caracteres anatómicos descritos corresponden con los registrados por otros autores (Patel, 1975; León, 2009). Sin embargo, varios de los caracteres cuantitativos son mayores; además en las muestras estudiadas de esta especie no se observaron engrosamientos helicoidales en los elementos de vaso, ni parénquima apotraqueal difuso como mencionan Patel (1975) y León (2009).

Fraxinus greggii comparte la mayoría de las características con otras especies de *Fraxinus* (Aguilar-Rodríguez y Barajas, 2015); sin embargo, la muestra aquí analizada no tiene fibrotraqueidas, parénquima paratraqueal aliforme, ni radios homogéneos. Los caracteres cuantitativos en su mayoría son mayores en otras especies (Aguilar-Rodríguez y Barajas, 2005), posiblemente asociado al tamaño de los individuos estudiados. En el caso de *Karwinskia mollis*, la especie estudiada no comparte con otras especies de este género, ni las dimensiones, ni la estratificación de parénquima axial (Carlquist, 2005; León, 2009). *Gochnatia hypoleuca* como otros miembros de la familia Asteraceae tiene placas de perforación simples, fibras libriformes no septadas, radios heterogéneos uniseriados, pero difiere en la ausencia de traqueidas vasculares y las punteaduras escalariformes, atributos registrados para otras especies de esta familia (Carlquist, 1958).

Quercus tinkhamii como otras muchas especies de este género tiene porosidad anular y vasos en la madera tardía en un arreglo oblicuo (Panshin y de Zeeuw, 1980), sin embargo, difiere de otras especies como *Q. obtusata* por la porosidad difusa (Chávez-Romero *et al.*, 2010) o de especies con porosidad semianular (Valencia-Ávalos y Barajas-Morales, 1995; Martínez-

Cabrera *et al.*, 2003; Pérez-Olvera *et al.*, 2006). Notoriamente la proporción de madera tardía en casi todos los anillos es mayor a la registrada para otras especies con porosidad anular como *Q. stellata* (Panshin y de Zeeuw, 1980). Las placas de perforación simple, las fibras libriformes y los radios dimorfos, donde los uniseriados son muy abundantes, así como el parénquima axial apotraqueal difuso y los cristales prismáticos en algunas células de los radios son otros caracteres compartidos con otras especies de este género.

Purshia plicata comparte con otros miembros de la familia Rosaceae las fibrotraqueidas, el parénquima apotraqueal difuso, los elementos de vaso con placas de perforación simple y las punteaduras alternas. Las muestras estudiadas de esta especie tienen un menor número de vasos y menores longitudes que otros miembros de la familia (De la Paz-Pérez Olvera *et al.*, 2008). *Rhus virens* muestra la mayoría de los caracteres ya descritos para el género, excepto que esta especie no tiene canales resiníferos (Heimsch, 1940), sin embargo, los caracteres cuantitativos registraron valores menores que los presentes en otros miembros del género. *Hesperozygis marifolia* difiere de otras especies de este género por la ausencia de parénquima apotraqueal difuso, radios heterogéneos, tílides y cristales. Sin embargo, si tiene elementos de vaso con placas de perforación simple, punteaduras alternas y engrosamientos helicoidales (Ceja-Romero *et al.*, 2005).

Comparación entre especies del matorral submontano de San Luis Potosí

Los coeficientes de variación mayores para el diámetro de vasos y número de vasos, se registraron en *Quercus tinkhamii* y *Hesperozygis marifolia*, donde se puede observar que la longitud de los vasos es inversamente proporcional a su número. Los mayores valores para la longitud de fibras se presentó en las especies de *Eysenhardtia polystachya*, seguida por *Calliandra eriophylla*. En la figura 15 se observa claramente como la longitud y el grosor de las fibras no tienen una variación muy amplia, siendo *Dalea* la de menor diámetro y *Fraxinus* la de mayor diámetro. En la figura 16 se observa como *Quercus* y *Hesperozygis* tienen los valores mayores para el ancho de los radios uniseriados y multiseriados respectivamente, característica propia de su grupo taxonómico (Metcalf y Chalk, 1950).

Comparación de la anatomía de la madera de las especies del matorral submontano de San Luis Potosí con otras del estado de Puebla

Una característica que distingue a ambas comunidades vegetales es el porcentaje de porosidad anular. Sin embargo, ésta predomina en la madera de las especies que habitan en San Luis Potosí. La presencia de porosidad anular en más del 60% de las especies es un indicador de la

estacionalidad que marca la actividad del cámbium vascular posiblemente asociado a la falta de agua y las temperaturas mínimas que pueden provocar heladas (Larson, 1994). La formación y características de los anillos de crecimiento pueden estar asociadas con fenómenos ambientales y fisiológicos como mencionan Carlquist y Hoeckman (1985). Debe estudiarse la correlación entre la porosidad anular predominante en las especies de San Luis Potosí con las condiciones climáticas extremas, y comparar este atributo con las especies de Tehuacán, Puebla.

Tanto el número de vasos como su diámetro para San Luis Potosí mostraron una correlación negativa y significativa como en otros estudios (Carlquist y Hoeckman, 1985; Carlquist, 2001; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006). Además, las especies de este matorral comparten la presencia de abundantes vasos dispuestos en grupos en la madera tardía. Estos tres atributos número de vasos bajo, diámetro de los vasos angostos y vasos agrupados, son caracteres convergentes que aseguran el transporte del agua en las especies de San Luis Potosí. Tanto el número de vasos como su diámetro es superior en las especies de Tehuacán, Puebla; sin embargo, se considera que el registro de 269 μm para el diámetro de los vasos puede ser un error tipográfico ya que a la fecha no se han reportado diámetros tan amplios en especies de zonas áridas, dicho diámetro corresponde a lianas de selvas húmedas (Gutiérrez *et al.*, 2009).

Con respecto a la longitud de los elementos de vaso y de las fibras, son mucho más cortas en las maderas de las especies de San Luis Potosí que en las de Puebla. Este comportamiento es alométrico y posiblemente se debe a que los arbustos en San Luis Potosí son de menor altura (Terrazas *et al.*, 2008). El 100% de las especies estudiadas en este trabajo tiene fibras con paredes gruesas a muy gruesas, que le confieren una alta densidad. Esta característica la comparten las maderas del MSM de San Luis Potosí con las especies del matorral de Tehuacán, Puebla, atributo que distingue a las especies de comunidades áridas (Baas y Carlquist, 1985; Chávez *et al.*, 2010). Chávez *et al.* (2010) señalan que las paredes de fibras con mayor grosor se encuentran en localidades más secas.

Algunos trabajos relacionan las características anatómicas de la madera de diferentes comunidades vegetales con el clima (Baas y Carlquist, 1985; Barajas-Morales, 1985, Carlquist y Hoekman, 1985, Fahn *et al.*, 1986; Aguilar-Rodríguez y Castro, 2006, Aguilar *et al.*, 2014), observando que en ambientes secos los elementos de vaso y fibras tienden a ser más cortos que en los ambientes con mayor humedad (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2001) como se registró en este estudio y que además se relaciona con la altura de los individuos de dicha comunidad vegetal. El promedio del diámetro de los vasos de un bosque seco es mucho más estrecho que el de un bosque húmedo (Barajas-Morales, 1985). Se ha observado que en las comunidades xerófilas y chaparral, los vasos son más numerosos (Baas y Carlquist, 1985), así ocurre en las especies de Tehuacán, Puebla, pero no en las de San Luis Potosí. Las placas de perforación escalariformes son propias de especies que se desarrollan en condiciones menos áridas que las

de chaparral (Baas y Carlquist, 1985), éstas no se observaron en las maderas de la comunidad estudiada.

La relación entre factores ambientales y atributos anatómicos de la madera ha permitido elaborar hipótesis sobre las estrategias adaptativas y el origen de la diversidad anatómica de la madera (Baas y Miller, 1985). De acuerdo con las características de las maderas aquí estudiadas, el 95% de las especies tiene una longitud de vasos $>250 \mu\text{m}$, el 99% del diámetro de los vasos es $>50 \mu\text{m}$. El 70% de las especies tiene porosidad anular. En las especies estudiadas en este trabajo, existen ciertas convergencias de acuerdo al ambiente seco del matorral submontano.

En conclusión este trabajo concuerda con las investigaciones previas de otros autores de que muchas de las estructuras de la madera convergen de acuerdo a la comunidad vegetal donde habitan para asegurar la conducción del agua.

LITERATURA CITADA

- Alanís G. J., Guzmán M. A., González M. y Cano G. 1995. Flora Representativa de Chipinque. Árboles y Arbustos, 1era. Parte. Impresora Monterrey, S. A. de C. V. Monterrey, N. L.
- Alanís G. J., Cano, G. y Rovalo M. 1996. Vegetación y Flora de Nuevo León. Una Guía Botánico-Ecológica. Impresora Monterrey, S. A. de C. V. Monterrey, N. L.
- Abundiz B. L., Barajas M. J. y Lezama T. P. 2004. Árboles y Arbustos del Matorral Xerófilo de Tehuacán Puebla, Publicaciones especiales del Instituto de Biología 19, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Aguilar A. 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.
- Aguilar-Rodríguez S. y Barajas-Morales J. 2005. Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico evolutivo. Boletín de la Sociedad Botánica de México 77: 51-58.
- Aguilar R. S. y Castro P. J. 2006. Anatomía de madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México. Madera y Bosques 12: 95-115.
- Aguilar-Rodríguez S., Abundiz B. L. y Barajas M. J. 2001. Comparación de la gravedad específica y características anatómicas de la madera de dos comunidades vegetales en México, Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica 72: 171-185.
- 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.
- Baas P. y Carlquist S. 1985. A comparison of the ecological wood anatomy of the floras of southern California and Israel. IAWA Bulletin new series 6: 349-353.
- Baas P. y Miller R.B. 1985. Functional and ecological Wood anatomy some introductory comments. IAWA Bulletin new series 6: 281-282.
- Barajas-Morales J., 1980. Anatomía de maderas de México, N° 3. Diez especies del bosque caducifolio de las cercanías de Xalapa, Veracruz, México. Biotica 5: 23-40.
- Barajas-Morales J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forest in Mexico. IAWA Bulletin new series 6: 355-364.
- Barajas-Morales J. y León Gómez C. 1989. Anatomía de Maderas de México: Especies de una Selva Baja Caducifolia, Vol.1. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Barajas-Morales J., Ángeles Álvarez G. y Solís Sánchez P. 1997. Anatomía de Maderas de México: Especies de una Selva Alta Perennifolia I. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología 16, Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.

- Canizales-Velázquez, P.A., Alanís R. E., Aranda-Ramos R., Mata-Balderas J.M., Jiménez-Pérez J., Alanís-Flores G., Uvalle-Sauceda J.I., Ruíz-Bautista M.G. 2009. Caracterización estructural del matorral submontano de la Sierra Madre Oriental Nuevo León, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15: 115-120.
- Carlquist S. 1958. The woods and flora of the Florida Keys. *Compositae. Tropical Woods* 109: 1-37.
- Carlquist S. 2001. *Comparative Wood Anatomy Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood*. Springer Series in Wood Science, New York.
- Carlquist S. 2005. Wood anatomy of Krameriaceae with comparisons with Zygophyllaceae: phylogeny, ecology and systematics. *Botanical Journal of the Linnean Society* 149: 257-270.
- Carlquist S. y Hoeckman D. 1985. Ecological wood anatomy of the woody southern Californian Flora. *IAWA Bulletin new series* 6: 319-347.
- Carmona V. T.F. 1979. Características histológicas de la madera de 4 especies del bosque caducifolio. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F.
- Chávez R. D., Aguilar-Rodríguez S. y Terrazas T. 2010. Variación anatómica de la madera de *Quercus obtusata* (Fagaceae). *Madera y Bosques* 16: 69-87.
- Ceja-Romero J., De la Paz Pérez-Olvera C. y Rivera-Tapia J. 2005. Anatomía de la madera de las especies mexicanas de *Salvia* sección *Erythrostachys* Epl. (Lamiaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 76: 53-59.
- De la Paz Pérez- Olvera C., Mendoza-Aguirre M., Ceja-Romero J. y Pacheco L. 2008. Anatomía de la madera de cinco especies de la familia Rosaceae. *Madera y Bosques* 14: 81-105.
- Fahn, A., Werker, E. y Baas P. 1986. *Wood Anatomy of Trees and Shrubs from Israel and Adjacent regions*. Israel Academy of Sciences Press, Jerusalem.
- Gutiérrez M., San Miguel-Chávez R. y Terrazas T. 2009. Xylem conductivity and anatomical traits in diverse lianas and small tree species from a tropical forest of Southwest Mexico. *International Journal of Botany* 5:279-286.
- Heimsch, C. Jr. 1940. Wood anatomy and pollen morphology of *Rhus* and allied genera. *Journal of the Arnold Arboretum* 21: 279-291.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bulletin new series* 10:219-332.
- Larson P. R. 1994. *The Vascular Cambium*. Springer-Verlag. New York.
- León H., W. J. 2007. Anatomía de madera en 31 especies de la subfamilia Mimosoideae (Leguminosae) en Venezuela. *Colombia Forestal* 11: 113-136.
- León H., W. J. 2009. Anatomía de la madera de 20 especies de lianas del lote boscoso el Dorado Tumeremo (estado Bolívar, Venezuela). *Ernstia* 19: 137-170.
- Martínez-Cabrera D., Terrazas T. y Zavala F. 2003. Arquitectura foliar y anatomía de la corteza y madera de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (Fagaceae). *Boletín de Sociedad Botánica de México* 73: 63-72.
- Martínez-Cabrera D., Terrazas T., Ochoterena H. y López-Mata L. 2010. Bark and wood anatomy of the tribe Hamelieae (Rubiaceae). *IAWA Journal* 31: 425-442.

- Metcalfe C. R. y Chalk L. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons*. 1st ed., Clarendon Press, Oxford.
- Palacio J. L., Bocco G., Velázquez A., Mas J. F., Takaki F., Victoria A., Luna L., Gómez G., López J., Palma M., Trejo I., Peralta A., Prado J., Rodríguez A., Mayorga R. y González F. 2000. La condición actual de los recursos forestales en México: resultados del Inventario Forestal Nacional. *Boletín del Instituto de Geografía* 43: 183-203.
- Panshin, A. J. y Zeeuw, C. 1980. *Textbook of Wood Technology*. 4th ed.. McGraw-Hill Book Company, New York.
- Patel R. N. 1975. Wood anatomy of the dicotyledons indigenous to New Zealand. *New Zealand Journal of Botany* 13: 131-140.
- Pérez-Olvera C. P., Vélez-Jiménez S. y Ceja-Romero J. 2006. Anatomía de la madera de ocho especies de *Quercus* (Fagaceae) de Oaxaca, México. *Madera y Bosques* 12: 63-94.
- Rzedowski J., 1956. Notas sobre la flora y la vegetación del Estado de San Luis Potosí. III. Vegetación de la región de Guadalcazar. *Anales del Instituto de Biología* 27: 1-228.
- Rzedowski J., 2006. *Vegetación de México*. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- SAS Institute. 2008. SAS® 9.1; Users Guide Statistics Inc., Cary, North Carolina.
- Scholz A., Stein A., Choat B. y Jansen S. 2014. How drought and deciduousness shape xylem plasticity in three Costa Rican woody plant species. *IAWA Journal* 35: 337-483.
- Terrazas-Salgado T. 1988. Síntesis histórica de los estudios de la anatomía de la madera en México. *Agrociencia* 71:43-58.
- Terrazas T., Aguilar-Rodríguez S. y López-Mata L. 2008. Wood anatomy and its relation to plant size and latitude in *Buddleja* L. (Buddlejaceae). *Interciencia* 33: 46-50.
- Valencia-Avalos S. y Barajas-Morales J. 1995. Comparación de la anatomía de la madera de *Quercus affinis* y *Q. laurina* (Fagaceae). *Anales Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 66: 113-131.