



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**ANATOMÍA DE LA MADERA DE ESPECIES DE UNA
REGIÓN DE VALLE DE BRAVO Y ZONAS
ALEDAÑAS DEL ESTADO DE MÉXICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

MICHELLE CASTILLO SÁNCHEZ



**DIRECTORA DE TESIS:
Dra. en C. SILVIA AGUILAR RODRÍGUEZ**

Los Reyes Iztacala, Tlalnepantla, Edo. de México,
2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mis papás que me han apoyado siempre, gracias a su apoyo pude terminar esta licenciatura, por creer en mí y haber invertido en mis estudios, prometo firmemente hacer valer esto cada día.

Gracias mami por educarme de esta manera, nadie nace aprendiendo a educar a un hijo más sin embargo para mí es excelente, sin esto yo no hubiera tenido las agallas de terminarla, esta tesis es especialmente para ti.

A mis hermanas Diana y Adilene que me han soportado y apoyado tal cual soy, por su ayuda cuando era pequeña a terminar mis tareas, gracias por soportar esos desvelos, por apoyarme en mis decisiones, gracias a esos pequeños detalles hoy tengo esta tesis terminada.

Abuelita esto es un gran logro de todo lo bello que ha hecho con sus hijos, es un ejemplo a seguir como abuelita y como mujer usted contribuyo a que terminara esta licenciatura.

Y no me olvido de ti, tío Martin que me ayudaste en el trascurso de todos mis estudios, gracias por explicarme esas tareas que no entendía, sin esto no hubiera sido fácil, gracias por desvelarte conmigo para explicarme las cosas que no entendía, fuiste y sigues siendo un gran ejemplo para mí como persona y como profesional.

Y no podría olvidarme de una persona especial, que me ha amado tal cual como soy, que me ha ayudado y apoyado incluso en la distancia, que me ha dado valor para tomar decisiones por esta siempre cuando lo he necesitado, gracias David.

Gracias a toda mi Familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Dr. Silvia Aguilar Rodríguez por la dirección y por darme la oportunidad de realizar este trabajo, por tener paciencia conmigo, por su dedicación y su tiempo invertido en esta tesis.

Al Dr. Daniel Tejero por sus correcciones, por su asesoría en mi determinación de las especies y en la zona de estudio, y por su tiempo invertido en esta tesis.

A la maestra Leonor Abundiz, no solo por ser parte de mi jurado si no porque también formó parte de mi formación como Bióloga, gracias a esas clases de método me di cuenta que me encantan las plantas.

A la maestra Edith López por formar parte de este jurado y por su tiempo invertido en revisar esta tesis,

A Dalia Grego por su ayuda en el laboratorio, por su enseñanza y por formar parte de mi jurado, aprendí mucho de ti como persona y como profesional, gracias.

A los compañeros de laboratorio tanto tesistas del Dr. Daniel Tejero como a los de la Dr. Silvia Aguilar, en especial a Rosy por orientarme cada que lo necesitaba, por acompañarme esas vacaciones en el laboratorio, eres una excelente persona.

A mi amigo Raymundo que me ayudo a conseguir muchos de los artículos que necesite para esta tesis, a mis compañeros y amigos de carrera, en especial Daniela, Aarón, Liliana, Juan y Sandy, gracias por formar parte de esta bella experiencia, por ultimo a D.I. David Soriano quien me ayudo con la edición de mis fotos.

INDÍCE

RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
ANTECEDENTES	9
OBJETIVOS	11
MÉTODOS	12
Características de la zona de estudio	12
Ubicación geográfica	13
Trabajo de campo	13
Trabajo de laboratorio	14
RESULTADOS	16
ASTERACEAE <i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	16
BETULACEAE <i>Alnus acuminata</i> Kunth	19
<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	22
CLETHRACEAE <i>Clethra hartwegii</i> Britton	25
ERICACEAE <i>Agarista mexicana</i> (Hemsley) W.S. Judd	28
FABACEAE <i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standl	31
<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose	34
PENTAPHYLACACEAE <i>Ternstroemia lineata</i> DC	37
POLYGALACEAE <i>Monnina ciliolata</i> [Moc. & Sesse] ex DC	40

ROSACEAE <i>Crataegus mexicana</i> Moc. & Sesse ex DC	43
SYMPLOCACEAE <i>Symplocos citrea</i> Lex	46
STYRACACEAE <i>Styrax ramirezii</i> Greenman	49
SCROPHULARIACEAE <i>Buddleja cordata</i> Kunth	52
SALICACEAE <i>Populus simaroa</i> J.Rzedowski	55
<i>Salix discolor</i> Muhl	58
DISCUSIÒN	64
CONCLUSIÒN	75
LITERATURA CITADA	76
TABLAS	88
Características de anillos de crecimiento	88
Características de elementos de vaso	89
Características de los vasos	91
Características de parénquima axial	92
Características de parénquima radial	14
ANEXO	95

RESUMEN

Los trabajos sobre anatomía de madera presentan numerosos enfoques incluyendo aquellos sobre diversidad anatómica. Sus aplicaciones en campos de la anatomía ecológica y sistemática se han llevado a cabo para inferir adaptaciones al ambiente, así como para esclarecer convergencias estructurales. El bosque mesófilo de montaña (también conocido como bosque húmedo de montaña BHM) es un tipo de vegetación que ocupa un espacio reducido dentro de México (1%) pero cuenta con gran diversidad en especies leñosas, las cuales han sido poco descritas. En el presente estudio se describe y se contrasta la anatomía de la madera de 15 especies de una región de Valle de Bravo y zonas aledañas del Estado de México. Los resultados muestran porcentajes sobresalientes en algunos caracteres como son: la porosidad difusa, vasos con diámetro pequeño, elemento de vaso con longitudes de medianas a largas, placas de perforación simple, radios heterogéneos, fibras de pared gruesa, así como punteaduras intervasculares alternas. Se comparan estos resultados con los obtenidos para otras localidades.

INTRODUCCIÓN

Los caracteres del xilema secundario (madera) aportan un conjunto de datos de gran valor en varias áreas de la botánica; como en las ciencias forestales, la sistemática y evolución, entre otros. En México, los estudios anatómicos de la madera se iniciaron formalmente a partir de los años 50, con un enfoque primario en sus usos reales o potenciales (Terrazas, 1988). Por ello, la mayoría de las especies analizadas presentaban propiedades del fuste deseables para la utilización de su madera. Sin embargo, a lo largo del tiempo también se han abordado otros tópicos, entre los que se encuentran los taxonómicos y los que tienen algún enfoque eco-anatómico; en éstos se incluyen especies que inicialmente no se tomaban en cuenta (Aguilar-Alcántara, *et al.*, 2014; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Pérez, *et al.*, 2008; Martínez-Cabrera *et al.*, 2015; Montaña-Arias *et al.*, 2016). Este último tipo de trabajos, puede aportar información a nivel de floras con la finalidad de dar a conocer posibles convergencias estructurales (Santana *et al.*, 2014). En ellos se analiza la variación anatómica en especies leñosas para encontrar relaciones que puedan ser consideradas estrategias adaptativas (Grigore y Toma, 2005; Araque y León, 2006). A pesar del impacto positivo que este tipo de interpretaciones tiene en varios de los campos del conocimiento ya mencionados, la mayoría de las especies leñosas que habitan los bosques mexicanos no han sido estudiadas y las del bosque mesófilo de montaña (BMM), también llamado bosque húmedo de montaña (BHM; Villaseñor, 2010) son un ejemplo de ello.

En Valle de Bravo y Temascaltepec se presentan relictos o manchones de bosques templados húmedos, confinados a montículos aislados donde las formaciones florísticas han sido perturbadas en diferentes grados por la tala clandestina, el cambio de uso de suelo y los incendios forestales. Por ejemplo, en Temascaltepec se presentan varios tipos de bosque, los cuales en sus partes elevadas existen establecimientos humanos que arrojan su basura al fondo de cañadas (Rojas-Zenteno *et al.*, 2016).

Los datos que se obtengan en este trabajo, de las diferencias/similitudes de las características microscópicas de la madera de un conjunto de sus especies pertenecientes a diferentes grupos taxonómicos, pueden apoyar en estudios taxonómicos y ecológicos, así como entender la posible presencia de grupos funcionales que atañen aspectos ecosistémicos (Córdova-Tapia y Zambrano, 2015); en este sentido, la madera se considera un servicio de aprovisionamiento dentro del entorno, ya que provee de bienes o materias primas.

ANTECEDENTES

Estudios anatómicos de la madera de algunas de las especies estudiadas en el presente trabajo las incluye López (1997); Aguilar-Rodríguez *et al.* (2001); Aguilar-Rodríguez y Terrazas (2001); Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales (2005); Aguilar-Rodríguez *et al.* (2006); Pérez-Olvera *et al.* (2008); Aguilar-Alcántara *et al.* (2014) y Segundo-Pineda (2016; Cuadro 1).

Si se toma en cuenta que Ruiz-Jiménez *et al.* (2012) registran 83 localidades de BMM en el país, con alrededor de 181 especies arbóreas y que éstas pueden diferir de una comunidad a otra (González-Espinoza *et al.*, 2012), es evidente la escases de información que aún existe sobre la anatomía de la madera de sus especies (Pérez y Quintanar, 1994; Quintanar Isaías *et al.*, 1998; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Ramírez-Ferreiro, 2015; Segundo-Pineda, 2016; Ravel-Gleasson, 2017). De acuerdo al registro que se tiene de los estudios anatómicos, en diferentes trabajos ciertas especies han sido descritas más de una vez; sin embargo, cabe resaltar que ello puede contribuir significativamente al conocimiento de la posible variación entre individuos de la misma especie.

Cuadro 1. Estudios anatómicos de madera del bosque mesófilo de montaña de México de algunas de las especies que coinciden con el presente trabajo. 1= Pérez-Olvera y Quintanar (1994); 2= López (1997); 3= Quintanar *et al.* (1998); 4= Aguilar-Rodríguez *et al.* (2001); 5= Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales (2005); 6= Aguilar-Rodríguez y Terrazas (2006); 7= Aguilar Rodríguez y Castro-Plata (2006); 8= Pérez-Olvera *et al.* (2008); 9= Aguilar-Alcántara *et al.* (2014); 10= Aguilar-Alcántara *et al.* (2014); 11= Segundo-Pineda (2016); 12= Ravel-Gleason (2017).

<i>Autor</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Agarista mexicana		X										
Alnus acuminata	X	X		X								
Carpinus caroliniana		X		X	X							
Salix discolor		X		X								
Simplocos citrea		X		X	X						X	
Buddleja cordata					X	X			X			
Crataegus mexicana								X				
Acaciella angustissima									X		X	
Clethra hartwegii	X		X								X	
Monnina ciliolata											X	
Styrax sp.							X					
Monnina sp.												X
Ternstroemia sp.							X					

OBJETIVOS

Describir los caracteres cuantitativos y cualitativos del xilema secundario de 15 especies que crecen en bosques húmedos de la cuenca de Valle de Bravo del Estado de México, con ello se pretende:

- Contrastar los caracteres anatómicos de la madera de las especies estudiadas, además,
- Interpretar caracteres microscópicos de la madera en función de algunos aspectos climáticos de los sitios de colecta.

MÉTODOS

Características de la zona de estudio. Se muestran en el cuadro 2 y en la figura 1.

Cuadro 2. Lugares de recolecta de tres zonas de la cuenca de Valle de Bravo. BTH =Bosque templado húmedo; *= Pérez-Navarrete (2017); **= INEGI (2009).

Lugar de colecta	Coordenadas	Altitud (msnm)	Tipo de suelo	Clima	Vegetación	Precipitación anual (mm)	Hidrografía
Valle de Bravo: Los Álamos	19°10'33.9'' N 100°04'32.02''O	2,118	Andosol y Acrisol con los subtipos húmico y órtico *	Templado húmedo o subhúmedo *	BTH	2,057	Balsas Cuenca Miguel Alemán de Valle Bravo
Valle de Bravo: Atesquelites	19°9'13.6'' N 99°58'53''O	2,613			BTH		
Temascaltepec	19°10'12.8''N 99°57'30'' O	2,918	Dominan Andosol, Cambisol, Phaeozem y Luvisol **	Templado subhúmedo con lluvias en verano**	Bosque de <i>Abies/Pinus</i> de la reserva de la Mariposa Monarca, Piedra Herrada	700 – 900	Balsas Cuenca R. Cutzamala R. Grande de Amacuzac

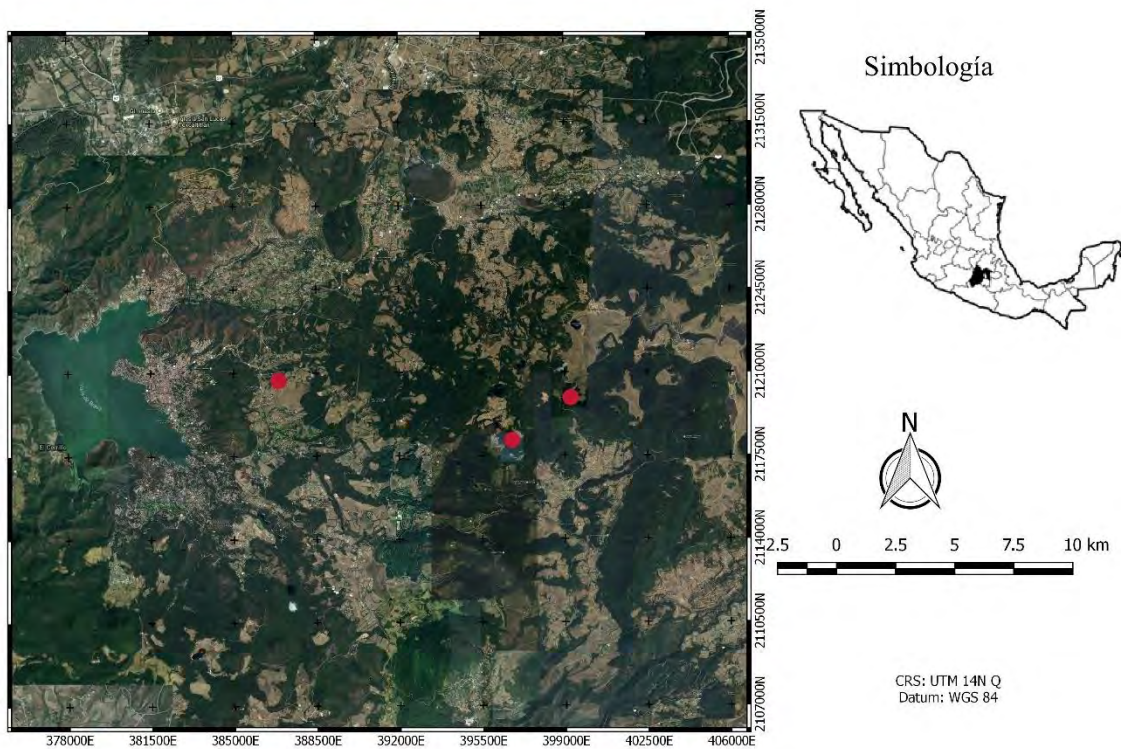


Figura 1. Ubicación de zona de estudio (Fuente: Google Earth. Image 2018 Digital).

Trabajo de campo

En cada localidad se obtuvo una muestra de madera del tronco principal, a una distancia del suelo de 1,30 cm para árboles y a nivel del suelo para los arbustos. Todas las muestras se fijaron en formol-alcohol ácido acético glacial (FAA, 0.5:9:0.5). Se recolectó material con flores y/o frutos de los mismos individuos de los que se tomó la muestra de madera.

Determinación taxonómica de los ejemplares. El material de referencia obtenido en campo se herborizó y se determinó con claves especializadas (Cuadro 3). Los nombres científicos se corroboraron por medio de la comparación con ejemplar tipo en Justor

Global Plants (plants.jstor.org). Los ejemplares de referencia se depositaron en el Herbario IZTA.

Trabajo de laboratorio

En el laboratorio, las muestras de madera se lavaron y conservaron en una solución ablandadora de glicerina-alcohol etílico- agua (GAA, 1:2:3) hasta su corte. Posteriormente se obtuvieron dos cubos de madera de 2 cm a 3 cm de cada lado, aproximadamente. Dichos cubos se cortaron con un micrótopo de deslizamiento en los planos transversal, tangencial y radial a 20 - 30 μm de grosor aproximadamente. Los cortes obtenidos fueron previamente desengrasados y lavados con agua; la mitad de los cortes se aclaró con cloro al 50%. Los cortes aclarados y los no aclarados se sometieron a una deshidratación gradual a partir de alcohol al 50% hasta el 96%, seguido de esto se tiñeron en una solución alcohólica de safranina y a continuación con una solución de alcohólica de verde rápido; se aclararon con xilol y finalmente se montaron en resina sintética (Ruzin, 1999). Las descripciones se llevaron a cabo con base en lo recomendado por la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989). Para calificar la longitud y grosor de pared de fibras se tomaron además los criterios de la IAWA Committee (1937) y de Chattaway (1932). El parénquima radial se clasificó de acuerdo con el criterio de Kribs (1935). Para asignar una categoría al grosor de la pared de las fibras, se modificó la propuesta de la Asociación Internacional de los Anatomistas de la Madera (IAWA Committee, 1989), teniendo aquellas especies con < 25% como muy delgadas, 26-35% delgadas, 36-50% gruesa y >50% muy gruesa; para lo cual se aplicó la siguiente relación: $2\text{gp}/\text{DT} \times 100$.

Cuadro 3. Especies estudiadas. Los números de colecta corresponden a Silvia Aguilar. ¹Atesquelites, Valle de Bravo; ²Los Álamos, Valle de Bravo; ³Temascaltepec. *D.A. P=diámetro a la altura del pecho.

Familia	Especie	No. de colecta (localidad)	D.A.P* (cm)	Altura (m)	Hábito
Asteraceae	<i>Roldana angulifolia</i> (DC.) H. Rob. & Brettell	628 ⁽¹⁾	20	5	Arbusto
Betulaceae	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	624 ⁽²⁾	74	15	Árbol
	<i>Carpinus caroliniana</i> Walter	616 ⁽²⁾	66	12-15	Árbol
Clethraceae	<i>Clethra hartwegii</i> Britton	617 ⁽²⁾	50	10-12	Árbol
Ericaceae	<i>Agarista mexicana</i> (Hemsley) W.S. Judd	614 ⁽²⁾	65	6	Árbol
Fabaceae	<i>Calliandra houstoniana</i> (Mill.) Standl.	610 ⁽²⁾	0.8	---	Arbusto
	<i>Acaciella angustissima</i> (Mill.) Britton & Rose	615 ⁽²⁾	1.6	1.5	Arbusto
Pentaphylacaceae	<i>Ternstroemia lineata</i> DC.	609 ⁽²⁾	50	7-9	Árbol
Polygalaceae	<i>Monnina ciliolata</i> [Moc. & Sesse] ex DC.	611 ⁽²⁾	1	---	Arbusto
Rosaceae	<i>Crataegus mexicana</i> Moc. & Sesse ex DC.	626 ⁽¹⁾	32	9-11	Árbol
Symplocaceae	<i>Symplocos citrea</i> Lex.	612 ⁽²⁾	3.7	---	Árbol
Styracaceae	<i>Styrax ramirezii</i> Greenman	613 ⁽²⁾	---	5	Árbol
Scrophulariaceae	<i>Buddleja cordata</i> Kunth	625 ⁽¹⁾	3.2	15-17	Árbol
Salicaceae	<i>Populus simaroa</i> J. Rzedowski	627 ⁽¹⁾	41	---	Árbol
	<i>Salix discolor</i> Muhl.	630 ⁽³⁾	79	7-9	Árbol

Resultados

A continuación, se describen detalladamente las características cuantitativas y cualitativas de los anillos de crecimiento, elementos vasculares y parénquima de cada especie (Figuras 2-16); además, dichos caracteres se resumen en los cuadros 4-8.

ASTERACEAE

Roldana angulifolia (DC.) H. Rob. & Brettell

Hábitat y distribución: Crece preferentemente en los lugares mas húmedos y sombreados de las zonas montañosas. En bosques de *Abies*, *Pinus* y *Quercus*, mesófilos de montaña y en algunos matorrales secundarios. Se distribuye desde Sinaloa, Durango, San Luis Potosí hasta Chiapas. Altitud: 2500-4000 m s.n.m. (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características morfológicas: Arbusto de 1 a 3 m de alto, caducifolios, poco ramificados, hojas con pecíolos de 2 a 14 (26) cm de largo, láminas subordiculares, subpalmatinerves, de 3 a 15 (20) cm de largo de 2 a 20 (28) cm de ancho, márgenes regularmente 5 a 8-lobulados, con el borde denticulado-mucronado, ocasionalmente subpeltadas, cordadas en la base, hirsuto-puberulentas en el haz, tomentulosas en el envés, hojas superiores reducidas y bracteiformes, sésiles o cortamente pecioladas (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características microscópicas: (Figura 2A-H).

Anillos de crecimiento. Intermedios, las fibras de la madera tardía con paredes ligeramente más gruesas y aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa; contornos ligeramente angulosos, principalmente agregados formando cadenas radiales de hasta 5, en zonas alejadas a la corteza el número de vasos que forman las cadenas aumenta hasta 12, la mayoría de los vasos con tílides, muy numerosos con $58/\text{mm}^2$, muy pequeños con $49 \pm 8 \mu\text{m}$ (36- 65 μm) de diámetro, elementos de vaso medianos con $450 \pm 27 \mu\text{m}$ (414-498 μm) de longitud; placas de perforación simples con inclinación de 30 a 60°; punteaduras intervasculares alternas, de 6 μm de diámetro y radiovasculares no evidentes.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y unilateral, apotraqueal difuso; escaso.

Parénquima radial. Pocos radios, 3/mm; paedomórficos tipo II, multiseriados de 3 (2) a 8 células de ancho, son muy altos.

Fibras. Con punteaduras pequeñas areoladas, moderadamente cortas con $877 \pm 71 \mu\text{m}$ (736-976 μm) de longitud, pared gruesa con 5 μm de espesor, diámetro total promedio de $28 \pm 4 \mu\text{m}$. Se presentan fibras nucleadas.

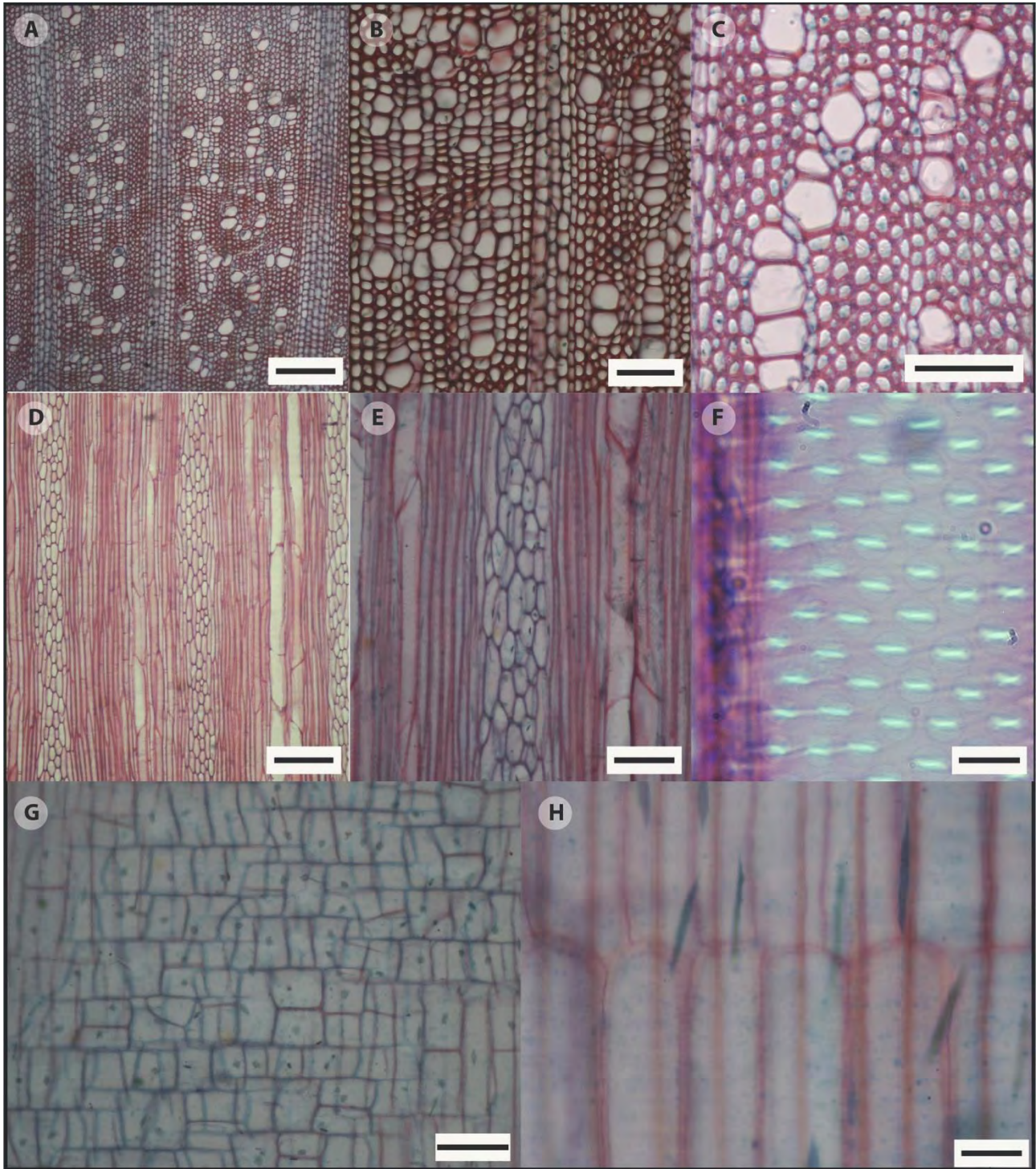


Figura 2. *Roldana angulifolia*. A-C vistas transversales. C. parenquima axial paratraqueal unilateral. D-F vistas tangenciales. G,H. vistas radiales. H. fibras nucleadas. Escalas: A, C, F, y H= 100 μm , B y D=250 μm , E=10 μm , G=25 μm .

BETULACEAE

Alnus acuminata Kunth

Hábitat y distribución: Crece en suelos pobres y degradados debido a que es capaz de fijar nitrógeno en los nódulos de la raíz. Se puede encontrar en laderas montañosas muy inclinadas, prospera en la riberas de los ríos y en pendientes húmedas. Se distribuye desde México a Perú, Bolivia y Argentina. Altitud: 1300 -3000 m s.n.m (CATIE, 1995).

Características morfológicas: Árbol hasta de 20 ó 30 m de altura, monoicos, caducifolios, ramas lisas de coloración café rojizo, hojas con pecíolo de 0.5 a 3.5 cm de largo, lámina ovada a oblongo-ovada, de 3.5 a 15 cm de largo por 2 a 9 cm de ancho, ápice acuminado a redondeado, margen doblemente aserrado, base cuneada o redondeada, haz glabro, envés glabro o ligeramente piloso (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características microscópicas: (Figura 3A-H).

Anillos de crecimiento. Conspicuos, delimitados por una banda angosta de hasta 6 a 12 células de fibras con paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa; contornos redondeados a ligeramente angulosos, solitarios y en grupos de 2 a 6 en cadenas radiales, muy numerosos con $45/\text{mm}^2$; pequeños, con $79 \pm 6 \mu\text{m}$ (67-91 μm) de diámetro; elementos de vaso moderadamente largos con $898 \pm 68 \mu\text{m}$ (804-991 μm) de longitud; placa de perforación escalariforme de 10-20 barras con inclinación de 48 a 74.3°; punteaduras intervasculares alternas poligonales, medianas con

8 μm de diámetro; punteaduras radiovasculares similares a las punteaduras intervasculares.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso; escaso.

Parénquima radial. Radios muy numerosos, 11/mm; homogéneos tipo III, principalmente uniseriados, escasos biseriados, formado por células procumbentes, muy bajos con $778 \pm 121 \mu\text{m}$ (632-993 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras simples, medianos con $1381 \pm 112 \mu\text{m}$ (1212-1551 μm) de longitud, pared delgada con 4 μm de espesor, diámetro de $31 \pm 4 \mu\text{m}$ (24-37 μm).

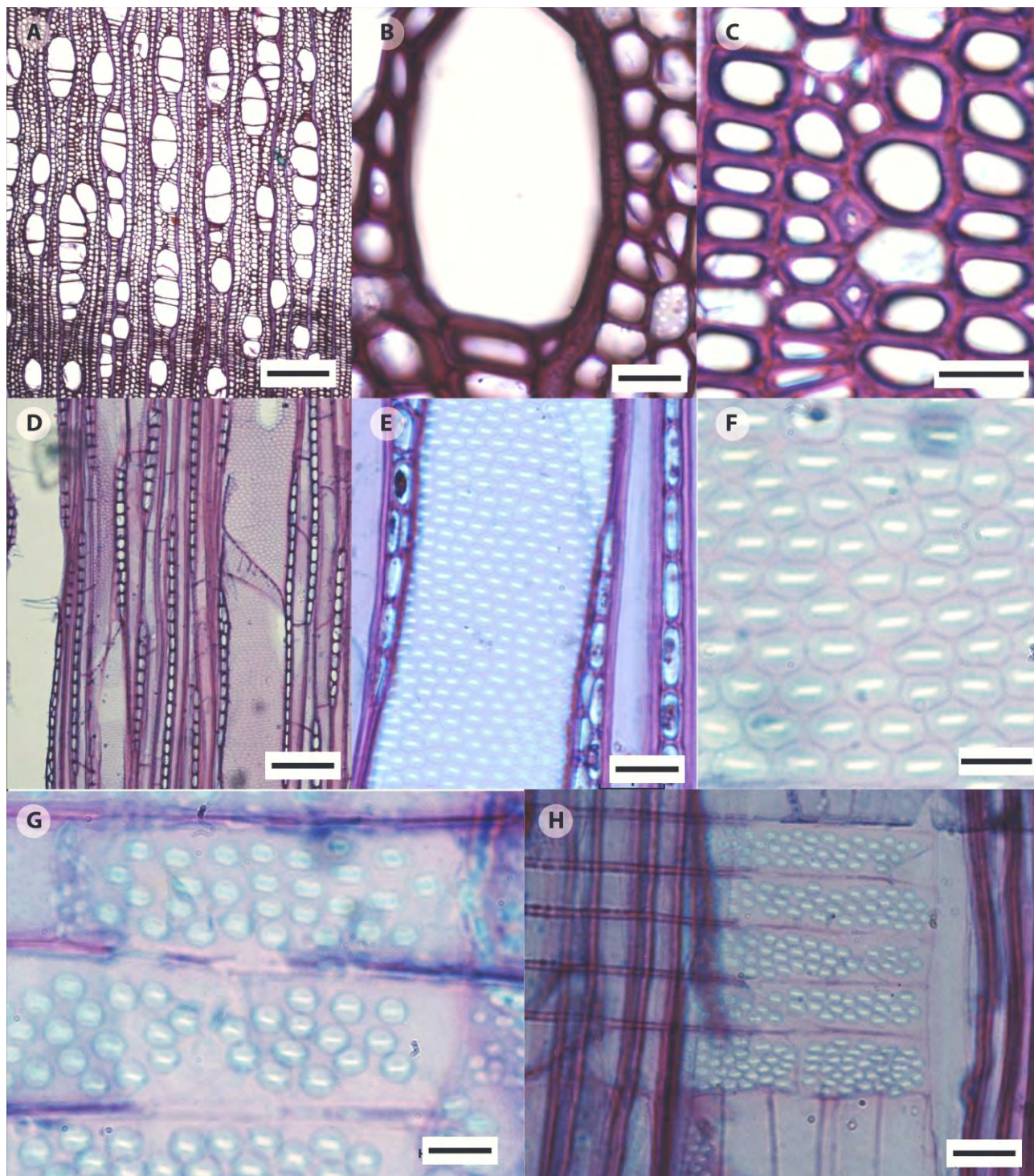


Figura 3. *Alnus acuminata*. A-C vistas transversales. B. parénquima apotraqueal. C. parénquima paratraqueal. D-F vistas tangenciales. G,H vistas radiales. Escalas: A= 250 μm , D = 100 μm , B, C, E y H=25 μm , F y G=10 μm .

Carpinus caroliniana Walter

Hábitat y distribución: Crece preferentemente en bosque mesófilo de montaña. Prospera en cañadas y barrancas, cerca de los arroyos con *Alnus* y *Fraxinus*. Se distribuye desde Chiapas, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Querétaro, Tamaulipas, Nuevo León y Michoacán. Altitud: 1350-2500 m s.n.m. (Luna, 2003).

Características morfológicas: Árboles de 4-12 m de altura, monoicos, caducifolios, ramas secundarias casi glabras. Hojas oblongas o angostamente ovadas, de 6-9 cm de largo, 2-4 cm de ancho, el haz esparcidamente adpreso-piloso en el nervio medio, glabro en el resto, el envés adpreso-piloso en el nervio medio y nervios principales o casi glabro, el margen regular y agudamente biserrado, el ápice largamente acuminado a agudo, la base aguda ampliamente redondeada a truncada o subcordada; nervación con 10 pares de nervios rectos, paralelos (Luna, 2003).

Características microscópicas: (Figura 4A-F).

Anillos de crecimiento. Conspicuos, delimitados por una banda angosta de 2-4 filas de fibras con paredes gruesas y radialmente aplanadas en la madera tardía.

Vasos. Porosidad difusa; contornos redondeados, solitarios y agrupados, en grupos radiales de 3 a 5 o más, muy numerosos con $39/\text{mm}^2$, pequeños $65 \pm 8 \mu\text{m}$ (51-78 μm) de diámetro; elementos de vaso medianos con $716 \pm 75 \mu\text{m}$ (560-824 μm) de longitud; placa de perforación simple, con inclinación de 38 a 69°, punteaduras intervasculares alternas con 11 μm de diámetro y radiovasculares con bordes reducidos o aparentemente simples.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso en agregados; abundancia regular.

Parénquima radial. Radios muy numerosos, 15/mm; radios agregados compuestos por radios estrechos, heterogéneos tipo I, multiseriados de 2 a 4 (5) células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 5 a 15 células cuadradas y/o procumbentes, pero más amplias que las del cuerpo, extremadamente bajos con $357 \pm 49 \mu\text{m}$ (295-470 μm) de alto; radios uniseriados formados por células erectas, bajos con $463 \pm 60 \mu\text{m}$ (317-575 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras simples, medianas con $1282 \pm 145 \mu\text{m}$ (1063 -1673 μm) de longitud, pared muy gruesa con 6 μm de espesor, diámetro de $23 \pm 3 \mu\text{m}$ (18-29 μm).

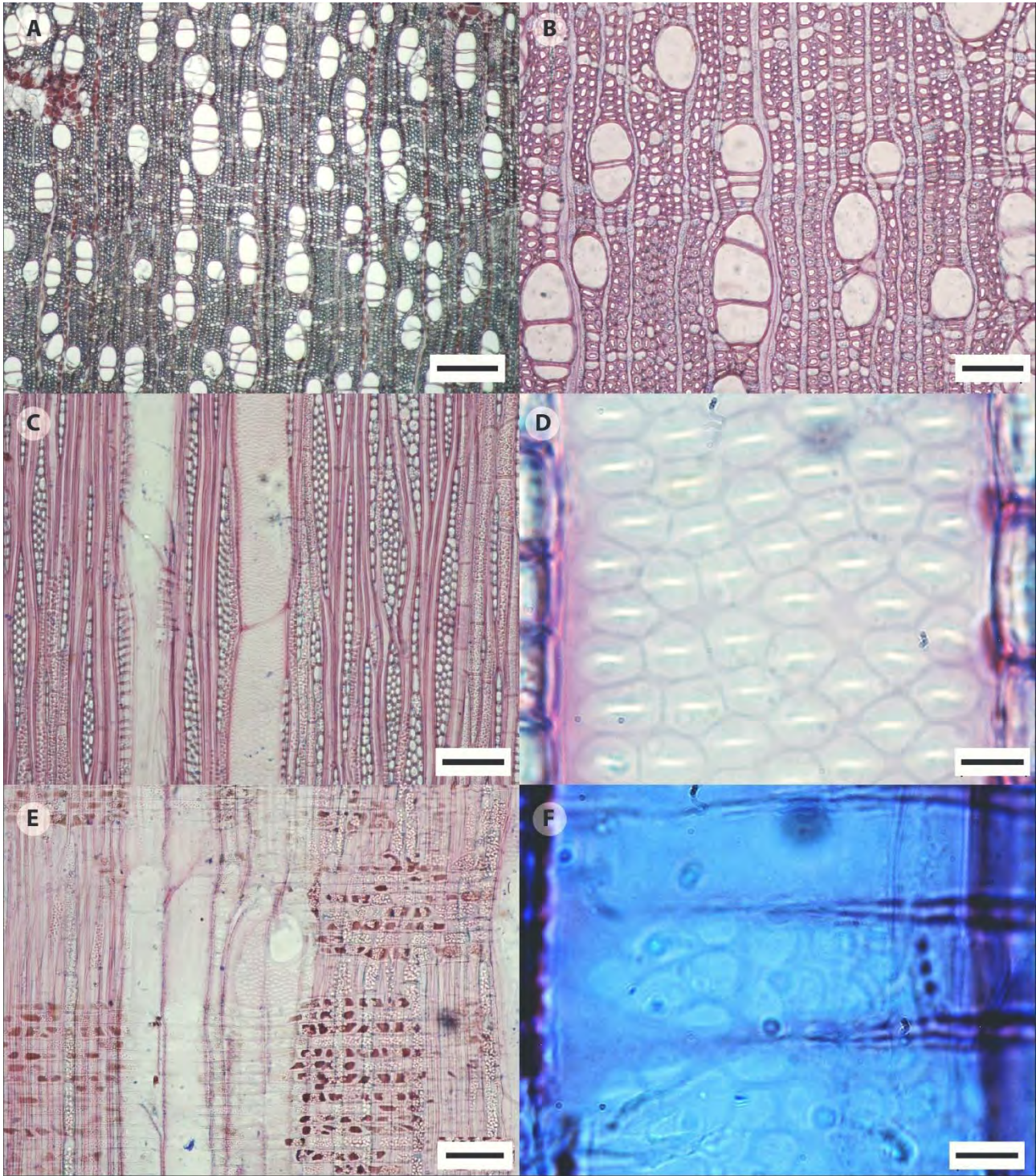


Figura 4. *Carpinus caroliniana*. A,B vistas transversales, B. parénquima apotraqueal difuso en agregados. C,D vistas tangenciales. E,F. vistas radiales, F. punteadura radiovasculares. Escalas: A= 250 μm , B, C y E= 100 μm , D y F=10 μm .

CLETHRACEAE

Clethra hartwegii Britton

Hábitat y distribución: Crece preferentemente en bosques húmedos de *Pinus* y *Quercus* y mesófilo de montaña, frecuente a orillas de veredas y otros sitios perturbados. Se distribuye en México, extendiendo al sur de Sonora a través de la sierra Madre Occidental, en Jalisco, desde ahí hacia el este a lo largo de la Faja Volcánica del Estado de México. Altitud: 1800-2800 m s.n.m (González-Villarreal, 2005).

Características morfológicas: Árbol o arbusto de 5-10 (30) m de alto, perennifolios, ramas delgadas, hojas alternas pecioladas, láminas foliares obovadas, oblanceoladas o a veces elípticas, casi siempre estrechándose de la mitad hacia la base, de (2.5) 8 a 12(20) cm de largo y de 1 (3) a 6 (10) cm de ancho ápice redondeado agudo o algo acuminado, base cuneada abruptamente redondeada u obtusa, márgenes entero, ondulados o con frecuencia aserrado-dentados, sobre todo en ramillas vigorosas laterales (11) 15 a 17 pares, rectas a ligeramente recurvado-ascendentes, papirácea o coriáceas, haz de color verde oscuro a verde pálido, casi siempre brillante, provisto de diminutos pelos estrellados esparcidos o casi siempre glabro excepto las venas principales, nervaduras central y nervaduras secundarias acanaladas, envés pálido a veces café-rojizo o café-amarillento, por lo general densamente cubierto de pelos estrellados cortos, compacto y además con pelos rojizos más largos (González-Villarreal, 1996).

Características microscópicas: (Figura 5A-H).

Anillos de crecimiento. Intermedios en ocasiones delimitados por una banda angosta de hasta 3 hileras de fibras con las paredes apenas aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa; contornos angulosos, principalmente solitarios y escasos en grupos de 2, numerosos con 29/mm²; pequeños con $74 \pm 7 \mu\text{m}$ (63 - 91 μm) de diámetro; elementos de vaso muy largos con $1351 \pm 132 \mu\text{m}$ (1130-1603 μm) de longitud; placa de perforación escalariformes de 20 a 40 barras, con inclinación de 62 a 84°, punteaduras intervasculares alternas con 5 μm de diámetro y punteaduras radiovasculares similar a las punteaduras intervasculares.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso ocasionalmente y apotraqueal difuso; escaso.

Parénquima radial. Radios numerosos, 8/mm; heterogéneos tipo II A, multiseriados de 4 a 6 células, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 2 a 5 células, radios extremadamente bajos con $313 \pm 41 \mu\text{m}$ (233 - 396 μm) de alto, radios uniseriados formados por células erectas, extremadamente bajos con $403 \pm 167 \mu\text{m}$ (216 - 739 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras areoladas, moderadamente largas con $2065 \pm 272 \mu\text{m}$ (1371 - 2458 μm) de longitud, pared gruesa con 9 μm de espesor, diámetro de $48 \pm 6 \mu\text{m}$ (38 - 58 μm).

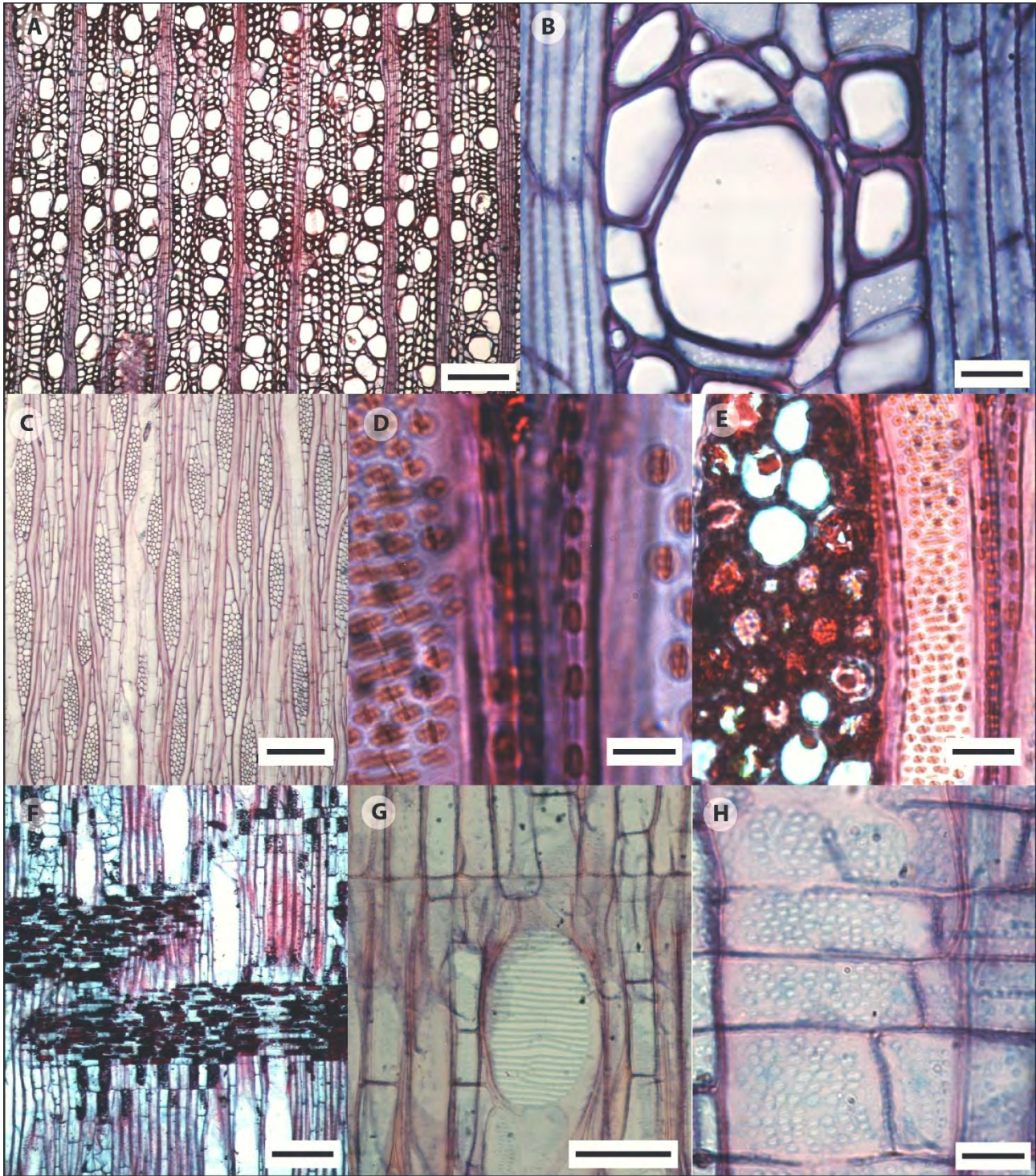


Figura 5. *Clethra hartwegii*. A,B vistas transversales. B. parénquima paratraqueal y apotraqueal escaso. C-E vistas tangenciales. F-H vistas radiales. Escalas: A, C y F= 250 μ m, E y G= 100 μ m, H y B=25 μ m, D=10 μ m.

ERICACEAE

Agarista mexicana (Hemsley) W.S. Judd

Hábitat y distribución: Crece en bosques de pino y encino así como en bosque mesófilo de montaña. Se distribuye en Querétaro, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Veracruz, Guerrero, Oaxaca, Honduras y El Salvador. Altitud: 1000-2000 m s.n.m. (González y González, 2014).

Características morfológicas: Árbol o arbusto de 1.5 a 11 m de alto, perennifolios, hojas alternas, rara vez subopuestas o casi en verticilos de tres, pecíolos de 2 a 12.5 mm de largo, láminas ovadas a ovado-lanceoladas, de 2 a 9.4 cm de largo y de 0.8 a 3.2 cm de ancho, ápice acuminado, base simétrica o casi simétrica, cuneada a redondeada, margen entero a débilmente sinuado, glabras o pubescentes o con puntos glandulares sobre la nervadura central, a veces densamente pubescentes en todo el envés, nervadura central prominente en el envés, particularmente hacia la base de la lámina (González y González, 2014).

Características microscópicas: (Figura 6A-G).

Anillos de crecimiento: Inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contornos angulosos, solitarios y escasos en grupos de 2-4 (5) células, muy numerosos con $65/\text{mm}^2$; muy pequeños, con $45 \pm 7 \mu\text{m}$ (36-67 μm) de diámetro; elementos de vaso medianos con $632 \pm 77 \mu\text{m}$ (501-793 μm) de longitud; placa de perforación escalariforme de 10-20 barras, algunas se unen entre ellas, con inclinación de 51 a 84 °; punteaduras intervasculares opuestas, de forma redondeada de 4 μm de diámetro; punteaduras de vaso a radio opuestas alargadas horizontalmente.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, escaso.

Parénquima radial. Radios numerosos, 10/mm; heterogéneos tipo II B, multiseriados de 6 a 10 células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 1-2 células cuadradas a erectas, frecuentemente agregados, ligeramente bajos con $3228 \pm 1304 \mu\text{m}$ (1845-6519 μm), radios uniseriados formado por células erectas, muy bajos con $723 \pm 103 \mu\text{m}$ (592-980 μm) de alto, frecuentemente con cristales aciculares. Abundante.

Fibras. Con punteaduras areoladas evidentes, con contenidos; muy cortos con $525 \pm 537 \mu\text{m}$ (101-1392 μm) de longitud, pared gruesa con 6 μm de espesor, diámetro de 25 ± 3 (20-30 μm).

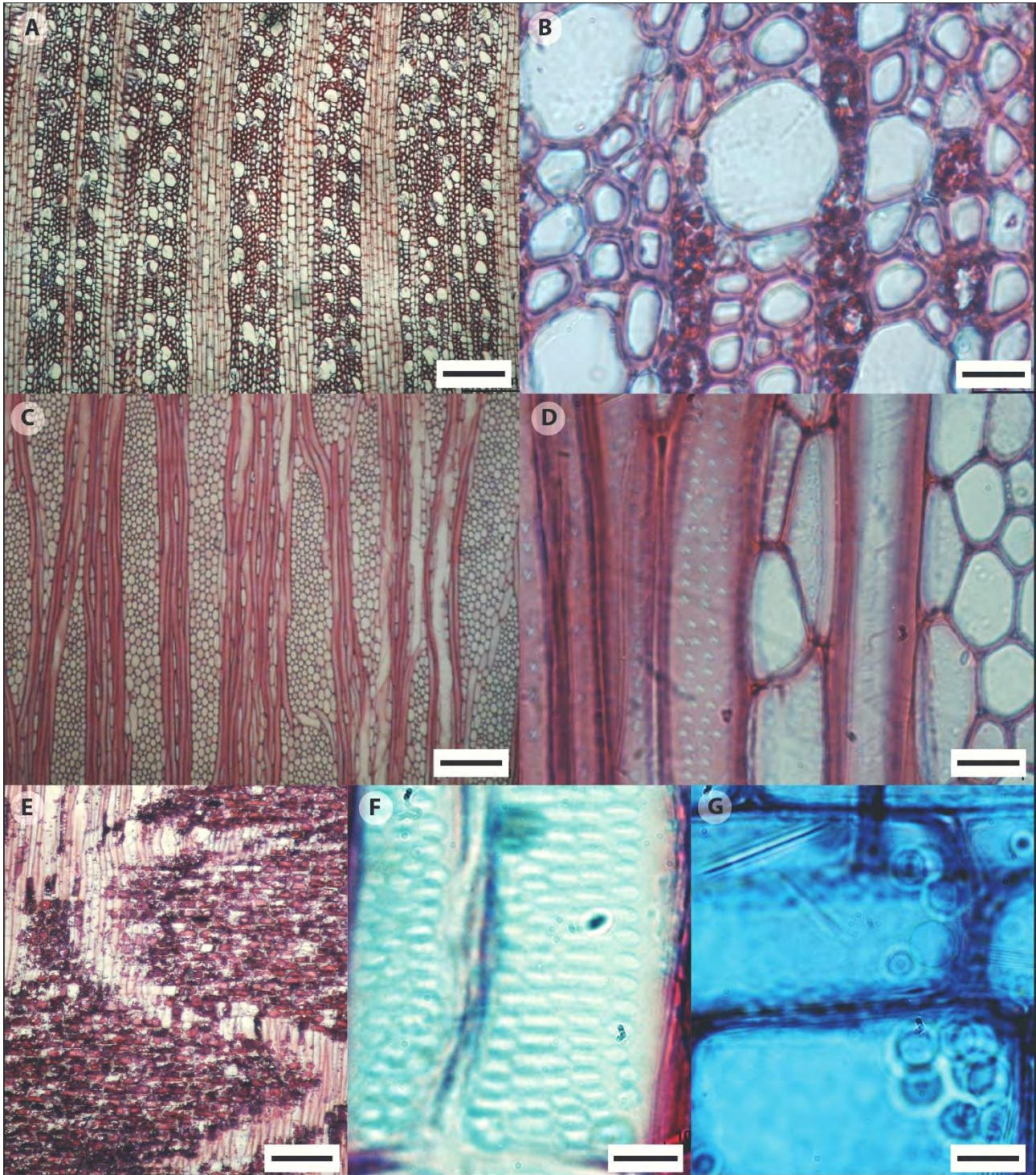


Figura 6. *Agarista mexicana*. A,B vistas transversales. C,D vistas tangenciales. E-G vistas radiales, G. cristales aciculares en parenquima radial. Escalas: A, C y E= 250 μm, D=25μm, F y G =10 μm.

FABACEAE/ LEGUMINOSAE

Calliandra houstoniana (Mill.) Standl.

Hábitat y distribución: Crece principalmente en áreas semiabiertas derivadas de bosques de *Quercus*, *Pinus* o *Pinus-Quercus* y en menor medida en bosque mesófilo de montaña así como en matorral subtropical. Se distribuye desde el sur de Sonora, Chihuahua y Nuevo León hasta Honduras y El Salvador. Altitud: 1150-2850 m s.n.m. (Hernández, 2007).

Características morfológicas: Arbusto de 1 a 3 m de altura, perennifolios, hojas de 25 cm o más de largo, peciolo y raquis algo angulados, bipinnadas de 8 a 20 pares, cada una con 20 a 50 pares de folíolos linear-oblongos, casi rectos, de 4 a 6 mm de largo por 1 a 1.5 mm de ancho, ápice obtuso o centrado, glabros o algo pubescentes en el envés; capítulos con pedúnculos de 1 cm de largo, formando racimos terminales densos, alargados, de 5 a 7 cm de largo, con el eje grueso (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características microscópicas: (Figura 7A-H).

Anillos de crecimiento. Conspicuos delimitados por una banda angosta de 3-6 hileras de fibras gelatinosas aplanadas radialmente en la madera tardía.

Vasos. Porosidad de semianular a difusa; contornos redondeados; solitarios y en grupos de 2 y 3, ocasionalmente de 4 o más células formando racimos o cadenas hacia la médula, numerosos con $33/\text{mm}^2$, pequeños con $100 \pm 12 \mu\text{m}$ (82-123 μm); y muy pequeños con $41 \pm 8 \mu\text{m}$ (23-52 μm) de diámetro, presenta dimorfismo, elementos de vaso muy cortos

con $232 \pm 24 \mu\text{m}$ (195-277 μm) de longitud; placa de perforación simple, con inclinación de 17 a 58°; punteaduras intervasculares alternas ornamentadas de 5 μm de diámetro, punteaduras radiovasculares con areolas reducidas o aparentemente simples, presenta tílides esclerosadas.

Parénquima axial. Paratraqueal vasicéntrico y confluyente, abundante. Presencia de cristales prismáticos. Con máculas.

Parénquima radial. Radios numerosos, 8/mm; principalmente uniseriados y escasos biseriados, heterogéneos tipo I, formado exclusivamente por células procumbentes; uniseriados muy bajos con 262 ± 27 (208-313 μm), biseriados extremadamente bajos con 199 ± 57 (107-375 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras simples, muy cortas con $606 \pm 80 \mu\text{m}$ (456-735 μm) de longitud, pared muy gruesa con 5 μm de espesor, diámetro de $14 \pm 3 \mu\text{m}$ (9-18 μm). Generalmente gelatinosas y alguna de ellas con engrosamientos helicoidales.

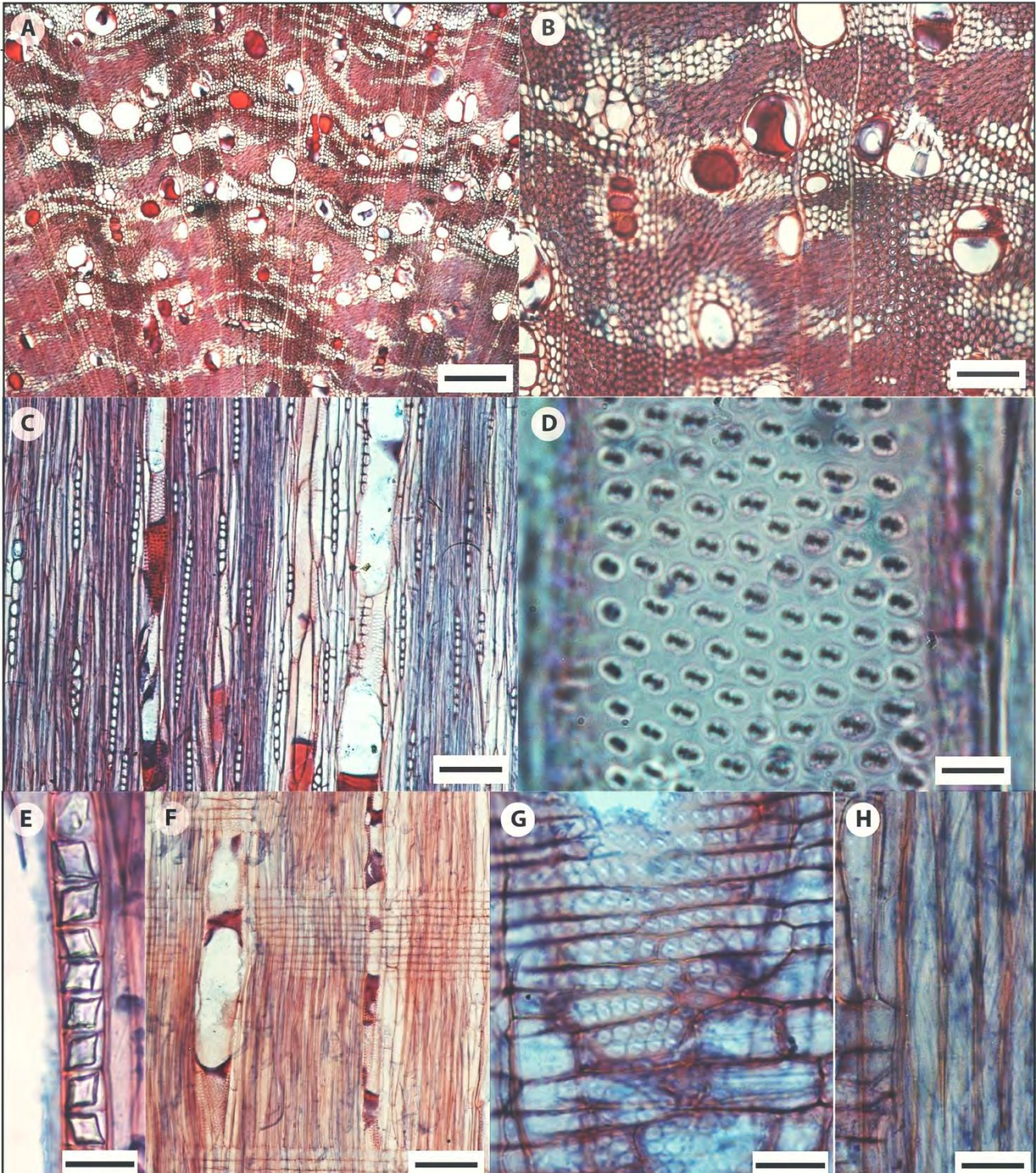


Figura 7. *Calliandra houstoniana*. A,B vistas transversales, B. tálides en vasos. C,D vistas tangenciales. D. punteaduras intervasculares ornamentadas. E-H vistas radiales. E. cristales prismáticos. H. fibras helicoidales. Escalas: A= 250 μ m, B, C y F= 100 μ m, E, G y H=25 μ m.

Acaciella angustissima (Mill.) Britton & Rose

Hábitat y distribución: Crece en bosques tropicales caducifolios, tolera climas fríos, suelos ácidos y períodos de sequía. Se distribuye desde el sur de Estados Unidos hasta Argentina y Bolivia. Altitud: 0-2500 m s.n.m. (Orwa *et al.*, 2009).

Características morfológicas: Planta arbustiva o arbolito de 2 a 4 m de altura, a veces más, inerme, hojas bipinnadas grandes, de 8 a 10 cm de largo, el peciolo de 2 a 2.5 cm de longitud, sin glándula, pinna de 6 a 12 o más pares, cada una con numerosos folíolos lineares de 3.5 mm de longitud por 1 mm de anchura, ápice agudo o obtuso, margen ciliado, base obtusa, uninervados glabros o algo pubescentes (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características microscópicas: (Figura 8A-H).

Anillos de crecimiento. Conspicuos, delimitados por una banda de fibras de paredes engrosadas de 4 a 7 células este grosor aumenta gradualmente hacia la madera tardía.

Vasos. Porosidad semianular; contornos redondeados, principalmente solitarios y escasos en grupos de 2 (4) células, moderadamente numerosos con 17/mm²; muy pequeños con $37 \pm 8 \mu\text{m}$ (23-50 μm) en la madera tardía; pequeños con $64 \pm 11 \mu\text{m}$ (51-97 μm); medianos con $102 \pm 13 \mu\text{m}$ (82-130 μm); elementos de vaso muy cortos con $219 \pm 32 \mu\text{m}$ (172-301 μm) de longitud; placa de perforación simple, con inclinación de 19 a 45°, punteaduras intervasculares ornamentadas alternas con 8 μm de diámetro y radiovasculares con bordes reducidos o aparentemente simples.

Parénquima axial. Paratraqueal unilateral y vasicéntrico, apotraqueal escaso; escaso a regular.

Parénquima radial. Radios moderadamente numerosos, 6/mm; homogéneos tipo III, formado por células procumbentes (escasos biseriados), radios extremadamente bajos con $208 \pm 37 \mu\text{m}$ (151-302 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras simples, en algunas zonas, bandas de fibras parecidas a parénquima que gradualmente se van engrosando hacia la madera tardía, cortas con $463 \pm 71 \mu\text{m}$ (356-623 μm) de longitud, pared delgada, con 3 μm de espesor, diámetro total de $17 \pm 2 \mu\text{m}$ (14-19 μm). Fibras nucleadas.

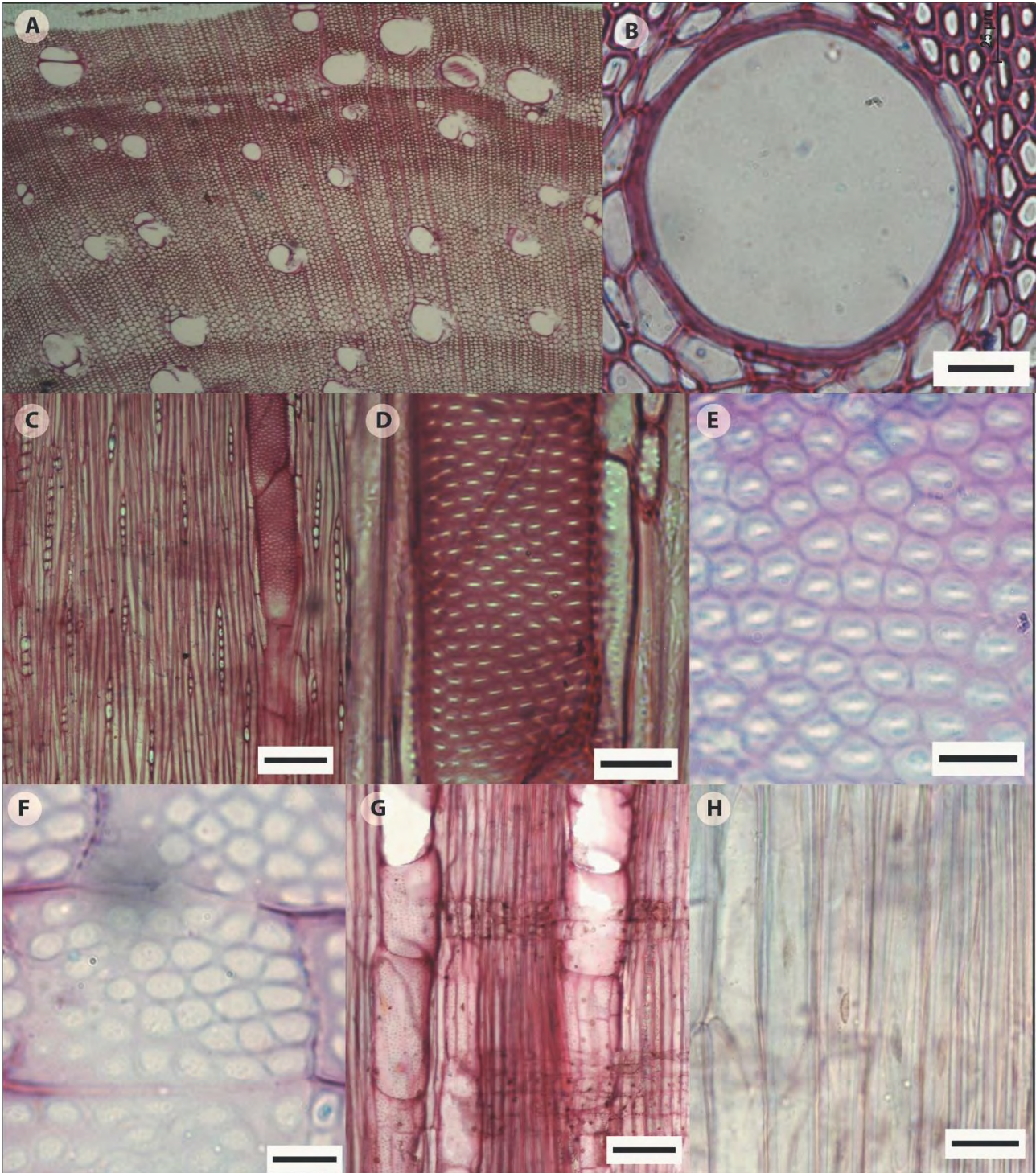


Figura 8. *Acaciella angustissima*. A,B vistas transversales. C-E. vistas tangenciales. F-H. vistas radiales, F. punteadura radivasculares con bordes reducidos o aparentemente simples. H. fibras nucleadas. Escalas: A= 250 μm (4x), C = 100 μm (10x) B,D, F y H =25 μm (40x) E=10 μm (100x).

PENTAPHYLACACEAE

Ternstroemia lineata DC.

Hábitat y distribución: Crece en bosque mesófilo de montaña, de *Pinus-Quercus* y de *Quercus*, forman asociaciones con *Abies*. Se distribuye de Sinaloa al Estado de México y Oaxaca. Altitud: 1400-2800 m s.n.m. (Luna y Alcántara, 2002).

Características morfológicas: Arbusto o árbol de 1.5 a 6 (15) m de alto, perennifolios; pecíolos de 3 a 8 (10) mm de largo, lámina oblanceolada a oblongo-cuneada, de 4 a 10 cm de largo por 1 a 2 (3) cm de ancho, ápice agudo u obtuso, borde entero o diminutamente serrulado, algo revoluto, con la parte más ancha arriba de la mitad de la lámina la que se va angostando hacia la base, vena media claramente manifiesto, prominente en el envés, en ocasiones los laterales también, coriácea, haz de color verde oscuro, envés más pálido (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Cacterísticas microscópicas: (Figura 9A-F).

Anillos de crecimiento. Intermedios, en ocasiones apenas delimitados por una banda delgada, no del todo continua, de fibras con paredes más gruesas y/o aplanadas radialmente en la madera tardía.

Vasos. Porosidad difusa; contornos angulosos, principalmente solitarios y escasos en grupos de 2 (3) células, numerosos con $39/\text{mm}^2$; pequeños con $59 \pm 8 \mu\text{m}$ (43-75 μm) de diámetro; elementos de vaso muy largos con $1404 \pm 248 \mu\text{m}$ (1036-1879 μm) de longitud; placa de perforación escalariforme de 20-40 barras, con inclinación de 66 a 87°; punteaduras intervasculares no evidentes, y punteaduras radiovasculares con areolas evidentes.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, escaso.

Parénquima radial. Radios muy numerosos, 10/mm; heterogéneos tipo I, multiseriados de 2-3 células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 1 a 10 (-16) células, frecuentemente los márgenes se unen entre sí, bajos con $1034 \pm 248 \mu\text{m}$ (685-1474 μm) de alto; radios uniseriados formados por células erectas, muy bajos con $932 \pm 214 \mu\text{m}$ (672-1380 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras areoladas evidentes, comunes en caras radiales y tangenciales, extremadamente cortos con $203 \pm 21 \mu\text{m}$ (242-165 μm) de longitud, pared muy gruesa con 12 μm de espesor, diámetro de $41 \pm 5 \mu\text{m}$ (51-28 μm).

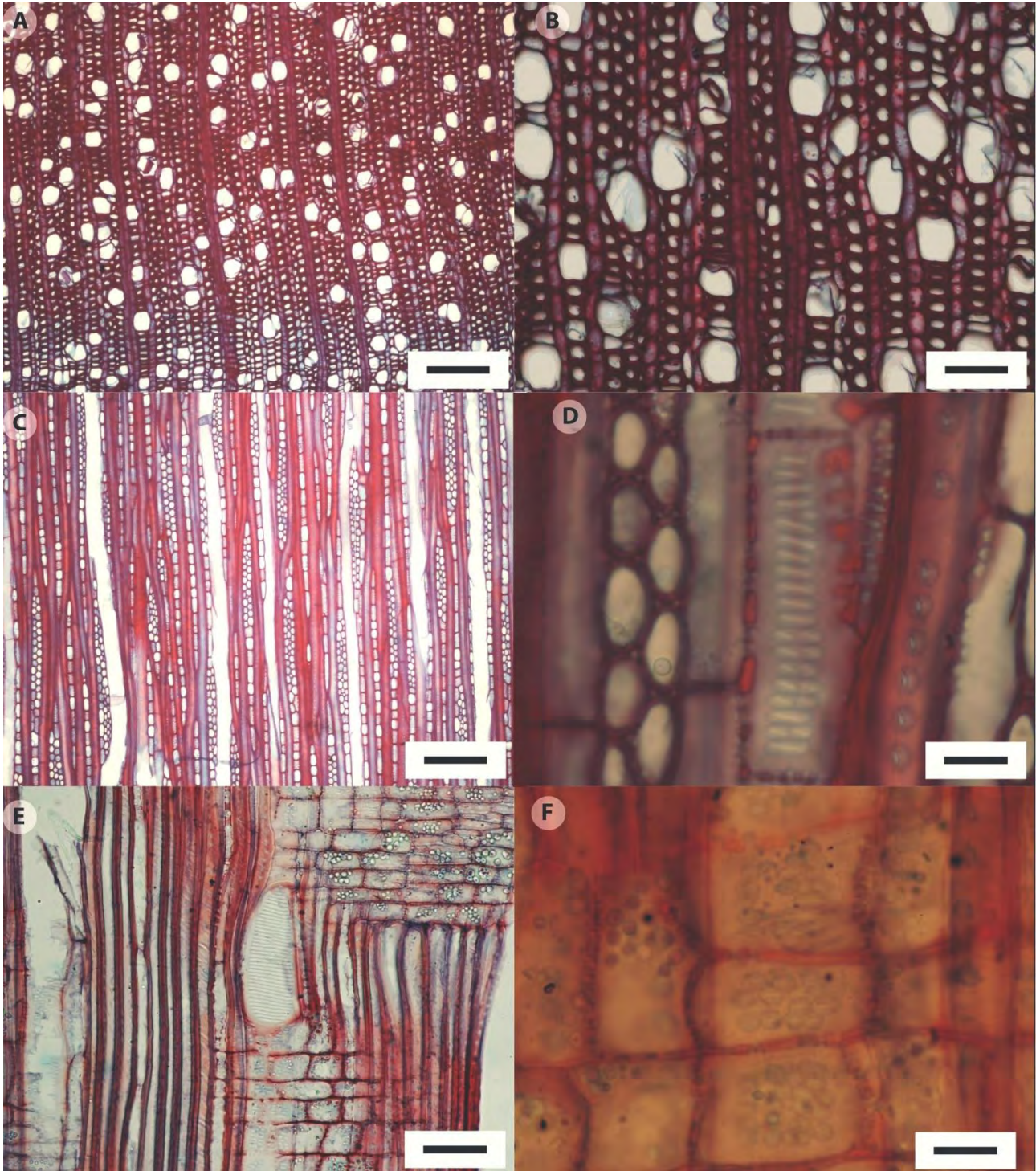


Figura 9. *Ternstroemia lineata*. A,B vistas transversales. C,D vistas tangenciales. E,F. vistas radiales. Escalas: A y C= 250 μm , B y E= 100 μm , D y F=25 μm .

POLYGALACEAE

Monnina ciliolata [Moc. & Sesse] ex DC.

Hábitat y distribución: Crece en bosque de pino, oyamel, encinares y bosque mesófilo de montaña. Se distribuye en el centro occidente de México, de Nayarit, Guanajuato y Morelos. Altitud: 1400-3100 m s.n.m. (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características morfológicas: Planta arbustiva, perennifolias, hojas alternas, elípticas, obovado elípticas o lanceolado-elípticas, de 3 a 9.5 cm de largo por 0.7 a 3 cm de ancho, acuminadas, mucronadas, con la base cuneada, de consistencia herbácea, subglabras a puberulentas con pelos aplicados en ambas caras, nervadura central y margen a veces pilosos (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características microscópicas: (Figura 10A-G).

Anillos de crecimiento. Conspicuos, se aprecian amplias bandas de fibras cuyas paredes se van engrosando gradualmente hasta formar de 3 a 5 hileras de fibras con paredes aplanadas radialmente al final de la madera tardía.

Vasos. Porosidad difusa; contornos ligeramente angulosos; solitarios y en grupos de 2 hasta 18 (21) células organizados en cadenas radiales, algunas forman doble hilera, escasos solitarios, muy numerosos con $78/\text{mm}^2$; muy pequeños con $40 \pm 5 \mu\text{m}$ (26-49 μm) de diámetro, elementos de vaso medianos con $591 \pm 71 \mu\text{m}$ (482-760 μm) de longitud; placa de perforación simple, con inclinación de 33 a 74°; punteaduras intervasculares alternas con 5 μm de diámetro y punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares.

Parénquima axial. Ausente o extremadamente raro.

Parénquima radial. Radios moderadamente numerosos, 5/mm; paedomórficos tipo I, principalmente multiseriados de 2 (3) células, el cuerpo formado por células erectas y márgenes uniseriados de 1 a 4 células erectas, muy bajos con $489 \pm 109 \mu\text{m}$ (308.1-698 μm) de alto, radios uniseriados formados por células erectas, muy bajos 144 ± 40 (617 μm -986 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras areoladas pequeñas, moderadamente cortas con $861 \pm 77 \mu\text{m}$ (618-986 μm) de longitud, pared muy gruesa con 6 μm de espesor, diámetro de $22 \pm 2 \mu\text{m}$ (27-18 μm), presencia de fibras nucleadas y gelatinosas.

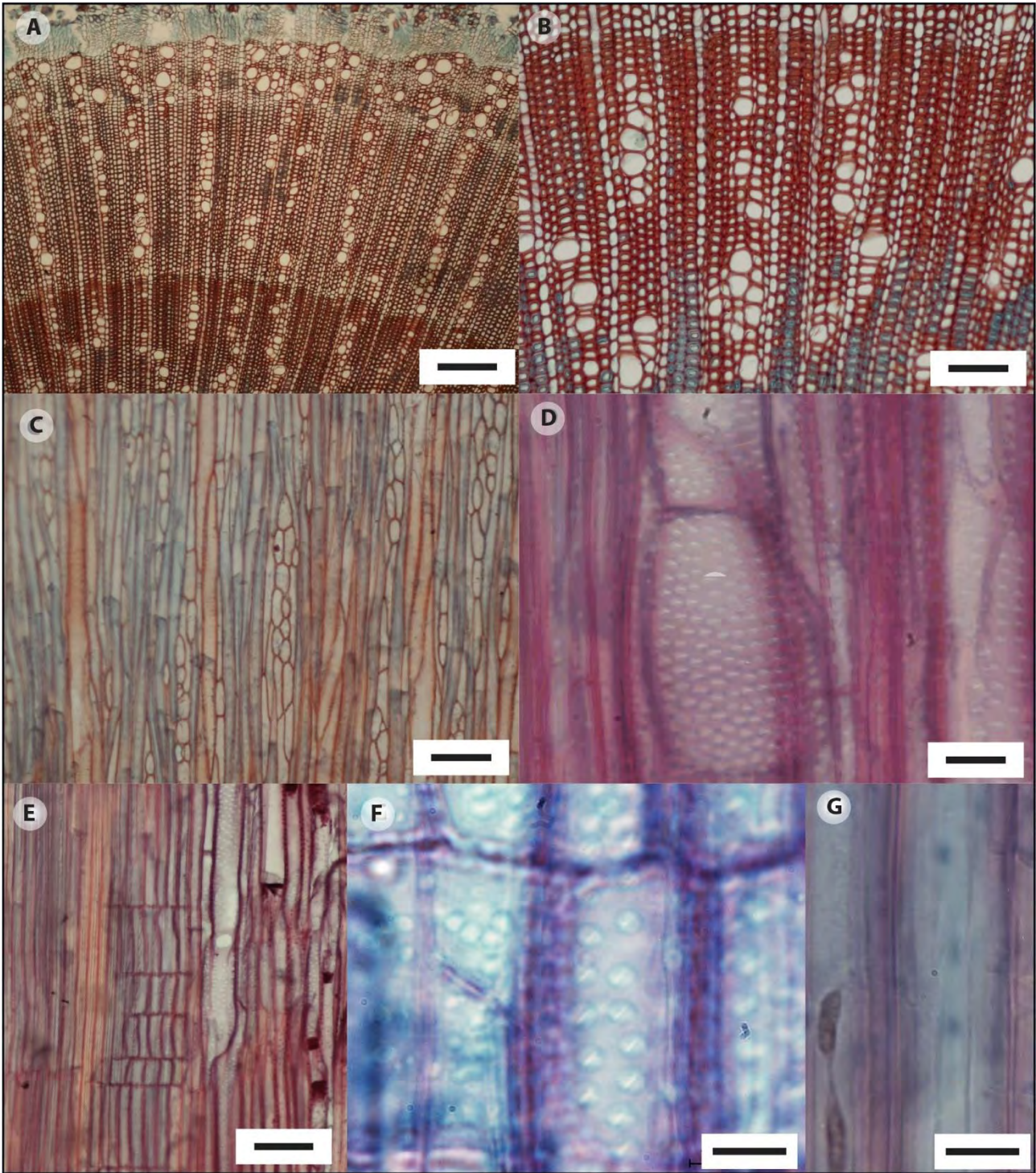


Figura 10. *Monnina ciliolata*. A,B vistas transversales. C,D vistas tangenciales. C. radios paedomórficos. E-G. vistas radiales, G. Fibra nucleada. Escalas: A= 250 µm, B, C y E= 100 µm, D, F y G=10 µm.

ROSACEAE

Crataegus mexicana Moc. & Sesse ex DC.

Hábitat y distribución: Crece en bosques de encino y pino o de *Abies*, frecuentemente en comunidades secundarias. Se distribuye en el Valle de México, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Hidalgo, Puebla, Veracruz, San Luis Potosí, Jalisco, Michoacán Ecuador y Perú. Altitud: 2250-3000 m s.n.m. (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características morfológicas: Árbol espinoso de 4 a 10 m de altura, caducifolios, pecíolos hasta de 1 cm de largo, alternas, láminas romboideo-elípticas a ovadas u oblongas a obovadas, de 3 a 11 cm de largo por 1 a 5 cm de ancho, alternas, simples, ápice agudo u obtuso, borde aserrado a veces algo lobado, base cuneada, haz verde oscuro poco piloso o glabro, envés más pálido, esparcida o densamente pubescente (Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características microscópicas: (Figura 11A-F).

Anillos de crecimiento. Intermedios, en ocasiones apenas delimitados por una banda angosta de 2 a 3 (5) hileras de fibras con las paredes engrosadas en la madera tardía, ocasionalmente con paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa; contornos redondeados, principalmente solitarios y escasos en grupos de 2, muy numerosos con $66/\text{mm}^2$; muy pequeños con $45 \pm 4 \mu\text{m}$ ($37\text{-}53 \mu\text{m}$) de diámetro; elementos de vaso medianos con $603 \pm 98 \mu\text{m}$ ($292\text{-}793 \mu\text{m}$) de longitud; placa de perforación simple con inclinación de 26 a 67°; punteaduras intervasculares

areoladas alternas de 5 μm de diámetro; punteaduras radiovasculares con bordes reducidos.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, y difuso en agregados; abundancia regular.

Parénquima radial. Radios muy numerosos, 12/mm; heterogéneos tipo II B, multiseriados de 2 a 3 células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 2 a 7 de células procumbentes, pero más amplias que las del cuerpo, extremadamente bajos con $274 \pm 58 \mu\text{m}$ (181-393 μm) de alto, radios uniseriados formado por células procumbentes, muy bajos con $728 \pm 87 \mu\text{m}$ (616-900 μm) de alto. Presenta contenidos en los radios.

Fibras. Con punteaduras areoladas evidentes, comunes en caras radiales y tangenciales, medianas con $1236 \pm 127 \mu\text{m}$ (1004-1506 μm) de longitud, pared muy gruesa con 6 μm de espesor, diámetro de $22 \pm 2 \mu\text{m}$ (18-27 μm).

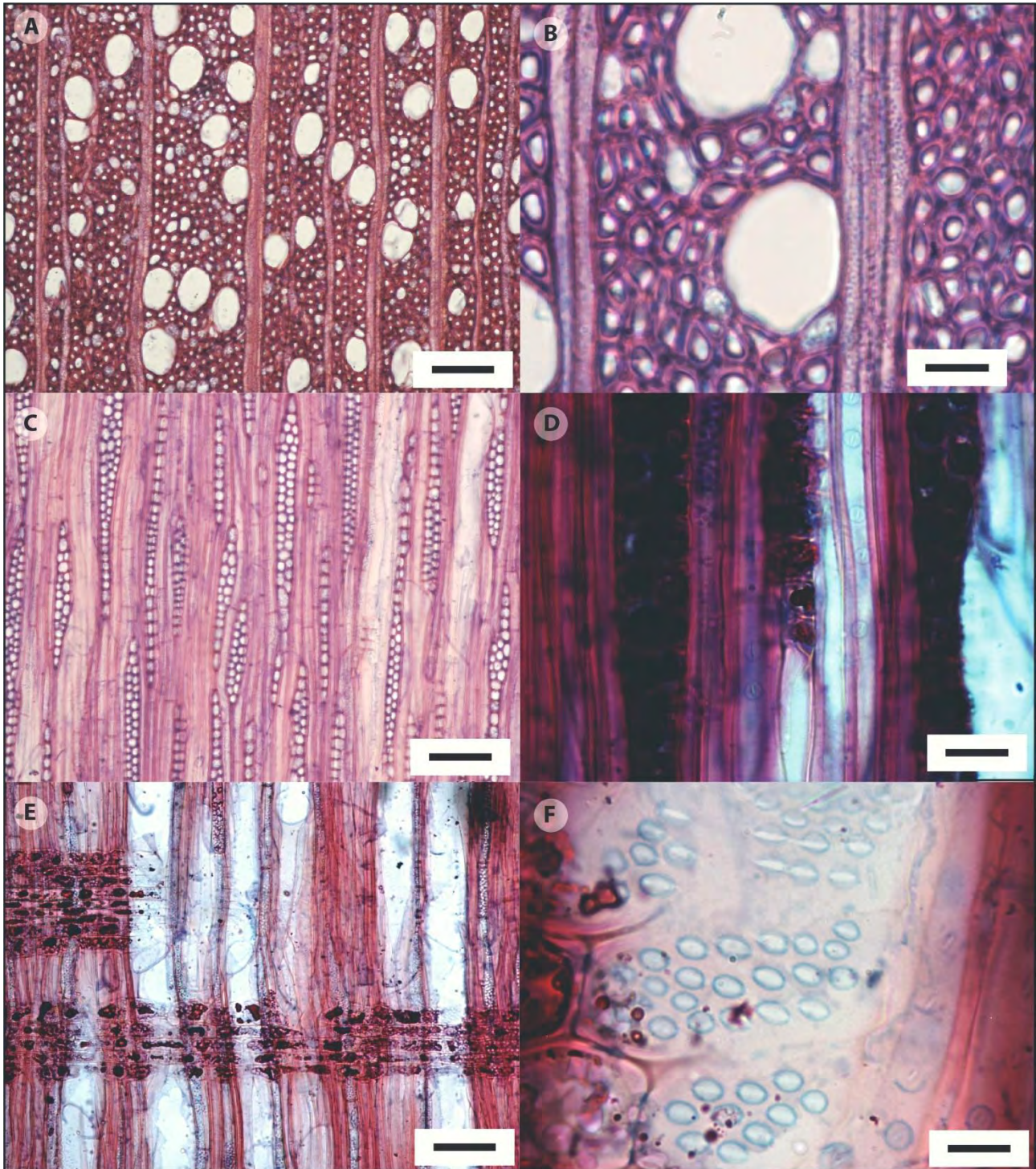


Figura 11. *Crataegus mexicana*. A,B vistas transversales, B. parénquima paratraqueal escaso. C,D vistas tangenciales, D. punteaduras de las fibras. E,F. vistas radiales. Escalas: C= 250 μm , A y E = 100 μm , B y E=25 μm (40x), F=10 μm (100x).

SYMPLOCACEAE

Symplocos citrea Lex.

Hábitat y distribución: Crece principalmente en cañadas húmedas, en bosques de pino y encino y bosque mesófilo de montaña. Esta especie es endémica de México. Se distribuye en la vertiente del Pacífico sobre el Eje Volcánico Transversal y en las montañas de la Sierra Madre del Sur, Guanajuato, Nayarit, Jalisco, Colima y Michoacán. Altitud: 2100-2650 m s.n.m. (Díaz-Barriga, 1993).

Características morfológicas: Árbol de 4 a 10 (15) m de alto, perennifolios, hojas alternas, con pecíolos por lo general de 1 a 1.5 cm de largo, láminas oblongas, de 5 a 16 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho, ápice agudo o cortamente acuminado, borde fino y regularmente aserrado, base redondeada a cuneada, con frecuencia discoloras, glabras en el haz, pubescentes en el envés, especialmente sobre las nervaduras, que son bastante manifiestas.

Características microscópicas: (Figura 12A-F).

Anillos de crecimiento: Inconspicuos.

Vasos: Porosidad difusa, contornos ligeramente angulosos, principalmente solitarios y algunos en pares, muy numerosos con $42/\text{mm}^2$, pequeños con $58 \pm 6 \mu\text{m}$ (48-73 μm) de diámetro, elementos de vaso moderadamente largos con $949 \pm 117 \mu\text{m}$ (739-1152 μm) de longitud, placas de perforación escalariformes de 20 a 40 barras con inclinación de 56° a 78° , punteaduras intervasculares no evidentes y radiovasculares escalariformes.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso; escaso.

Parénquima radial. Radios numerosos, 9/mm; heterogéneos tipo I, multiseriados de 2-3 células de ancho, el cuerpo formado por células erectas, márgenes uniseriados de 4 a 15 células erectas, frecuentemente los márgenes se unen entre sí, multiseriados muy bajos con $793 \pm 143 \mu\text{m}$ (552-1146 μm) de alto, uniseriados formados por células erectas, bajos con $1074 \pm 179 \mu\text{m}$ (808-1450 μm) de alto, algunos radios con contenidos.

Fibras. Con punteaduras areoladas evidentes, medianos con $1165 \pm 181 \mu\text{m}$ (823-1590 μm) de longitud, pared delgada con 4 μm de espesor, diámetro de $30 \pm 5 \mu\text{m}$ (21-39 μm).

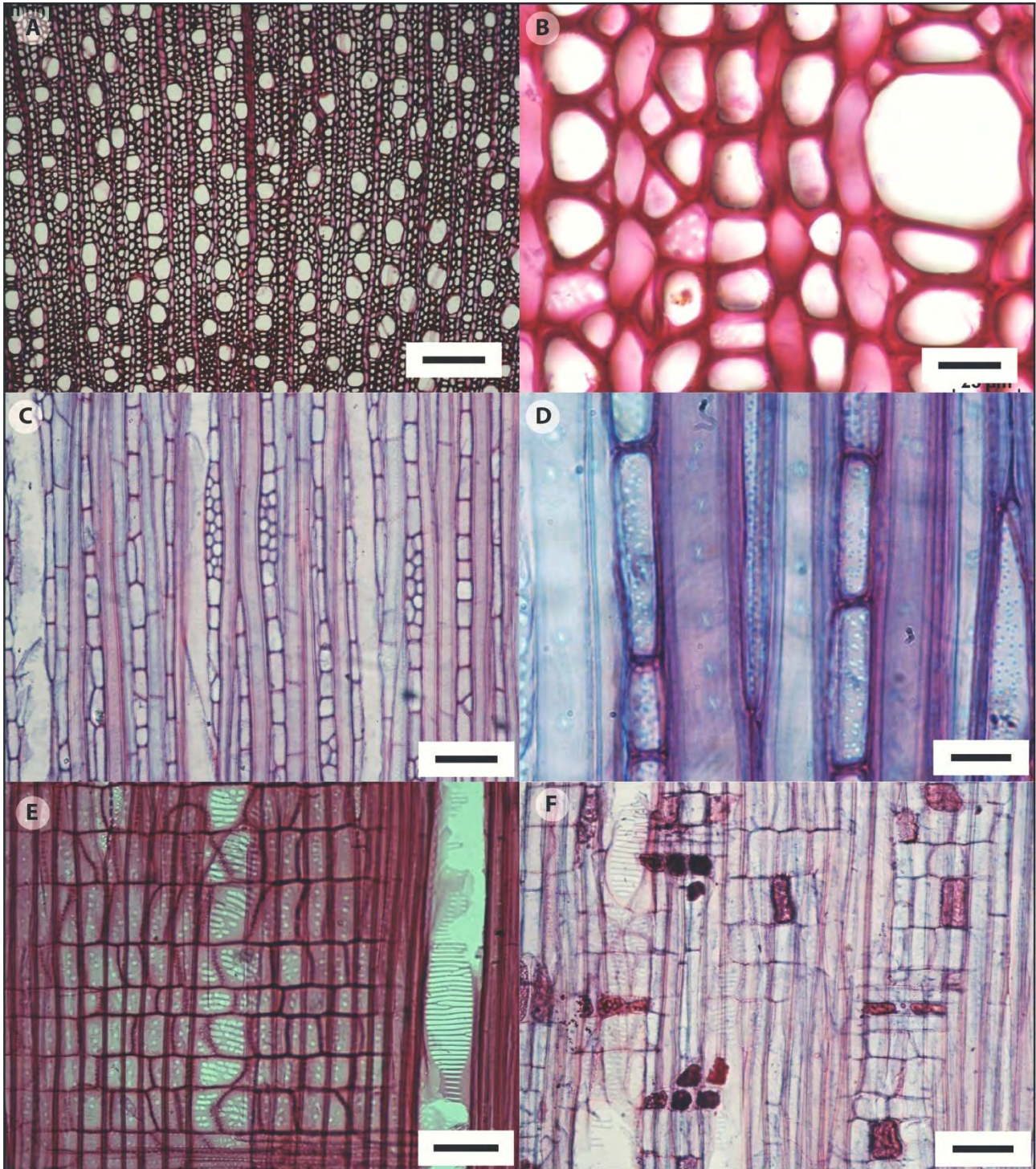


Figura 12. *Symplocos citrea*. A,B vistas transversales. B. parénquima apotraqueal escaso. C,D vistas tangenciales, D. punteaduras de las fibras. E,F vistas radiales. Escalas: C= 250 μm , A y F= 100 μm , B y E=25 μm .

STYRACACEAE

Styrax ramirezii Greenman

Hábitat y distribución: Crece en bosques de pino-encino o pino-encino-oyamel y bosque caducifolio. Se distribuye en Chiapas, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Veracruz y Centroamérica. Altitud: 2000-2700 m s.n.m. (Carranza, 1993; Pacheco, 1983).

Características morfológicas: Árbol pequeño (a veces de porte arbustivo) de 5 a 15 m de alto, monoicos, hojas alternas, pecíolos tomentoso-estrellados con algunos pelos escuamiformes dispersos, láminas oblongo-lanceoladas a oblongo-elípticas, de (3.5) 5 a 16 (19) cm de largo y de (1.2) 1.8 a 5(7) cm de ancho, ápice acuminado a obtuso, base atenuada, oblicua o cuneada, envés más pálido que el haz con tomento estrellado muy pequeño (± 0.1 mm) (Carranza, 1993).

Características microscópicas: (Figura 13A-G).

Anillos de crecimiento. Intermedios, apenas delimitados por bandas amplias de fibras con paredes ligeramente más engrosadas y ocasionalmente de 2-4 hileras de células aplanadas en la madera tardía.

Vasos. Porosidad difusa, contornos ligeramente angulosos, solitarios y en grupos de 2 a 4, numerosos con 24/mm²; pequeños, con $57 \pm 6 \mu\text{m}$ (43-72 μm) de diámetro; elementos de vaso moderadamente largos con $871 \pm 84 \mu\text{m}$ (676 - 998 μm) de longitud; placa de perforación escalariforme de 5 a 12 barras, con inclinación de 45 a 76°; punteaduras intervasculares alternas con 6 μm de diámetro; punteaduras radiovasculares similar a las intervasculares.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso; abundancia regular.

Parénquima radial. Radios muy numerosos, 15/mm; heterogéneos tipo I, los multiseriados de 2-3 células de ancho, el cuerpo formado por células erectas y márgenes uniseriados de 4 a 16 células, frecuentemente los márgenes se unen entre sí, bajos con $1109 \pm 153 \mu\text{m}$ (931-1533 μm) de alto; radios uniseriados formando por células erectas, bajos con $1108 \pm 127 \mu\text{m}$ (947-1485 μm) de alto, con numerosos gránulos de almidón, algunas células con contenidos oscuros.

Fibras. Con punteaduras areoladas evidentes, medianas con $1338 \pm 134 \mu\text{m}$ (1123-1612 μm) de longitud, pared gruesa con 4 μm de espesor, diámetro de $22 \pm 3 \mu\text{m}$ (16-27 μm).

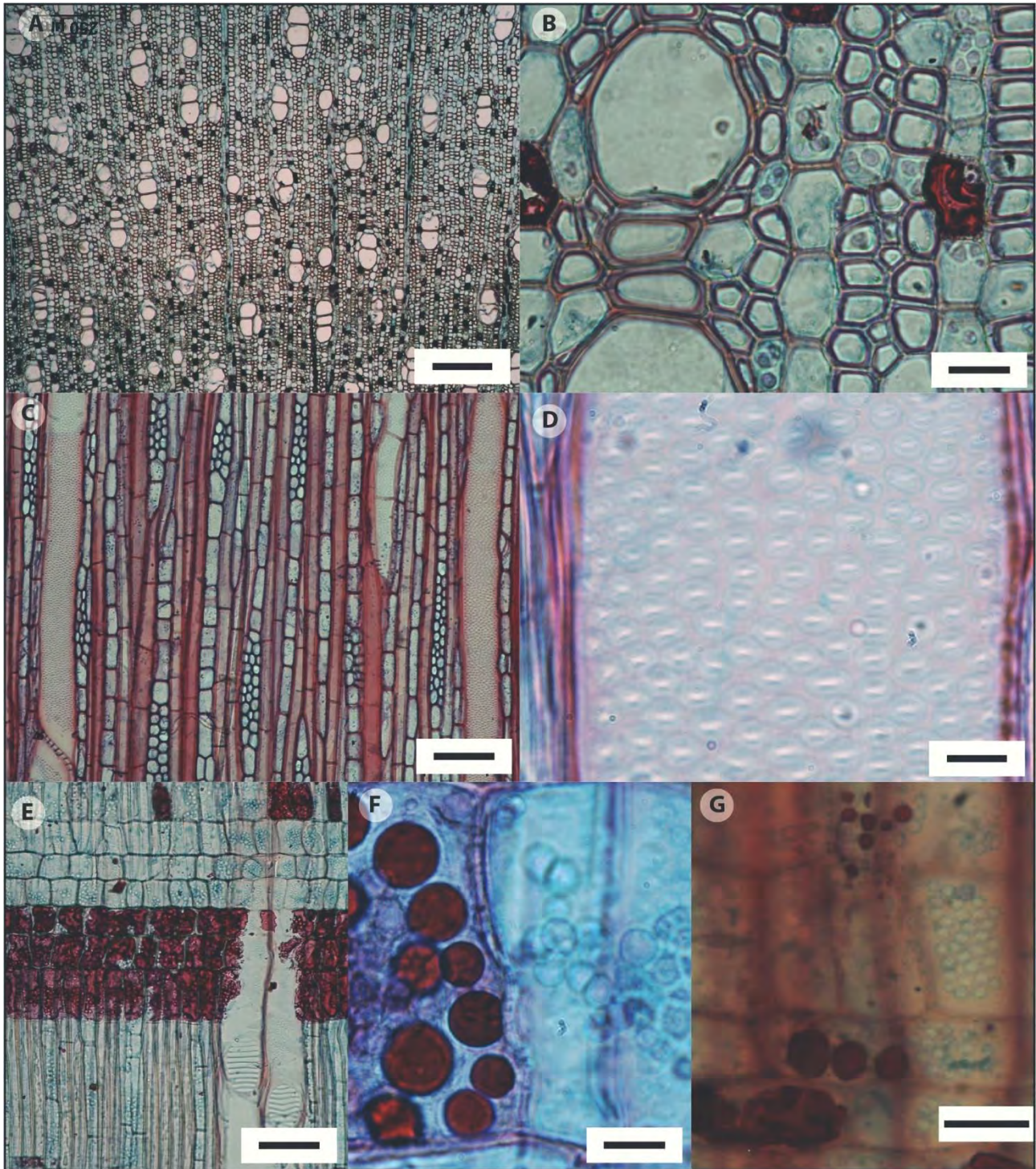


Figura 13. *Styrax ramirezii*. A,B vistas transversales, B. parénquima axial apotraqueal. C,D vistas tangenciales. E-G vistas radiales, F. almidón en parénquima radial. Escalas: A= 250 μ m, C y E= 100 μ m, B y G=25 μ m, D y F=10 μ m (100x).

SCROPHULARIACEAE

Buddleja cordata Kunth

Hábitat y distribución: Crece en bosques de *Abies*, bosque de pino y encino, bosque de encino, bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y pastizales. Se distribuye en Aguascalientes, Chiapas, Chihuahua, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, México, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Sinaloa, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas y Guatemala. Altitud: 1400-3200 m s.n.m. (Ocampo, 2003).

Características morfológicas: Árbol o arbusto de (1.5)2 a 15(20) m de alto, dioicos, hojas opuestas, lámina lanceolada, ovada u oblonga a elíptica, ápice agudo a acuminado, base cordada, obtusa o truncada, o en ocasiones atenuada u oblicua, margen entero, serrado o serrulado, venación prominente en el envés, textura un tanto coriácea, haz de las hojas jóvenes tomentoso, a menudo con pelos glandulares, sobre todo cerca de las venas, caducos con el tiempo, haz de las hojas maduras glabro a glabrescente, envés con tomento adpreso y en ocasiones con espeso tomento flooso (Ocampo, 2003).

Características microscópicas: (Figura 14A-F).

Anillos de crecimiento. Conspicuos delimitados por una banda angosta de vasos de mayor diámetro en la madera temprana, en ocasiones se aprecia asociada a ellos una banda de 1 a 2 hileras de células de fibras con las paredes ligeramente aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad de semianular a anular, contornos ligeramente angulosos, solitarios y agrupados, en la madera tardía en cadenas radiales y en racimos hasta de 6 células; muy numerosos con 60/mm²; pequeños con $64 \pm 7 \mu\text{m}$ (49-78 μm); medianos con $107 \pm 16 \mu\text{m}$ (84-149 μm) de diámetro; elementos de vaso moderadamente cortos con $335 \pm 61 \mu\text{m}$ (218-443 μm) de longitud; placa de perforación simple, con inclinación de 32 a 68°; punteaduras intervasculares alternas con 10 μm de diámetro y punteaduras radiovasculares con bordes reducidos o aparentemente simples. Presenta engrosamientos helicoidales en todo el elemento de vaso.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, escaso.

Parénquima radial. Radios moderadamente numerosos, 5/mm; heterogéneos tipo II B, multiseriados de 1 a 3 (5) células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes, márgenes uniseriados de 1 a 3 (5) células erectas, muy bajos con $555 \pm 89 \mu\text{m}$ (411-682 μm) de alto; escasos radios uniseriados formados por células erectas con $146 \pm 29 \mu\text{m}$ (94-209 μm) de alto

Fibras. Con punteaduras simples, fibras con núcleos evidentes moderadamente cortos con $737 \pm 89 \mu\text{m}$ (603-921 μm) de longitud, pared delgada con 5 μm de espesor diámetro de $33 \pm 5 \mu\text{m}$ (25-41 μm).

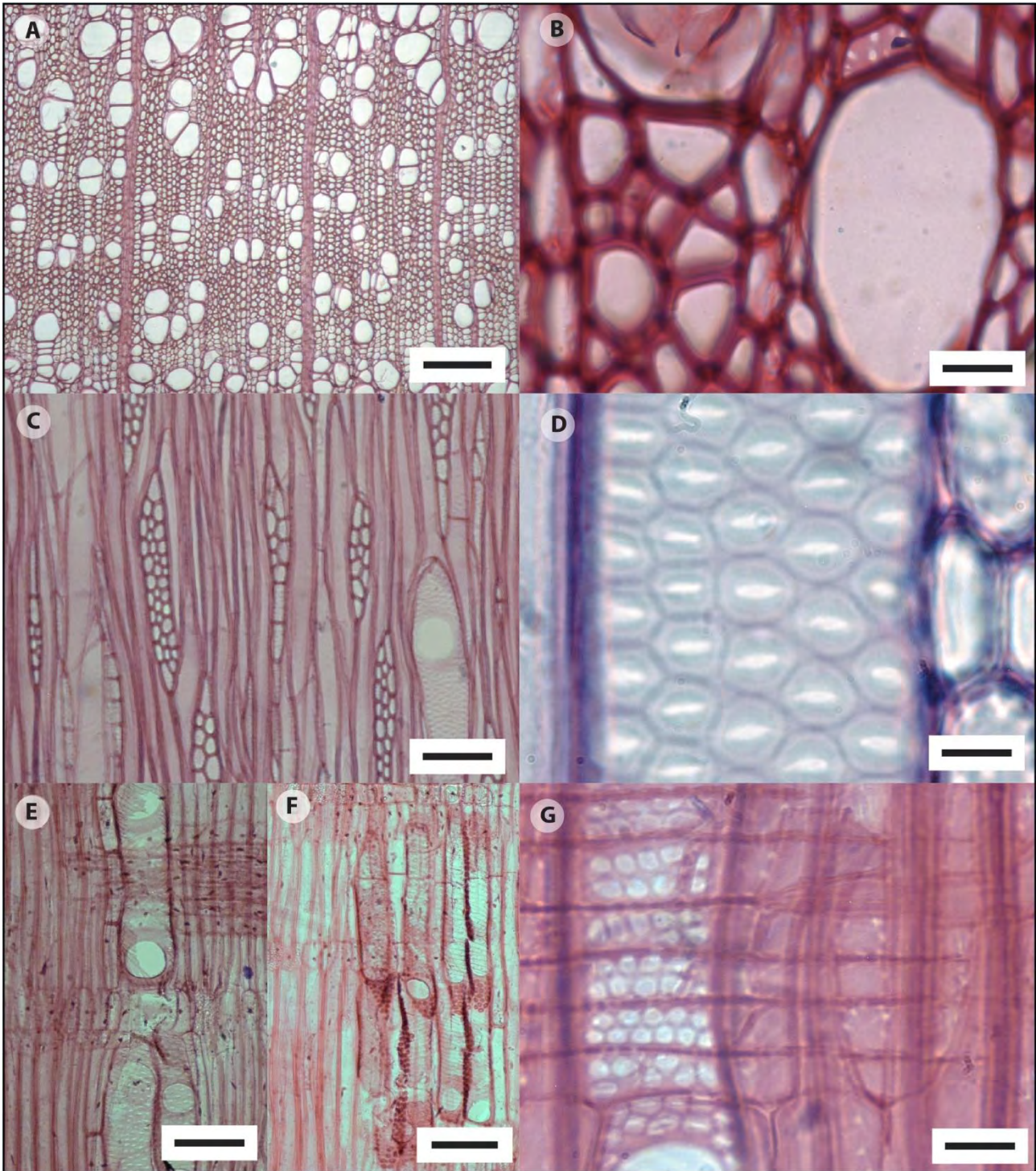


Figura 14. *Buddleja cordata*. A,B vistas transversales, B. parénquima paratraqueal escaso. C,D vistas tangenciales. D-F. vistas radiales, E. engrosamientos helicoidales. Escalas: A= 250 μm . C, E y F= 100 μm . B=25 μm . D=10 μm .

SALICACEAE

Populus simaroa J. Rzedowski

Hábitat y distribución: Crece preferentemente en laderas de orientación norte, forma parte de bosques mesófilos de montaña, bosques húmedos de *Quercus* o de *Quercus* y *Pinus*. Se distribuye en el sureste de México en Guerrero y Michoacán. Altitud: 1800 - 2400 m s.n.m. (Martínez y Gonzáles, 2002; Rzedowski, 1975).

Características morfológicas: Árboles hasta de 45 m de alto, monoicos, perennifolios, pecíolos de 2 a 8 cm de largo, más o menos lateralmente comprimidos, piloso-tomentosos cuando jóvenes a glabros o casi glabros y de superficie lustrosa. Limbo por lo común ovado, variando de lanceolado a anchamente ovado, deltoideo, suborbicular, o romboideo.ovado, de 8 a 23 cm de largo, de 4 a 13 cm de ancho, ápice agudo a acuminado, base generalmente obtusa a truncada, a veces tendiendo a cuneada o subcordada, en ocasiones algo asimétrica, margen más o menos regularmente aserrado desde la base hasta el ápice, en el haz, verde pálido a blanquecino y densamente tomentoso en el envés, las nervaduras generalmente de color pajizo, prominentes en el envés, las basales a menudo más importantes que las demás nervaduras laterales, las del último orden formando un retículo fino (Martínez y Gonzáles, 2002; Rzedowski, 1975).

Características microscópicas: (Figura 15A-G).

Anillos de crecimiento. Conspicuos, delimitados con una banda de 6 a 14 hileras de fibras con paredes aplanadas radialmente en la madera tardía.

Vasos. Porosidad de difusa a semianular; contornos redondeados, solitarios y en grupos de 2 a 4 organizados en cadenas radiales, numerosos con $30/\text{mm}^2$; medianos con $98 \pm 10 \mu\text{m}$ (80-116 μm) de diámetro; elementos de vaso medianos con $542 \pm 98 \mu\text{m}$ (350-732 μm) de longitud; placa de perforación simple con inclinación de 35 a 66°; punteaduras intervasculares alternas de 12 de diámetro; punteaduras radiovasculares con areolas reducidas a aparentemente simples y restringidas a filas marginales.

Parénquima axial. Ausente o extremadamente raro.

Parénquima radial. Radios numerosos, 9/mm; homogéneos tipo III, principalmente uniseriados, formado en su totalidad por células procumbentes, bajos con $452 \pm 70 \mu\text{m}$ (346-668 μm) de alto. Algunos radios con contenidos oscuros.

Fibras. Con punteaduras simples, algunas fibras con engrosamientos helicoidales, medianos con $935 \pm 48.6 \mu\text{m}$ (850-999 μm) de longitud, pared muy delgada con 2 μm de espesor, diámetro de $24 \pm 3 \mu\text{m}$.

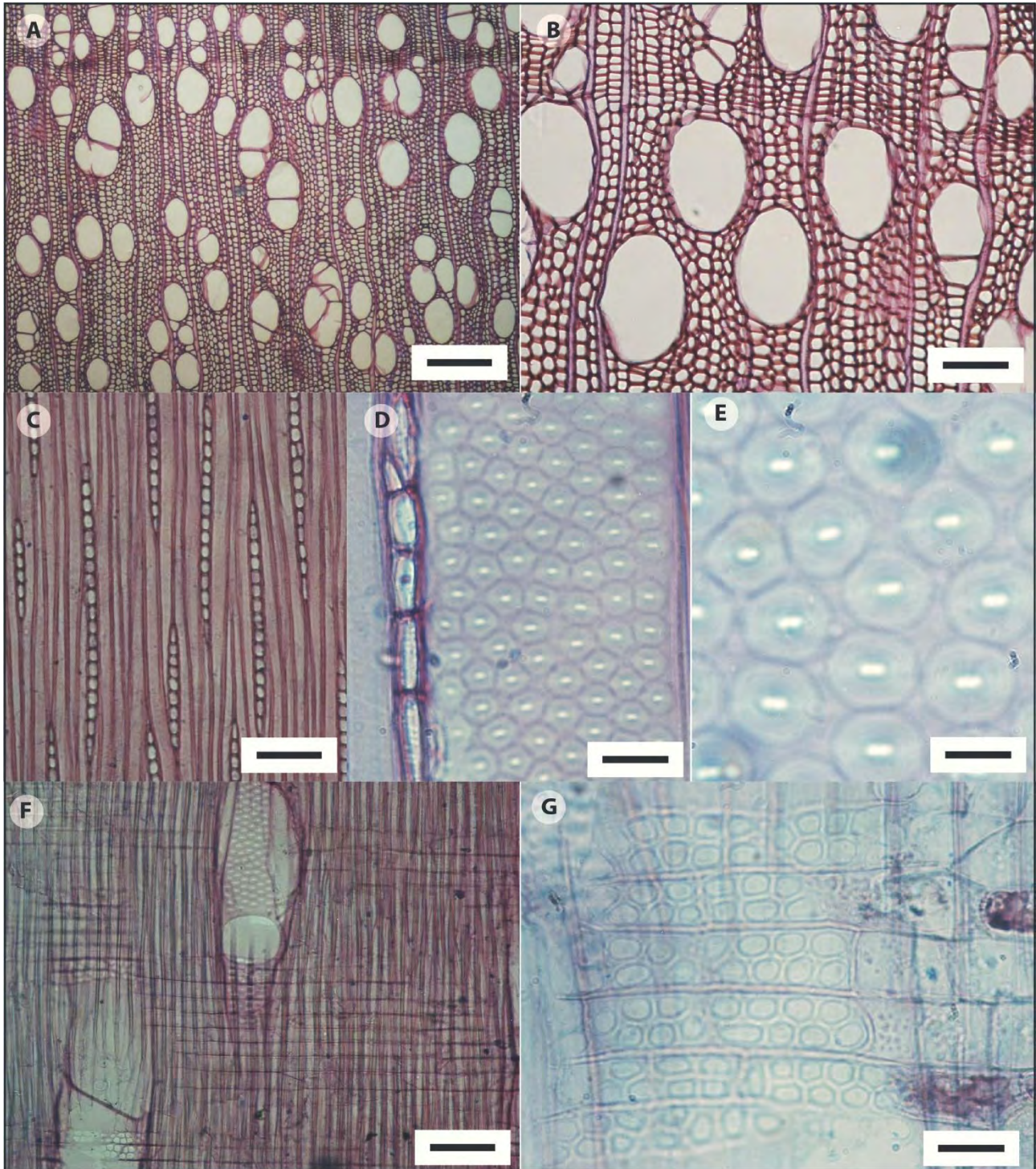


Figura 15. *Populus simaroa*. A,B vistas transversales. C-E vistas tangenciales. F,G vistas radiales, G. punteaduras radiovasculares con areolas reducidas a aparentemente simples y restringidas a filas marginales. Escalas: A= 250 μ m, B, C y, F= 100 μ m, D y G =25 μ m, E= 10 μ m.

Salix discolor Muhl.

Hábitat y distribución: Crece en partes altas de algunas sierras, en cañadas y laderas con fuertes pendientes, asociado a los bosques de pino, pino-encino y pino-oyamel, con frecuencia en la vegetación secundaria. Se distribuye en México, Coahuila, Durango, Guerrero, Hidalgo, Michoacán, Morelos, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca. Altitud: 1800-2400 m s.n.m. (Carranza, 1995; Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características morfológicas: Arbusto o arbolito hasta de 6.5 m de altura, caducifolios, pecíolo corto, pubérulo, lámina foliar elíptica a ampliamente lanceolada, de 3 a 12 cm de largo por 1.5 a 4 cm de ancho ápice agudo, base cuneada, margen entero o denticulado, membranácea o subcoriácea, haz verde, viloso en las hojas jóvenes, glabro en las maduras, excepto en los nervios, envés viloso al principio, glabro con los nervios muy conspicuos y con frecuencia glauco-pruinoso después (Carranza, 1995; Calderón de Rzedowski y Rzedowski, 2001).

Características microscópicas: (Figura 16A-G).

Anillos de crecimiento: Conspicuos, delimitados por una banda de 3-6 hileras de fibras aplanadas radialmente y vasos de menor diámetro en la madera tardía.

Vasos. Porosidad semianular; contornos ligeramente angulosos, principalmente solitarios y escasos en grupos de 2 (3), muy numerosos 46/mm²; pequeños con 52 ± 5 μm (44.5-67.0 μm) de diámetro; elementos de vaso medianos con 657 ± 57 μm (572.4-789.1 μm) de longitud; placa de perforación simple, con inclinación de 44 a 70°; punteaduras intervasculares alternas de 11 μm de diámetro; punteaduras radiovasculares con areolas reducidas a aparentemente simples y restringidas a filas marginales.

Parénquima axial. Ausente o extremadamente raro.

Parénquima radial. Radios numerosos, 9/mm; heterogéneos tipo III, principalmente uniseriados; escasos biseriados, el cuerpo formado por células procumbentes, muy bajos con 626 ± 102 μm (509.1- 788.3 μm) de alto.

Fibras. Con punteaduras simples pequeñas, extremadamente cortos con 1067 ± 47 μm (1003- 1181 μm) de longitud, pared delgada con 3 μm de espesor, diámetro total promedio de 22 ± 3 μm .

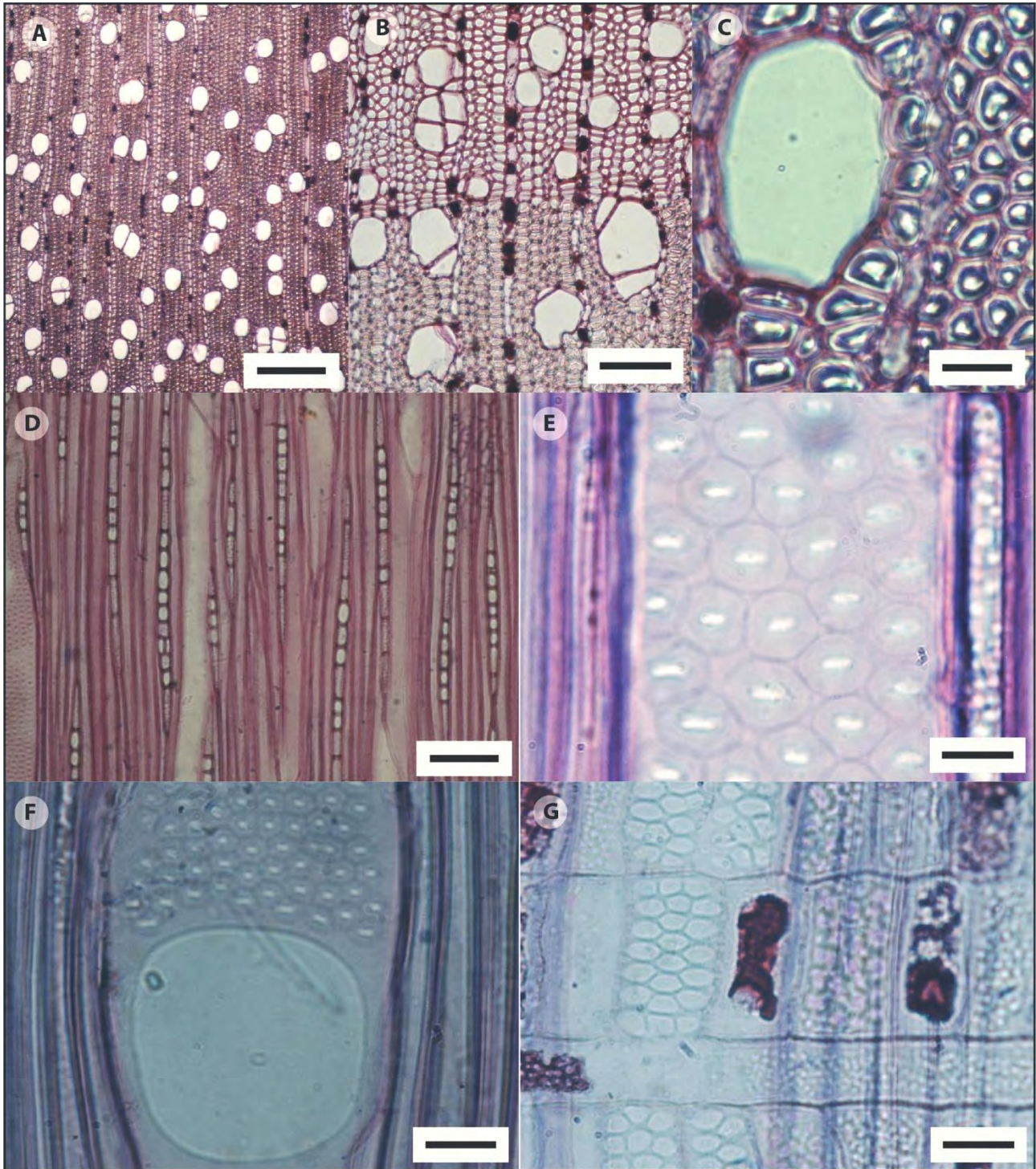


Figura 16. *Salix discolor*. A-C vistas transversales, C. contorno del vaso anguloso. D,E vistas tangenciales. F,G vistas radiales, F. punteaduras radiovasculares con areolas reducidas a aparentemente simples. Escalas: A= 250 μm, B y D= 100 μm, C, F y G=25μm, E=10 μm.

A continuación, se exponen las convergencias estructurales de la madera de las 15 especies estudiadas.

Anillos de crecimiento (Cuadro 4). El 53% del total de las especies estudiadas mostró anillos de crecimiento conspicuos, delimitados principalmente por bandas de fibras con paredes aplanadas radialmente; sólo en *Acaciella angustissima* y *Monina ciliolata* las paredes se fueron engrosando gradualmente hacia la madera tardía; *Calliandra houstoniana* presentó fibras gelatinosas aplanadas radialmente (Figura. 7B). En el 47% restante los anillos no se delimitaron claramente, por lo que dos especies (13.3%) muestran anillos inconspicuos y cinco (33.3%) se definen con anillos de crecimiento intermedios; en estos casos se delimitaron principalmente por fibras de paredes ligeramente más engrosadas, esta característica es evidente en *Clethra hartwegii* quien mostró anillos intermedios al presentar bandas de fibras con las paredes ligeramente aplanadas (Figura 5A).

Vasos (Cuadro 5). La porosidad fue difusa en 67% de las especies, mientras que en el 20% fue semianular y en el 13% restante fue de semianular a difusa. En cuanto al diámetro de los vasos, 87% de las especies mostró un diámetro ($\leq 100 \mu\text{m}$), tres especies presentaron dimorfismo en el diámetro de los vasos; *Calliandr. houstoniana* (100/41 μm), *Acaciella angustissima* (102/64/37 μm) y *B. cordata* (107/64 μm). La longitud de los elementos de vaso fue mediana (con $< 450/716 \mu\text{m}$; 47% de las especies) a moderadamente larga (con $< 335/1404 \mu\text{m}$; 40%), mientras que en el 13% fueron cortos; dentro de esta última categoría *Acaciella angustissima*, mostró los valores más bajos, con 219 μm . La placa de perforación simple fue la más frecuente y se presentó en nueve especies, entre ellas cuatro arbustos y cinco árboles; en las otras seis especies (todas son

árboles) fueron escalariformes. El 80% de las especies (12) mostró punteaduras intervasculares alternas, además en *Calliandra houstoniana* fueron ornamentadas, mientras que en *Alnus acuminata* tuvieron formas poligonales; en tres especies se mostraron punteaduras opuestas (*Agarista mexicana* y *Ternstroemia lineata*) y escalariformes (*Symplocos citrea*). Las punteaduras intervasculares fueron difíciles de observar en las especies que tienen vasos principalmente solitarios. Solo *Buddleja cordata* presentó engrosamientos helicoidales en todo el elemento de vaso.

Fibras (Cuadro 6). El 53% (8 sp.) presentó fibras con punteaduras areoladas evidentes, mientras que en el 40% (7 sp.) fueron simples; *Calliandra houstoniana* y *Monina ciliolata* tuvieron fibras gelatinosas. *Monina ciliolata*, *Acaciella angustissima* y *Roldana angulifolia* presentaron fibras con núcleos evidentes. Con respecto a la longitud de las fibras, sólo *Clethra hartwegii* (6%) presentó fibras moderadamente largas (con 2065 μm); en la mayoría fueron medianas (47% de las especies; con 935 a 1381 μm) y cortas (47%; moderadamente cortas: con 737 a 877 μm ; extremadamente cortas: con 203 a 525 μm ; muy cortas en *Calliandra houstoniana*: 606 μm). En cuanto al grosor de la pared (Cuadro 6) 60% presentó fibras con paredes gruesas (9 especies; en seis fueron muy gruesas, mientras que en tres fueron gruesas); 40% las presentó delgadas (una especie con paredes muy delgadas y cinco con paredes delgadas). En *Populus simaroa* sus fibras mostraron engrosamientos helicoidales y en *Calliandra houstoniana* sólo algunas de ellas los presentaron.

Parénquima axial (Cuadro 7). En 47% (7 sp.) el parénquima axial fue escaso; en el 20% (3 sp.) fue regular, el 33% (5 sp.) restante lo presentó de escaso a regular (*Acaciella angustissima*), abundante (*Calliandra houstoniana*) y ausente o extremadamente raro

(*Populus simaroa*, *Salix discolor* y *Monina ciliolata*). Solo *Calliandra houstoniana* presentó máculas y cristales prismáticos.

Parénquima radial (Cuadro 8). Se reconocieron heterogéneos en el 66% de las especies: tipos I (33%), IIB (20%), IIA y III (13%: *Clethra hartwegii* y *Salix discolor* respectivamente). Radios Ho III se presentaron en el 20% de las especies (3 sp.) y en el 13% restante se reconocieron como Pa I y Pa II (*Monina ciliolata* y *Roldana angulifolia* respectivamente).

Discusión

En este trabajo cinco de las 15 especies descritas (*Roldana angulifolia*, *Calliandra houstoniana*, *Ternstroemia lineata*, *Styrax ramirezii* y *Populus simaroa*), no tienen registros de estudios anatómicos previos, por lo que los datos obtenidos en este trabajo son de gran interés para futuros trabajos anatómico-comparativos.

Anillos de crecimiento. Este carácter puede estar influenciado por varios factores, como son el clima, la altitud, el suelo, la fenología y el origen fitogeográfico, entre otros. En este sentido, su análisis se vuelve multifactorial; sin embargo, uno de los más conocidos es la asociación de los anillos de crecimiento con los factores climáticos. Se ha demostrado en numerosos trabajos que la estacionalidad hídrica a lo largo del año afecta a la actividad cambial, lo que conduce al desarrollo de los anillos de crecimiento (Gómez y Muñiz, 1968; Alves y Angyalossy-Alfonso, 2000; Aguilar-Rodríguez y Terrazas, 2001). Algunos trabajos en México, sobre anatomía de madera en especies que crecen en un mismo ambiente, muestran que los anillos de crecimiento tienden a no ser evidentes en maderas de bosques húmedos de montaña/BMM; una de las explicaciones hace alusión a la homogeneidad en la humedad y temperatura a lo largo del año (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005), esto es, a los climas mesotérmicos que generalmente imperan en esos sitios (Alves y Angialossy-Alfonso, 2000). Sin embargo, la presencia de anillos de crecimiento en 53% de las especies estudiadas, revela que pueden existir diferencias entre sitios. Por ejemplo, un estudio realizado en zonas aledañas a este trabajo, mostró que 83% de las especies forma anillos de crecimiento conspicuos (Segundo-Pineda, 2016). Probablemente dicha diferencia en estos porcentajes se deba a particularidades ambientales; se dice que incluso en un bosque húmedo, hay variaciones significativas en

el suministro de agua, lo que contribuye a un cambio en la tasa de crecimiento de los árboles y como consecuencia en el desarrollo de anillos de crecimiento (Vetter y Botosso, 1989). Otros porcentajes se han observado en trabajos realizados en diferentes localidades del país (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005), pero la mayoría de ellos muestran resultados parciales, pues el número de especies generalmente no representa la mayor parte de la flora leñosa de esos sitios (Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006), por lo que todavía hay que hacer mucho al respecto. Otro aspecto que podría explicar en parte la presencia de especies con anillos de crecimiento evidentes en un porcentaje significativo en la zona de estudio, es la altitud. LaMarch (1968) demostró que conforme ésta aumenta, la fotosíntesis es insuficiente para el crecimiento de los árboles debido a la corta estación cálida y las bajas temperaturas. Bajo tales condiciones los tejidos conductores no sufren un incremento significativo, con la consecuente formación de anillos crecimiento. En este sentido, los puntos de muestreo fluctuaron entre los 2128 y 2918 de altitud, y se reconocen como elevaciones considerables dentro de las registradas para los BHM (Challenger y Soberón, 2008; Villaseñor, 2010; Gual-Díaz y Rendón-Correa, 2014). Por ejemplo, Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata (2006) registran en altitudes que superan los 2000 msnm (2200-2700 msnm) que 67% de las especies tienen anillos de crecimiento evidentes.

Se han registrado al menos siete cambios estructurales que definen a los anillos de crecimiento (IAWA Committee, 1989). En este trabajo se nota una de ellas, que son bandas de fibras con las paredes engrosadas y/o aplanadas radialmente que definen, en la mayoría de los casos la madera tardía del anillo de crecimiento. Esta característica también es frecuente en las especies de BMM que forman anillos de crecimiento, en

distintos sitios (Aguilar-Rodríguez, *et al.*, 2000; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014).

Las diferencias entre árboles y arbustos muestran que tres especies de las cuatro estudiadas de hábito arbustivo (75%) y cinco de las 11 de hábito arbóreo (45%), presentan anillos de crecimiento. Al respecto, Ramírez-Ferreiro (2015) y Segundo-Pineda (2016) también observan que en las localidades de BMM que ellos estudiaron, los arbustos, igual que los árboles, pueden o no formar anillos de crecimiento. Los porcentajes pueden variar entre un área y otra; por ejemplo, Ramírez-Ferreiro (2015) registró 40% (cuatro especies) de hábito arbustivo y 75% (tres especies) de hábito arbóreo, con anillos; mientras que Segundo-Pineda (2016) obtuvo que 90% (nueve especies) de hábito arbustivo y 75% (seis especies) de hábito arbóreo, formaron anillos. Para poder conocer más sobre este carácter es importante relacionar todos los factores mencionados anteriormente además del suministro de agua, la temperatura, la intensidad de la luz, fotoperiodo y los gradientes de hormonas (Alves y Angyalossy-Alfonso, 2000).

Vasos. Las propiedades de los elementos de vaso son afectadas por factores climáticos como la temperatura y la disponibilidad de agua, entre otros, en relación con la latitud, altitud y diferentes hábitats (Baas, 1982; Graaff y Baas, 1974; Carquist, 1988). Asimismo, se ha reportado que la porosidad es una estrategia de las plantas que está asociada a las condiciones ambientales. Por ejemplo, la porosidad difusa se ha reportado para diversos trabajos de BMM, en este trabajo la mayoría de las especies (67%), presenta porosidad difusa, mientras que en el resto (33%) fue de semianular-anular. Aunque el porcentaje de especies con porosidad difusa varía entre localidades, generalmente se reportan valores mayores al 70% (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Castro-Plata y Aguilar-

Rodríguez, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Ramírez-Ferreiro, 2015; Segundo-Pineda, 2016). De estos trabajos, el valor más alto lo registran Aguilar Rodríguez y Castro-Plata (2006) quienes reportan que un 92% de las maderas presentó porosidad difusa en especies procedentes del BMM de la parte suroeste del Estado de México. A pesar de que este carácter se presenta en especies que habitan ambientes en donde no existe estacionalidad marcada y el aporte de humedad es alto, parece ser que este tipo de porosidad, también está más o menos representada en otros tipos de vegetación. Por ejemplo, Ramírez-Martínez *et al.*, (2017) mencionan que 52% de las especies procedentes de una selva baja caducifolia de Tamaulipas tienen porosidad difusa. Para el caso de *Acaciella angustissima* y *Buddleja cordata* (con porosidad semi-anular) parece ser un atributo propio de la especie puesto que Aguilar-Alcántara *et al.* (2014) registran la misma característica en una localidad de BMM en Tamaulipas.

Vasos agrupados se ha reportado en un mayor número de especies que crecen en ambientes secos, mientras que los solitarios o raramente agrupados, son más propios de ambientes húmedos (Carlquist, 1966; Barajas-Morales 1985; Fahn *et al.*, 1986; Lindorf, 1994). En este trabajo los vasos se presentan principalmente agrupados en el 69% de las especies; probablemente esto se relacione con la disposición de agua. La agrupación de vasos, así como el diámetro de éstos están estrechamente relacionados con su frecuencia. Algunos trabajos atribuyen que el número de vasos aumentan a medida que disminuye la disponibilidad de humedad y conforme aumenta la altitud (Zhang *et al.*, 1992; Yaman, 2008), en este trabajo se presentan principalmente numerosos (17-78/ mm²). Carlquist (1988) señala que las correlaciones entre algunas características cuantitativas de los elementos de vaso y la altitud deben relacionarse con factores de disponibilidad de agua

y temperatura. La temperatura baja extrema afecta la viscosidad del agua en el suelo y en el tallo; ésta es un factor importante que limita la absorción de agua del suelo y el transporte de agua en el xilema secundario; por ello, la temperatura, igual que la humedad ambiental, también tiene influencia en el tamaño y/o número de los vasos.

Por otro lado, los vasos estrechos proporcionan una alta seguridad de conducción hidráulica ya que, al encontrarse en mayor número, los embolismos en áreas particulares de los vasos, no afectan una parte considerable del tejido de conducción; contrario a esto se menciona que los vasos con mayor diámetro son altamente eficientes (Williams y León, 2005). En este trabajo se presentaron principalmente diámetros pequeños (40-102 μm), estos resultados concuerdan con otros trabajos reportados para otras localidades de BMM (Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2014; Segundo-Pineda, 2016). Además, Erak (1971; citado por Metcalfe, 1979) encontró que a mayores altitudes los vasos son más pequeños y desarrollan paredes más gruesas que los observados en especies que crecen en tierras bajas.

Los caracteres de los vasos que se han descrito para el BMM, no son únicos de estos ambientes, puesto que tienen similitudes con otras comunidades vegetales. Por ejemplo, en condiciones de extrema aridez (bosque seco tropical) el número de vasos puede fluctuar entre 24 y 208/ mm^2 y los diámetros ser pequeños a muy pequeños (95% de las especies; Lindorf, 1994). En una zona de manglar se reportan valores que varían entre 10 y 40/ mm^2 , con diámetros pequeños (91%; Williams y León, 2001). Ya sea que se trate de un mismo tipo de vegetación o no, pueden exhibirse convergencias estructurales entre ellos, o no necesariamente. Al respecto, también se han hallado diferencias entre los

bosques seco tropicales de Venezuela (Lindorf, 1994; Williams y León, 2005). Una vez más, las condiciones ambientales parecen estar permeando tales resultados.

Sólo *Calliandra houstoniana* presenta punteaduras intervasculares ornamentadas, se menciona que este carácter proporciona una ventaja ecológica para las especies, al impedir la entrada de burbujas de aire al elemento de vaso, provocadas por la pérdida de la presión del agua (Carlquist, 1982), también presenta tílides al igual que *Roldana angulifolia*; éstas pueden ser consideradas como un carácter ambiguo y su presencia o ausencia en la mayoría de los casos no son un carácter taxonómico (Carlquist, 1988).

Se ha reportado que a medida que disminuye la cantidad de humedad disponible, se produce un acortamiento en la longitud de los elementos vasculares y viceversa (Williams y León, 2005); por ejemplo, en un bosque muy seco a seco tropical en Venezuela los elementos de vaso son cortos (169-277 μm ; Silva *et al.*, 1989). Aguilar-Rodríguez *et al.* (2001) realizaron un trabajo en el cual comparan especies de un BMM y un matorral xerófilo y obtienen valores más pequeños para esta última comunidad. Sin embargo, Xinying *et al.* (1988) reporta una correlación positiva entre la altitud y la longitud de los elementos de vaso.

Se han hecho estudios en BMM de diferentes localidades y los elementos de vaso se reconocen como medianos a largos ($> 350 \mu\text{m}$; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005); estas características coinciden con este trabajo presentando valores de (450/716 μm). Solo dos especies, *Calliandra houstoniana* y *Acaciella angustissima*, presentan elementos de vaso cortos; en diversos trabajos para el género *Acaciella* también se han reportado longitudes cortas (Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Ramírez-Martínez *et al.*, 2017; Machuca-Velasco *et al.*, 2017).

En términos ecológicos, se ha observado que las especies localizadas en zonas con climas secos y altas temperaturas, se caracterizan por la presencia casi exclusiva de placas de perforación simple; mientras que las especies localizadas en zonas de climas fríos, presentan una alta incidencia de placas de perforación escalariformes (Rallo *et al.*, 2008). Este último carácter se ha encontrado frecuentemente en especies que se desarrollan en ambientes húmedos de montaña (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006). En este trabajo se presentaron placas de perforación escalariformes en seis especies. A pesar de no representar el mayor número de especies, esta característica se presenta más frecuentemente en el BMM, que en otros tipos de vegetación (Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Ramírez-Ferreiro, 2015; Segundo-Pineda, 2016). En términos de evolución de este carácter, se dice que las perforaciones escalariformes son un carácter retenido con respecto a las perforaciones simples (Rallo *et al.*, 2008).

Buddleja cordata presenta engrosamientos helicoidales en todo el elemento de vaso, esto podría considerarse un carácter taxonómico al presentarse en varias especies de *Buddleja* (Aguilar-Rodríguez y Terrazas, 2001; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014); así mismo, se dice que su presencia también está relacionada con el estrés hídrico (Carlquist, 1988).

Fibras. Éstas tienen la función de proporcionar soporte en la madera, sus punteaduras evitan embolismos e impiden el movimiento de patógenos entre los conductos; además, representan el 50% total en la resistencia hidráulica (Choat *et al.*, 2008). Las fibras libriformes (con punteaduras simples) y las fibro-traqueidas (con punteaduras areoladas), dan soporte estructural al xilema de las angiospermas (Hacke, 2015). Para este trabajo se

obtuvo que 53 % de las especies (ocho) presenta punteaduras areoladas en sus fibras y en el 40% (siete) son simples; estos resultados coinciden con Segundo-Pineda (2016). Sin embargo, en otras localidades de climas templados se reportan mayores porcentajes de especies con fibras de punteaduras simples (> 60%; Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994; Aguilar-Rodríguez, 2001; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Ramírez-Ferreiro, 2015; Ravel-Gleasson, 2017).

Otros rasgos de las fibras, también se ven influenciados por la disponibilidad de agua, por lo que se dice que existe una relación positiva entre el tamaño de estos elementos celulares y la humedad (Baas *et al.*, 1983; Fahn *et al.*, 1986; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2001). De acuerdo a la clasificación propuesta por Chattaway (1932), para este trabajo se obtuvo el 47% de las especies con fibras medianas, mientras que en otro 47% son cortas; estos resultados coinciden con los reportados por Aguilar-Alcántara *et al.* (2014) y Castro-Plata y Aguilar-Rodríguez (2006) quienes obtienen un 50% para longitudes medianas, así como Segundo-Pineda (2016) quien obtuvo 44% para la misma longitud; sin embargo, difieren de los resultados obtenidos para otros sitios de clima templado (Pérez-Olvera y Quintanar-Isaías, 1994; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Pérez-Olvera *et al.*, 2008; Ramírez-Ferreiro, 2015; Ravel-Gleasson, 2017). Solo *Clethra hartwegii* presenta fibras moderadamente largas (6%), y se ha reportado esta misma longitud (1075 μm) para otra especie de este género (*Clethra pringlei*) (Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014). Es necesario medir otros factores para conocer cuáles son los parámetros que afectan la variación de este carácter.

Se ha visto en numerosos trabajos que el incremento de fibras con paredes gruesas aumenta conforme la aridez del clima; mientras que las especies que disponen de mayor cantidad de humedad o que crecen cerca de corrientes de agua, tienen fibras con paredes delgadas (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014). En este trabajo principalmente se observan paredes gruesas (60%), dichos resultados contrastan con otras localidades de BMM (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2000; Aguilar Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Aguilar-Rodríguez, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Ravel-Gleasson, 2017.); sin embargo, coinciden con los resultados de Segundo-Pineda (2016) quien obtiene que 55.5% de sus especies muestran paredes gruesas. En otros tipos de vegetación, como el matorral xerófilo la mayoría de sus especies muestra paredes más gruesas, comparadas con las del BMM (Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2001). De la misma manera, en una selva baja caducifolia de Tamaulipas, Ramírez-Martínez *et al.* (2017) obtienen que un 62% de las especies que ellos estudiaron tienen paredes gruesas.

Las fibras de *Roldana angulifolia*, *Acaciella angustissima*, *Monina ciliolata* y *Buddleja cordata* presentaron núcleos evidentes. Con respecto a la última especie, los núcleos en las fibras también se han reportado para otras especies de *Buddleja*; se menciona que éstos tienen la finalidad de almacenar material de reserva y ser usado en el momento de reiniciar la actividad cambial (Aguilar-Rodríguez y Terrazas, 2001; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2006). *Monina ciliolata* y *Calliandra houstoniana* presentan fibras gelatinosas, para la primera especie los resultados coinciden con los reportados por Segundo-Pineda (2016), mientras que Silva *et al.* (1989) también reporta fibras gelatinosas en otra especie del género *Calliandra*. (*C. gracilis*). Algunas fibras gelatinosas están relacionadas con la

madera de reacción, las cuales conservan las paredes de celulosa (Whinder *et al.*, 2012) y se dice que el agua podría influir en la presencia de éstas. Debido a que el agua permite estabilizar los geles formados por pectinas, se tiende a cierta respuesta a la deformación por parte de la fibra. La función de estos geles está relacionada con la estabilización del agua y permite mantener el medio osmótico de la planta dando protección física para regular el transporte de metabolitos entre la planta y su medio (Rivera-Nava *et al.*, 1999).

Los radios, al igual que el parénquima axial, son caracteres relacionados con aspectos evolutivos de las plantas, entre otros (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005). Se ha interpretado el parénquima axial escaso como un carácter primitivo que, junto con los radios multiseriados heterogéneos, fueron comunes en las primeras angiospermas (Wheeler y Baas, 1991).

El parénquima axial en este trabajo se presenta escaso en el 48% de las especies, esto no coincide con trabajos reportados para otros bosques de clima templado, puesto que en ellos se registra mayor porcentaje de especies (> 50%) con esta característica (Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Segundo-Pineda, 2016; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Ramírez-Ferreiro, 2015 y Ravel-Gleasson, 2017). Se ha observado que en regiones frías las maderas tienden a tener poco parénquima axial, contrario a ello, en regiones calurosas es más abundante (Alves y Angyalossy-Alfonso, 2002). Parénquima más abundante se presenta en el otro 51.3% de las maderas; excepto *Acaciella angustissima*, en la cual es difícil observar parénquima axial; esta característica la reporta Segundo-Pineda (2016) para la misma especie. El caso contrario lo tiene *Calliandra houstoniana* con abundante parénquima. Esta especie tiene además, máculas y cristales prismáticos; todos estos caracteres se han observado en

diferentes subfamilias de Mimosoideae (Williams y León, 2008; Montaña-Arias *et al.*, 2016 y Silva *et al.*, 1989).

En cuanto a la presencia de parénquima radial se observa principalmente radios heterogéneos (66%), esta característica es común para otros trabajos de BMM (>50%) (Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014; Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Ramírez, 2015; Segundo-Pineda, 2016 y Ravel-Gleason, 2017). Los radios heterogéneos con márgenes uniseriados largos tipo I (Kribs, 1935) fueron frecuentes en este estudio, estos están relacionados con maderas primitivas (Carlquist, 1988).

Así mismo se presentan radios paedomorficos en dos especies (*Monina ciliolata* y *Roldana angulifolia*). Esta característica es frecuente en algunos grupos taxonómicos por ejemplo *Monina ciliolata* y *Monina sylvatica* han sido reportadas con la misma característica (Segundo 2016; Ravel-Gleason, 2017).

Conclusiones

Los árboles y arbustos de la región de Valle de Bravo y zonas aledañas del Estado de México, presentan diversidad en las características anatómicas de sus maderas y que algunas de ellas muestran porcentajes sobresalientes. Por ejemplo, la porosidad difusa (67%), el diámetro pequeño del lumen de los vasos ($\leq 100 \mu\text{m}$), la presencia de elementos de vasos con longitudes de medianas a largas (87%), fibras con longitudes de largas a mediana (53%), radios heterogéneos (66%), placa de perforación simple (60%), grosor de la pared de las fibras gruesas (60%) y punteaduras intervasculares alternas (80%).

Otros caracteres, como los anillos de crecimiento conspicuos (53%), fibras con punteaduras areoladas (53%), parénquima axial escaso (47%), punteaduras de las fibras areoladas evidentes (53%), no muestran tendencias evidentes.

La presencia de anillos de crecimiento conspicuos en la mitad de las especies, las paredes gruesas de las fibras, la baja proporción del parénquima axial escaso, la presencia de vasos agrupados, son posibles indicadores del clima en estos bosques húmedos, que sobrepasan altitudes mayores a los 2000 m s.n.m.

Es importante continuar con estudios a nivel intraespecífico y en diferentes tipos de vegetación para esclarecer los límites de variación del carácter dentro de una especie y así conocer su comportamiento y contribuir eficazmente en estudios sistemáticos y uso del recurso. Los estudios descriptivos continúan aportando datos en este sentido para especies ya descritas y para las que aún no la han sido.

Literatura citada

- Aguilar-Rodríguez, S., Abundiz Bonilla, L., Barajas-Morales, 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 p.
- Aguilar-Rodríguez, S. y Terrazas, T. 2001. Anatomía de la madera de *Buddleja L.* (Buddlejaceae): análisis fenético. *Madera y Bosques* 7: 63-85 p.
- 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 de México.*77: 51-58 p.
- Aguilar-Alcántara, M., Aguilar-Rodríguez, S., 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 p.
- Aguilar-Rodríguez, S. y Castro-Plata, B.J. 2006. Anatomía de la madera de doce especies del bosque mesófilo de montaña del Estado de México. *Madera y Bosques* 12: 95-115 p.
- Aguilar-Rodríguez, S., Terrazas, T. y López-Mata, L. 2006. Anatomical Wood variation of *Buddleja cordata* (Buddlejaceae) along its natural range in Mexico. *Trees.* 20: 253-261 p.

- Aguilar-Rodríguez, S., Barajas-Morales, J. y Tejero-Díez, J. D. 2000. Anatomía de maderas de México: especies de un bosque mesófilo de montaña: Instituto de Biología. Publicaciones especiales 17. Universidad Autónoma de México. 87 p.
- Alves E. S. y Angyalossy-Alfonso, V. 2000. Ecological trends in the Wood anatomy of some Brazilian species. Growth rings and vessels. International Association of Wood Anatomists Journal. 21: 3-30 p.
- Alves E. S. y Angyalossy-Alfonso, V. 2002. Ecological trends in the Wood anatomy of some Brazilian species. 1. Axial parenchyma, rays and fibers. International Association of Wood Anatomists Journal. 23: 391-418 p.
- Araque, N. A. y León H.L.W. 2006. Anatomía comparada del leño de *Spondias mombin* L. (Anacardiaceae) que crece en zonas de banco y bajío de la reserve forestall Caparo (Barinas, Venezuela). Revista Forestal Venezolana 50: 9-17 p.
- Baas, P.E, Werker y Fahn, A. 1983. Some ecological trends in vessel characters. International Association of Wood Anatomists Journal. Bulletin new series Bulletin. 4: 141-159 p.
- Baas, P. 1982. Systematic, phylogenetic and ecological Wood anatomy-history and perspectives In: Baas, P. (ed). New Perspectives in Wood Anatomy. Martinus Nijhoff Pub. Boston 23-58 p.
- Barajas-Morales, J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. International Association of Wood Anatomists Journal. Bulletin new series Bulletin. 6: 355-364 p.

- Calderón de Rzedowski, G. y Rzedowski, J. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C./Conabio. México. 1406 p.
- Carlquist, S. 1982. Wood anatomy of Onagraceae: further species, root anatomy, significance of vestured pits and allied structures in dicotyledons. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 69: 755-769 p.
- Carlquist, S. 1988. Comparative wood anatomy. Systematic, ecological, and evolutionary aspects of dicotyledon wood. Springer-Verlag. Berlin. 436 p.
- Carlquist, S. 1966. Wood anatomy of Compositae: a summary, with comments on factors controlling wood evolution. *Aliso* 6: 25-44.
- Carranza, G. E. 1993. Styracaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro. Michoacán, México. Fascículo 21: 8-10.
- Catalogue of life. s.f. Catalogue of life: 2017 Annual Checklist. <http://www.catalogueoflife.org>
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 1995. Jaúl (*Alnus acuminata* spp. arguta), especie de árboles de uso múltiple en América Central. Cartago, CR, Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales. 37 p.
- Córdova-Tapia, F., Zambrano, L. 2015. La diversidad funcional en la ecología de comunidades. *Revista Ecosistemas* 24: 78-87 p.
- Carranza, G.E. 1995. Salicaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro. Michoacán, México. Fascículo 37: 15-17 p.

- Chattaway, M.N. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 29 :20-28 p.
- Choat, B., Cobb, A. R. y Jansen, S. 2008. Structure and function of bordered pits new discoveries and impacts on whole-plant hydraulic function. *New Phytologist*, 177 :608-626 p.
- Challenger, A., J. Soberón, J. 2008. Los ecosistemas terrestres, en *Capital natural de México*, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México 87-108 pp.
- Díaz-Barriga, H. 1993. Symplocaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México. Fascículo 19:1-6 p.
- Fahn, A., Werker, A. y Baas, P. 1986. Wood anatomy and identification of trees and shrubs from Israel and adjacent regions. The Israel Academy of Sciences and Humanities, Jerusalem. 212 p.
- González-Eliozondo. S. y González-Eliozondo. M. 2014. Ericaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A. C. Centro regional del Bajío, Pátzcuaro Michoacán. México. Fascículo 183: 4-7 p.
- Grigore, M.N. y Toma, C. 2005. Contributions to the knowledge of the anatomical structure of some halophytes (I). *Stud Cerc St University Bacău. Serie Biological* 10: 125-128 p.

- González-Espinoza, M., Meave, J.A., Ramírez-Marcial, N., Toledo-Aceves, T., Lorea-Hernández, F.G., Ibarra-Manríquez, G. 2012. Los bosques de niebla de México conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas* 21: 36-52 p.
- González-Villarreal, L. M. 2005. Foliar trichoma variation in *Clethra* Subsect. *Cullaria* (Clethraceae) from México. *Ibugana. Boletín*. 13: 17-65 p.
- González-Villareal, L.M. 1996. Clethraceae. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México. Fascículo 47: 3-7 p.
- Gómez, A. V. y Muñiz, G.I.B. 1986. Wood structure and ultrastructure of *Prosopis caldenia*, *P. chilensis* and *P. juliflora* and influence of ecological factors. II International conference on *Prosopis*, FAO. 195-216 p.
- Gual-Díaz, M. y Rendón-Correa, A. 2014. Bosques mesófilos de montaña de México: diversidad, ecología y manejo. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México (comps). 352 p.
- Humboldt, A y Bonpland, A. 1817. *Nova Genera et Species plantarum. Lutetiaë parisiorum, sumtibus librariæ græco-latino-germanicæ* 14: 45-47 p.
- Hernández, M. H. 2007. *Calliandra*. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, México. Fascículo 150: 68-80 p.

- Hacke, U. 2015. Functional and Ecological Xylem Anatomy. New York. Springer International Publishing Switzerland. 268 p.
- International Association of Wood Anatomists. Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification (ed. E.A. Wheeler, P. Baas, P.E. Gasson). International Association Wood Anatomists Journal Bulletin new series 10: 219-332 p.
- International Association of Wood Anatomists. 1937. Committee on the standardization of term of cell size. Standard terms of length of vessel members and wood fiber. Tropical woods, 51: 21-22 p.
- Kribs, D. A. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays in dicotyledons. Botanical Gazette, 96: 547-557 p.
- LaMarch, V. 1968. Tree-ring growth in high-altitude bristlecone pine as related to meteorological factors. The laboratory of tree-ring research of the University of Arizona. 3-23 p.
- Lindorf, H. 1994. Eco-anatomical wood features of species from a very dry tropical forest. International Association of Wood Anatomists Journal 15: 361-376 p.
- López, M.S. 1997. Tendencias ecológicas en la estructura de la madera de árboles de un bosque mesófilo de montaña, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. 78 p.
- Luna, V., M. I. 2003. *Carpinus caroliniana*. Taxones del bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre Oriental incluidos en la norma oficial mexicana. Herbario FCME, Departamento

de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. Bases de datos SNIB/CONABIO. Proyecto W025. México. D.F.

Luna, V. I. y Alcántara, A. O. 2002. Flora de Guerrero. Theaceae. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. No. 12.1ra Edición. México.

Machuca-Velasco, R., Borja de la Rosa, A., Corona-Ambriz, A., Zaragoza-Hernandez, I., Arreola-Avila, J. y Jiménez-Machorro, J. 2017. Xilotecnia of the wood of *Acacia schaffneri* from the state of Hidalgo, Mexico. *Maderas. Ciencia y Tecnología* 19: 294-308 p.

Martinez, G. R.E. Gonzáles, V.L.M. 2002. La familia Salicaceae (*Populus*) en el estado de Jalisco, México. Flora de Jalisco. Instituto de Botánica. Universidad de Guadalajara. México 5 p.

Martínez-Cabrera, D., Terrazas, T., Ochoterena, H., Torres-Montúfar, A. 2015. Madera y corteza de algunas Rubiaceae en México: similitud estructural. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 86: 59-71 p.

Montaño-Arias, S.A., Camargo-Ricalde, S. L., Grether, R. 2016. Anatomía de la madera de tres especies de *Mimosa* (Leguminosae-Mimosoideae) distribuidas en México. *Madera y Bosques* 22: 191-202 p.

Metcalf, C. 1979. *Anatomy of the dicotyledons: Vol. 1. Systematic anatomy of the leaf and stem, with a brief history of the subject.* Oxford University Press.

- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jamnadass, R., Anthony, S. 2009 Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0 < <http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp> >.
- Ocampo, A. G. 2003. Buddlejaceae. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Instituto de Ecología A.C. Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro. Michoacán, México. Fascículo 115: 7-12 p.
- Pacheco, L. 1983. Flora de Veracruz. Styracaceae. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Xalapa, Veracruz. Fascículo 32: 3-6 p.
- Pérez, Olvera, C y Quintanar Isaías, A. 1994. Características anatómicas de la madera de cinco especies del estado de Jalisco, México. Acta Botánica Mexicana 27: 75-87 p.
- Pérez-Navarrete, A.I. 2017. Flora de fragmentos del bosque templado húmedo en el área de los álamos, Valle de Bravo, Estado de México, México. Tesis Licenciatura. FES Iztacala Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México. 73 p.
- Pérez-Olvera, C., Mendoza-Aguirre, M., Ceja-Romero, J., Pacheco, L. 2008. Anatomía de la madera de cinco especies de la familia Rosaceae. Madera y Bosques. 14 : 81-105 p.
- QGIS Development Team. 2018. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation. Mapa de sitios de colecta. < <https://qgis.org>. >
- Quintanar Isaías, A., Icaza Herrera, M., Rivera Nava, L. y Pérez Olvera, C. 1998. Algunas características anatómicas y acuáticas de tres especies de angiospermas de Huayacocotla, Ver. Madera y Bosques 4: 15-25 p.

- Rallo, M., Montecinos, D., Mundaca, T. 2008. Perforaciones escalariformes en vasos de árboles nativos de Chile. *Maderas. Ciencias y Tecnología* 10: 163-172 p.
- Ramírez- Martínez, M., Terrazas, T., Aguilar-Rodríguez, S. y Martínez-Ávalos, J.G. 2017. Anatomía de la madera de especies de la selva baja caducifolia de Tamaulipas, México. *Madera y Bosques* 23: 21-41 p.
- Ramírez-Ferreiro, A. A. 2015. Anatomía de madera y corteza de especies de un bosque mesófilo de montaña de Veracruz, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México. 95 p.
- Rzedowski, G. C. de Rzedowski J y colaboradores. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2da Ed. 1ra Reimpresión. Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro. Michoacán. 1406 p.
- Ruzin, S.E. 1999. Plant microtechnique and microscopy. Oxford, New York: Oxford University. 322 p.
- Rzedowski, J. 1975. Tres dicotiledóneas mexicanas nuevas de posible interés ornamental. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 35: 37-49 p.
- Rojas-Zenteno, C. E., Orozco-Villa, M., Romero-Rangel, S., Montoya-Ayala, R. 2016. Vegetación y flora del municipio de Temascaltepec, Estado de México, México. *Polibotánica* 42: 43-89 p.

- Ravel-Gleason, C. 2017. Especies de bosque mesófilo de montaña: Anatomía de madera de árboles y arbustos. Tesis de licenciatura. FES Iztacala. Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México. 98 p.
- Ruiz-Jiménez, C.A., Téllez-Valdés, O, e Luna-Vega., I. 2012. Clasificación de los bosques mesófilos de montaña de México: afinidades de la Flora. Revista Mexicana de Biodiversidad 83: 1110-1144 p.
- Rivera-Nava, L., Quintanar-Isaías, A., Pérez-Olvera, C. 1999. Comparación histoquímica de albura y duramen de tres especies de *Quercus*. Madera y Bosques 5: 27-41.
- Segundo-Pineda, A. 2016. Anatomía de la madera de especies de un bosque mesófilo de montaña de la Reserva Estatal Monte Alto, Estado de México. Tesis de licenciatura. FES Iztacala Universidad Nacional Autónoma de México. Estado de México, México. 89 p.
- Silva, A., Blanco, C., Lindorf, H. 1989. Anatomía de la madera de nueve leguminosas de Venezuela. Acta botánica brasílica 2: 115-134 p.
- Santana, G., M., Mendoza, M., Salinas, V., Pérez-Salicrup, D., Martínez, Y., y Aburto, I. 2014. Análisis preliminar de la diversidad y estructura arbórea-arbustiva del bosque mesófilo en el Sistema Volcánico Transversal de Michoacán, México. Revista Mexicana de Biodiversidad 85: 1104-1106 p.
- Terrazas, T. 1988. Síntesis histórica de los estudios de la anatomía de la madera en México. Agrociencia 71: 43-58 p.

- Villaseñor, J. L. 2010. El bosque húmedo de montaña en México y sus plantas vasculares: Catálogo Florístico–Taxonómico. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 38 p.
- Vetter, R.E y Botosso, P.C. 1989. Remarks on age and growth rate determination of Amazonian trees. International Association Wood Anatomists Journal Bulletin new series 10: 133-145 p.
- Wheeler A. E. y Baas, P. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous Wood and its significance for evolutionary and ecological Wood anatomy. International Association of Wood Anatomists Bulletin new series 12 : 257-332 p.
- Williams, J. y León H. 2001. Anatomía del leño, aspectos ecológicos y filogenia en mangles de Venezuela. Revista Forestal Venezolana. 45: 192-203 p.
- Williams, J. y León, H. 2005. Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. Acta Botánica Venezuela 28: 257-274 p.
- Williams, J. y León H. 2008. Anatomía de madera e 31 especies de la subfamilia mimosoideae (Leguminosae) en Venezuela. Colombia Forestal, 11: 113-135 p.
- Xinying, Z., Liang, D., and Baas, P. 1988. The ecological wood anatomy of the Lilacs (*Syringa oblata* var. *graldii*) on mount Taibei in North-western China. International Association Wood Anatomists Journal Bulletin new series 9: 24-30 p.

Yaman, B. 2008. Variación en características cuantitativas de elementos de vaso en madera de *Junglans regia* en la región occidental del mar negro, Turquía. *Agrociencia* 42: 357-365 p.

Zhang, S., Baas, P. y Zandee, M. 1992. Wood structure of the Rosaceae in relation to ecology, habit and phenology. *International Association Wood Anatomists Journal Bulletin new series* 13: 307-349 p.

Cuadro 4. Características de los anillos de crecimiento de las 15 especies de una región de Valle de Bravo y zonas aledañas del Estado de México.

Especie	C/I/Inc	Po	Descripción
<i>Roldana angulifolia</i>	I	D	Delimitadas por fibras en la madera tardía con paredes ligeramente más gruesas y aplanadas radialmente.
<i>Alnus acuminata</i>	C	D	Delimitados por una banda angosta de hasta de 6 a 12 células de fibras con paredes aplanadas radialmente.
<i>Carpinus caroliniana</i>	C	D	Delimitado por una banda angosta de 2-4 filas de fibras con paredes gruesas y radialmente en la madera tardía
<i>Clethra hartwegii</i>	I	D	En ocasiones delimitado por una banda angosta de hasta 3 hileras de fibras con las paredes apenas aplanadas radialmente
<i>Agarista mexicana</i>	Inc	D	---
<i>Calliandra houstoniana</i>	C	SA-D	Delimitados por una banda angosta de 3-6 hileras de fibras gelatinosas aplanadas radialmente en la madera tardía.
<i>Acaciella angustissima</i>	C	SA	Delimitados por una banda de fibras de paredes engrosadas de 4 a 7 células que se van engrosando gradualmente hacia la madera tardía
<i>Ternstroemia lineata</i>	I	D	En ocasiones apenas delimitados por una banda delgada, no del todo continua, de fibras con paredes más gruesas y aplanadas radialmente en la madera tardía.
<i>Monnina ciliolata</i>	C	D	Se aprecian amplias bandas de fibras cuyas paredes se van engrosando gradualmente hasta formar de 3 a 5 hileras de fibras con paredes aplanadas radialmente al final de la madera tardía.
<i>Crataegus mexicana</i>	I	D	En ocasiones apenas delimitados por una banda angosta de 2 a 3 (5) hileras de fibras con las paredes engrosadas en la madera tardía, ocasionalmente con paredes aplanadas radialmente.
<i>Symplocos citrea</i>	Inc	D	---
<i>Styrax ramirezii</i>	I	D	Apenas delimitados por bandas amplias de fibras con paredes ligeramente más engrosadas y ocasionalmente de 2-4 hileras de células aplanadas en la madera tardía.
<i>Buddleja cordata</i>	C	SA-A	Delimitados por una banda angosta de vasos de mayor diámetro en la madera temprana, en ocasiones se aprecia asociada a ellos una banda de 1 a 2 hileras de células de fibras con las paredes ligeramente aplanadas radialmente
<i>Populus simaroa</i>	C	D-SA	Delimitados con una banda de 6 a 14 hileras de fibras con paredes aplanadas radialmente en la madera tardía
<i>Salix discolor</i>	C	SA	Delimitados por una banda de 3-6 hileras de fibras aplanadas radialmente y vasos de menor diámetro en la madera tardía

Anillos de crecimiento: Conspicuos (C); Intermedios (I); Inconspicuos (Inc). **Porosidad (Po):** Difusa (D); Semianular (SA); Anular (A).

Cuadro 5. Características cuantitativas y cualitativas de los elementos de vaso de las 15 especies de una región de Valle de Bravo y zonas aledañas del Estado de México.

Especie	CV	Vasos/mm ²	Agrupación (no. de vasos agregados)	Diámetro µm/ clasificación	PP/ inclinación	#BPP	PI/ diámetro µm	Longitud µm/ clasificación	Punteaduras radiovasculares
<i>Roldana angulifolia</i>	LA	58 /MuN	A (5-12)	49 ± 8/MP	S/30-60°	--	A/6	450 ± 27/M	No evidentes
<i>Alnus. acuminata</i>	CR	45/MuN	S y A (2-6)	79 ± 6/P	E/48-73°	10-20	AP/8	898 ± 68/ML	Alternas poligonales
<i>Carpinus caroliniana</i>	CR	39/ MuN	S y AR	65 ± 8/P	S/38-69°	---	A/11	716 ± 75/M	Con bordes reducidos o aparentemente simples
<i>Clethra hartwegii</i>	CA	29/N	S (2)	74 ± 7/P	E/62-84	20-40	A/5	1351 ± 132/ML	Similar a las punteaduras intervasculares
<i>Agarista mexicana</i>	CA	65/MuN	S (2-5)	45 ± 7 /MP	E/51-85°	10-20	OP/4	632 ± 77/M	Opuestas alargadas horizontalmente.
<i>Calliandra houstoniana</i>	CR	33/N	S (2-3)	100 ± 12/P 41 ± 8/MP	S/ 17-58°	---	AO/5	232 ± 24/MC	Areolas reducidas o aparentemente simples
<i>Acaciella angustissima</i>	CR	17/MN	S (2-4)	37 ± 8 /MP 64 ± 11/P 102 ± 13/M	S/19-45°	---	A/8	219 ± 32/EC	Similar a las intervasculares
<i>Ternstroemia lineata</i>	CA	39/N	S (2-3)	59 ± 8/P	E/66-87°	20-40	NE	1404 ± 248/ML	Con areolas evidentes
<i>Monnina ciliolata</i>	LA	78/MuN	S (2 hasta 18)	40 ± 5/MP	S/33-74°	---	A/5	591 ± 71/M	Similar a las intervasculares
<i>Crataegus mexicana</i>	CR	66/ MuN	S (2)	45 ± 4/MP	S/26-67°	---	AA/5	603 ± 98/M	Con bordes reducidos

Cuadro 5. Continuación.

<i>Symplocos citrea</i>	LA	42/MuN	S (pares)	58 ± 6/P	E/56-78°	20-40	NE	949 ± 117/ML	Escalariformes
<i>Styrax ramirezii</i>	LA	24/N	S (2-4)	57 ± 6/P	E/45-76°	5-12	A/6	871 ± 84/ML	Similar a la intervasculares
<i>Buddleja cordata</i>	LA	60/MuN	S y A(6)	64 ± 7/P 107 ± 16/M	S/32-68°	---	A/10	335 ± 61/ML	Con bordes reducidos o aparentemente simples (*)
<i>Populus simaroa</i>	CR	30/N	S y A (2-4)	98 ± 10/P	S/35-66	---	A/12	542 ± 98/M	Con areolas reducidas a aparentemente simples y restringidas a filas marginales.
<i>Salix discolor</i>	LA	46/MuN	S (2-3)	52 ± 5/P	S/44-70°	---	A/11	657 ± 57/M	Con areolas reducidas a aparentemente simples y restringidas a filas marginales.

Contorno del vaso (CV): redondeado (CR) contorno anguloso (CA); Ligeramente anguloso (LA). **Abundancia:** Moderadamente numerosos (MN) Muy numerosos (MuN); Numerosos (N). **Agrupación:** Solitarios (S); Múltiples (M); Agregados (A) Radiales (R) **Diámetro:** Muy pequeños (MP); Pequeños (P); Medianos (M); Grandes (G). **Placa de perforación (PP):** Simple (S); Escalariforme (ES), **Número de barras de placa de perforación (#BPP).** **Punteaduras intervasculares (PI):** Alternas (A); Alternas poligonales (AP) Alternas areoladas (AA) Opuestas (OP): Alternas ornamentadas (AO) No evidentes (NE). **Longitud:** Cortos (C), Medianos (M); Moderadamente largos (ML) Extremadamente cortos (EC); Muy cortos (MC). **Engrosamientos helicoidales (*).**

Cuadro 6. Características cuantitativas y cualitativas de las fibras de las 15 especies de una región de Valle de Bravo y zonas aledañas del Estado de México.

Especie	Longitud (µm)	Diámetro (µm)	Grosor de pared (%)	Clasificación	Otros
<i>Roldana angulifolia</i>	877 ± 71/ MC	28 ± 4	Gruesa/ 36	Punteaduras pequeñas areoladas	---
<i>Alnus acuminata</i>	1381 ± 112/ M	31 ± 4	Delgada/26	Punteaduras simples	---
<i>Carpinus caroliniana</i>	1282 ± 145/M	23 ± 3	Muy gruesa/52	Punteaduras simples	---
<i>Clethra hartwegii</i>	2065 ± 272/ML	48 ± 6	Muy gruesa/37	Punteaduras areoladas	---
<i>Agarista mexicana</i>	525 ± 537/EC	25 ± 3	Gruesa/48	Punteaduras areoladas evidentes.	Tiene contenidos
<i>Calliandra houstoniana</i>	606 ± 80/ MUC	14 ± 3	Gruesa/71	Punteaduras simples.	Generalmente gelatinosas y alguna de ellas con engrosamientos helicoidales.
<i>Acaciella angustissima</i>	463 ± 71/EC	17 ± 2	Delgada/35	Punteaduras simples	En algunas zonas bandas de fibras parecidas a parénquima alternando con fibras ordinarias. Presenta fibras nucleadas
<i>Ternstroemia lineata</i>	203 ± 21/EC	41 ± 5	Muy gruesa/59	Punteaduras areoladas evidente	---
<i>Monnina ciliolata</i>	861 ± 77/MC	22 ± 2	Muy gruesa/55	Punteaduras areoladas pequeñas.	Presencia de fibras gelatinosas y nucleadas.
<i>Crataegus mexicana</i>	1236 ± 127/M	22 ± 2	Muy gruesa/54	Punteaduras areoladas evidentes	---
<i>Symplocos citrea</i>	1165 ± 181/M	30 ± 5	Delgada/27	Punteaduras areoladas evidentes	---
<i>Styrax ramirezii</i>	1338 ± 134/M	22 ± 3	Gruesa/36	Punteaduras areoladas evidentes	---
<i>Buddleja cordata</i>	737 ± 89/MC	33 ± 5	Delgada/30	Punteaduras simples	Fibras con núcleos evidentes
<i>Populus simaroa</i>	935 ± 48.6/M	24 ± 3	Muy delgada/16	Punteaduras simples.	Fibras con engrosamientos helicoidales
<i>Salix discolor</i>	1067 ± 47/M	22 ± 3	Delgada/27	Punteaduras simples pequeñas	---

Longitud de las fibras: Moderadamente cortas (MC); Muy cortos (MUC); Medianas (M); Moderadamente largas (ML), extremadamente cortas (EC).

Cuadro 7. Características del parénquima axial de las 15 de una región de Valle de Bravo y zonas aledañas del Estado de México.

Especie	Descripción
<i>Roldana angulifolia</i>	Paratraqueal escaso y unilateral, apotraqueal difuso; escaso.
<i>Alnu. acuminata</i>	Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso; escaso.
<i>Carpinus caroliniana</i>	Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso en agregados, agrupados tangenciales cortas; abundancia regular.
<i>Clethra hartwegii</i>	Paratraqueal escaso ocasionalmente y apotraqueal difuso; escaso.
<i>Agarista mexicana</i>	Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso; escaso.
<i>Calliandra houstoniana</i>	Paratraqueal vasicéntrico y confluyente; abundante. Presencia de cristales prismáticos. Con máculas.
<i>Acaciella angustissima</i>	Paratraqueal unilateral y vasicéntrico, apotraqueal escaso; escaso a regular
<i>Ternstroemia lineata</i>	Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso; escaso
<i>Monnina ciliolata</i>	Ausente o extremadamente raro.
<i>Crataegus mexicana</i>	Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, y difuso en agregados; abundancia regular
<i>Symplocos citrea</i>	Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso; escaso.
<i>Styrax ramirezii</i>	Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso; abundancia regular.
<i>Buddleja cordata</i>	Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso; escaso
<i>Populus simaroa</i>	Ausente o extremadamente raro
<i>Salix discolor</i>	Ausente o extremadamente raro

Cuadro 8. Características cualitativas y cuantitativas del parénquima radial de las 15 de una región de Valle de Bravo y zonas aledañas del Estado de México.

Especie	r/mm	Tipo	Uniseriados Altura (µm)	Multiseriados Altura (µm)	Descripción y otras características
<i>Roldana angulifolia</i>	3 (P)	Pae II	--		Multiseriados de 3 (2) a 8 células de ancho, son muy altos.
<i>Alnus acuminata</i>	11(MN)	Ho III	778 ± 121 (MB)	---	Escasos biseriados, formado por células procumbentes
<i>Carpinus caroliniana</i>	15(MN)	He I	463 ± 60 (B)	357 ± 49 (EB)	Multiseriados de 2 a 4 (5) células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 5 a 15 células cuadradas y/o procumbentes, pero más amplias que las del cuerpo, uniseriados formados por células erectas.
<i>Clethra hartwegii</i>	8 (N)	He II A	403 ± 167 (EB)	313 ± 41 (EB)	Multiseriados de 4 a 6 células, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 2 a 5 células, radios, uniseriados formados por células erectas
<i>Agarista mexicana</i>	10 (N)	He II B	723 ± 103 (MB)	3228 ± 1304 (LB)	Multiseriados de 6 a 10 células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 1-2 células cuadradas a erectas, frecuentemente agregados, uniseriados formado por células erectas
<i>Calliandra houstoniana</i>	8 (N)	He I	262 ± 27 (MB)	199 ± 57 (EB)	Principalmente uniseriados y escasos biseriados, heterogéneos tipo I, formado exclusivamente por células procumbentes
<i>Acaciella angustissima</i>	6 (MoN)	Ho III	208 ± 37 (EB)	---	Formado por células procumbentes (escasos biseriados)
<i>Ternstroemia lineata</i>	10 (MN)	He I	932 ± 214 (MB)	1034 ± 248 (B)	Multiseriados de 2-3 células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 1 a 10 (-16) células, frecuentemente los márgenes se unen entre sí, uniseriados formados por células erectas

Cuadro 8. Continuación.

<i>Monnina ciliolata</i>	5 (MN)	Pae I	---	489 ± 109 MB	
<i>Crataegus mexicana</i>	12 (MN)	He II B	728 ± 87 (MB)	274 ± 58 (EB)	Multiseriados de 2 a 3 células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes uniseriados de 2 a 7 de células procumbentes, pero más amplias que las del cuerpo, uniseriados formado por células procumbentes
<i>Symplocos citrea</i>	9 (N)	He I	1074 ± 179 (B)	793 ± 143 (MB)	Multiseriados de 2-3 células de ancho, el cuerpo formado por células erectas, márgenes uniseriados de 4 a 15 células erectas, frecuentemente los márgenes se unen entre sí, uniseriados formados por células erectas
<i>Styrax ramirezii</i>	15 (MN)	He I	1108 ± 127 (B)	1109 ± 153 (B)	Multiseriados de 2-3 células de ancho, el cuerpo formado por células erectas y márgenes uniseriados de 4 a 16 células, frecuentemente los márgenes se unen entre sí, uniseriados formando por células erectas
<i>Buddleja cordata</i>	5 (MN)	He II B	146 ± 29 (MB)	555 ± 89 (MB)	Multiseriados de 1 a 3 (5) células de ancho, el cuerpo formado por células procumbentes, márgenes uniseriados de 1 a 3 (5) células erectas, uniseriados formados por células erectas
<i>Populus simaroi</i>	9 (N)	Ho III	452 ± 70 (B)	---	Principalmente uniseriados, formado en su totalidad por células procumbentes. Algunos radios con contenidos oscuros
<i>Salix discolor</i>	9 (N)	He III	---	626 ± 102	Principalmente uniseriados; escasos biseriados el cuerpo formado por células procumbentes

Radios: Muy pocos (MP); Pocos (P); Moderadamente numerosos (MoN); Numerosos (N); Muy numerosos (MN). Paedomorficos (Pae).

Homogéneos (Ho); Heterogéneos (He); Agregados (Ag) Altos (A); Bajos (B). Altura de radios: Bajos (B), Muy bajos (MB).

Extremadamente bajos (EB), ligeramente bajos (LB)

Anexo

Clasificación de la longitud de elemento de vaso y fibra (Tomado de Chattaway, 1932).

Clase	Subclase	Elementos de vaso	Fibras
Cortos	Extremadamente cortos	<175	<500
	Muy cortos	175-250	500-700
	Moderadamente cortos	250-350	700-900
Medianos	Medianos	350-800	900-1600
Largos	Moderadamente largos	800-1100	1600-2200
	Muy largos	1100-1900	2200-3000
	Extremadamente largos	>1900	>3000

Abundancia de vasos (Tomado de Chattaway, 1932).

Rango	Subclase	Clase
Menos de 25	Extremadamente pequeños	Pequeños
25-50	Muy pequeños	
50-100	Pequeños	
100-200	Medianos	Medianos
200-300	Moderadamente grandes	Grandes
300-400	Grandes	
Más de 400	Muy grandes	

Abundancia de radios (Tomado de Chattaway, 1932).

No/ mm	Subclase	Clase
Menos de 2	Muy pocos	Pocos
3-4	pocos	
5-7	Moderadamente numerosos	Medianamente numerosos
8-10	Numerosos	Muy numerosos
Más de 10	Muy numerosos	

Altura de radios (Tomado de Chattaway, 1932).

Rango mm	Subclase	Clase
Menos de 0.5	Extremadamente lejos	Bajos
0.5-1	Muy bajos	
1-2	Bajos	
2-5	Ligeramente bajos	Medianos
5-10	Ligeramente altos	
10-20	Altos	Altos
20-50	Muy altos	
Más de 50	Extremadamente altos	