



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Facultad de Estudios Superiores Iztacala**

**Anatomía de madera y corteza de especies de un  
bosque mesófilo de montaña de Veracruz, México.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGO**

**PRESENTA:**

Ramírez Ferreiro Andrés Aarón

**Directora de tesis:**

Dra. en C. Silvia Aguilar Rodríguez

**Los Reyes Iztacala, Edo. México, 2015.**





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.

# INDICE

|                         |    |
|-------------------------|----|
| RESUMEN .....           | 1  |
| INTRODUCCIÓN .....      | 2  |
| ANTECEDENTES .....      | 4  |
| OBJETIVOS .....         | 6  |
| MATERIAL Y MÉTODO ..... | 6  |
| RESULTADOS.....         | 9  |
| DISCUSIÓN.....          | 68 |
| CONCLUSIONES.....       | 81 |
| LITERATURA CITADA. .... | 83 |
| ANEXO .....             | 90 |

## RESUMEN

Tomando en cuenta la riqueza de latifoliadas leñosas del bosque mesófilo de montaña (bmm) en el centro de Veracruz y su valor como un banco de información apreciable en la conservación y manejo de estos bosques, en el presente trabajo se describe la anatomía de la madera y corteza de 10 especies arbustivas y cuatro arbóreas de un bosque mesófilo de montaña que prospera en Coatepec, Veracruz. La mayoría de las especies presentaron parénquima difuso, elementos conductores medianos y largos, con excepción de *Piper*, y la mitad de las especies mostraron maderas con anillos de crecimiento poco evidentes. Las características mencionadas se comparten con especies de otros bmm. Los radios paedomórficos en varias especies arbustivas, así como la ausencia de relaciones alométricas entre el tamaño de individuos y los elementos celulares, son características observadas en algunos de los taxa estudiados. Se observó una diversidad anatómica en la corteza que se refleja principalmente en las características de los radios. Todas las especies presentaron cortezas delgadas, generalmente con esclerénquima escaso y pocas peridermis; incluso con epidermis en algunos arbustos. Estos resultados se discuten con respecto a su ambiente, hábito de crecimiento y Taxonomía.

## INTRODUCCIÓN

La madera y corteza son tejidos secundarios que se desarrollan en los tallos, revisten gran importancia en el campo científico, médico e industrial. Encontrar diferencias anatómicas cualitativas y cuantitativas (p.ej., tipo, arreglo, número y tamaño de sus elementos celulares) ha sido una de las tareas que se realizan con la finalidad de aportar información que apoye en la determinación taxonómica, así como para realizar interpretaciones ecológicas, funcionales y evolutivas. Estos enfoques se han llevado a cabo en diferentes grupos taxonómicos (familia, género, etc.) y a nivel de floras en regiones específicas (Roth, 1981; Carlquist y Hoekman, 1986; Terrazas y Wendt, 1995; Carlquist, 2012; Crivellaro *et al.*, 2013).

Tomando en cuenta la riqueza de latifoliadas leñosas existentes en el bosque mesófilo de montaña (bmm) en México y el valor de éstas como banco de información relevante en los ámbitos científicos y tecnológicos, es necesarios que sus especies sean conocidas en función de los caracteres anatómicos de su madera y corteza. Para el bmm se tiene un registro aproximado de 1000 especies entre árboles y arbustos y un gran número de éstas se consideran endémicos del territorio mexicano (Rzedowski, 1996; Villaseñor, 2010). En el caso de la madera de las especies que crecen en estas regiones, estudios sobre el análisis de sus caracteres microscópicos arrojan información sobre usos potenciales dentro de la tecnología, la industria y las artes (Guridi, 1980; Tamarit, 1996; Bárcenas-Pasos *et al.*, 2005). Otros enfoques también proporcionan datos sobre diversidad y tendencias anatómicas propias de estos ambientes (Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales, 2005; Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata, 2006; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014). También se registran aquellos trabajos que aportan datos anatómicos de la madera para apoyar en la

identidad de las especies (Moya *et al.*, 2013). Estudios sobre anatomía de cortezas en bmm no han tenido la misma suerte, pues en general son raros (Quintanar y Zarate-Castrejón., 2004; Martínez-Cabrera *et al.*, 2010).

En general, en México los trabajos anatómicos de la madera y de la corteza son principalmente descriptivos y poco se ha avanzado en campos de la anatomía sistemática y florística. Para el caso de Coatepec, Veracruz, este es el primer acercamiento para dar a conocer las características microscópicas de la madera y corteza de 15 especies de árboles y arbustos. Las diferencias anatómicas proveerán información sobre posibles adaptaciones ecológicas y aspectos taxonómicos de especies que habitan este tipo de ambiente en la región.

## ANTECEDENTES

En México se han realizado estudios anatómicos de la madera a nivel de flómulas de climas tropicales, templados y secos (Barajas-Morales, 1985; Barajas-Morales y León-Gómez, 1989; Aguilar-Rodríguez *et al.*, 2000; Abundiz-Bonilla, 2004). De los bmm en México, se cuenta con el trabajo pionero Aguilar-Rodríguez *et al.* (2000), quienes realizan la descripción anatómica de 34 especies de la región de Ocuilán, Estado de México. Con base en estas descripciones, Aguilar-Rodríguez y Barajas-Morales (2005) analizan las tendencias ecológico-evolutivas de esas especies; discuten además, algunos caracteres anatómicos en función del origen biogeográfico de los taxa. A la postre, se han continuado estudiando conjuntos de especies provenientes de diversas localidades ocupadas por bmm. Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata (2006) y Aguilar-Alcántara *et al.* (2014) describen la anatomía de la madera de 24 especies propias de estos ambientes; aportan entre otros datos información sobre la calidad de las especies estudiadas para producir pulpa para papel.

Aún no se han registrado estudios anatómicos de cortezas a nivel de flómulas en ninguno de los bosques mexicanos. Para los bmm sólo se documentan especies aisladas que prosperan exclusiva o preferentemente en este tipo de vegetación y que tienen algún valor económico o en la salud, así como para resolver algún conflicto taxonómico. Estos estudios suelen incluir otros caracteres como aquellos de la hoja y/o madera. Villa-Fernández *et al.* (1998) realizaron la descripción anatómica de hoja, xilema secundario y corteza del tallo y de la raíz de *Hippocratea excelsa* HBK. Estos autores encontraron diferencias significativas con respecto a otras especies de *Hippocratea*; sin embargo, de acuerdo con los autores, dichos contrastes no son suficientes para la circunspección de este género. Martínez-Cabrera *et al.* (2003) compararon la anatomía foliar y de corteza de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* con

el objetivo de encontrar caracteres que ayuden a su delimitación; de acuerdo con los resultados, las dos especies de *Quercus* difirieron en su corteza externa y felodermis. Quintanar y Zarate-Castrejón (2004) realizaron un estudio anatómico e histoquímico de cinco especies de Moraceae, utilizadas en la elaboración de papel amate; tres están registradas para el bmm (Villaseñor, 2010). Ellos encontraron que las fibras sin lignificar, son comunes en las especies estudiadas y significativas para la elaboración de papel amate. Martínez-Cabrera *et al.* (2010) estudiaron la anatomía de madera y corteza de 31 especies pertenecientes a la tribu *Hamelieae* (Rubiaceae) y grupos relacionados, con el objetivo de hallar características anatómicas que ayuden a la diferenciación entre géneros; 22 de las especies estudiadas se registran en la lista de Rubiaceae reportadas por Villaseñor (2010) para el bmm mexicano. Ellos encontraron que algunas inclusiones presentes en sus cortezas permiten reconocer grupos de especies.

En el estado de Veracruz se encuentra un gran número de lugares intermonatnos, entre los que prospera el bmm. De acuerdo a Márquez y Márquez (2009) la diversidad de especies leñosas en el bmm del estado, es la más elevada después del bosque tropical perennifolio. A pesar de que Coatepec, no se encuentra entre los municipios con mayor diversidad en el estado, en éste existen 175 especies leñosas (79 árboles y 96 arbustos; Castillo-Campos y Luna-Monterrojo, 2009); de las cuales sólo se ha analizado la variación intraespecífica de los caracteres anatómicos de la madera de una especie, *Trema micrantha* (L.) Blume (Quintanar-Isaías *et al.*, 2012). Considerando la fuerte presión antrópica sobre los bosques húmedos en la región de Coatepec, es prioritario el conocimiento anatómico de la madera y corteza de sus especies, con la finalidad de contar con una herramienta potencial para la conservación y manejo sustentable de relictos de bosques y vegetación primaria que aún existen en esta localidad.



## OBJETIVOS

Describir las características anatómicas de madera y corteza de 14 especies que crecen en el bosque mesófilo de montaña en la región de Coatepec, Veracruz, México.

Comparar las características microscópicas de la madera y corteza entre las especies estudiadas y con sus taxa relacionados.

## MATERIAL Y MÉTODO

Área de estudio: El municipio de Coatepec se ubica en las faldas orientales del volcán Cofre de Perote y por lo tanto, la topografía es muy irregular (Rossignol, 1987). El municipio se encuentra entre los paralelos 19° 21' 20'' y 19° 32' 00'' de latitud norte y los meridianos 96° 47' 20'' y 97° 06' 40'' de longitud oeste. La temperatura media anual oscila entre los 10 °C y 24 °C, con una precipitación media anual entre los 1100 mm y 2100 mm (INEGI, 2009). En Coatepec la fracción de bmm estudiada se localizan entre los poblados de Cinco Palos, en los límites con los municipios de Xalapa, Acajete, San Andrés Tlalnahuayocan y Xico, sitio que ocupando el 7.51% de la superficie del municipio. Se encuentra entre los 1100 m y 2100 m de altitud, donde la niebla es frecuente, sobre todo en los meses de invierno. Por lo regular se desarrolla sobre suelos andosoles profundos, ricos en materia orgánica. Actualmente sólo se encuentra en áreas escarpadas o en pendientes de ligeras a muy fuertes (Campos-Castillo y Luna-Monterrojo, 2009)|.

Trabajo de campo. De cada especie estudiada (Cuadro 1) se seleccionaron 1-2 individuos sanos y maduros. Del eje principal del árbol se obtuvieron trozos de madera y corteza de 2

a 3 cm de grosor; para árboles el corte se realizó a 1.3 m del suelo y para arbustos en la base de una de sus ramas principales. De cada especie se obtuvo material para herbario.

Trabajo de laboratorio.

A. Trabajo taxonómico. Se determinó el material biológico utilizando claves especializadas. Las especies se corroboraron indirectamente mediante el empleo de herbarios virtuales y directamente en MEXU. Los nombres científicos se citaron de acuerdo con la base de datos del Missouri Botanical Garden (W3 Tropicos, 2005). Los ejemplares de referencia se depositaron en MEXU (Cuadro 1).

B. trabajo histológico. En el laboratorio se obtuvieron tres cubos por individuo de 1.5 a 2 cm x lado, incluyendo la corteza. Cada cubo se ablandó en solución GAA 1:2:3 (glicerina-alcohol etílico-agua) durante 30 días. Posteriormente, se realizaron cortes de 20 a 30  $\mu\text{m}$  de grosor en los planos transversal, tangencial y radial utilizando un micrótopo de deslizamiento. Los cortes de corteza se realizaron únicamente en el plano transversal. Los cortes se tiñeron en una solución acuosa de safranina al 1%, posteriormente se sometieron a deshidratación en alcoholes graduales y finalmente se aclaración con xilol para ser montados en resina sintética (Johansen, 1940). También se disociaron astillas de madera de 2 cm de largo por 0.5 de grosor utilizando solución Jeffrey (Berlyn y Miksche, 1976).

C. Descripciones anatómicas. Se basaron en las recomendaciones de la Asociación Internacional de Anatomistas de la Madera (IAWA Committe, 1937 y 1989) y Chattaway (1932) y para describir los radios en la de Kribs (1935) y Carlquist (2001). La descripción de la corteza se realizó siguiendo los lineamientos de Trockenbrodt (1990). De cada

muestra se tomaron 50 mediciones por carácter de los cuales se calcularon la media, desviación estándar y valor máximo y mínimo).

Cuadro 1. Datos de la colecta de las especies estudiadas. Todas las colectas son de S. Aguilar.

| Familia                | Especie  | Habito  | No. Colecta |
|------------------------|--|---------|-------------|
| <b>Gesneriaceae</b>    | <i>Moussonia deppeana</i> (Schltdl. & Cham.) Hanst.              | Arbusto | 411, 421    |
| <b>Juglandaceae</b>    | <i>Oreomunnea mexicana</i> (Standl.) J.-F. Leroy                 | Árbol   | 412         |
| <b>Lauraceae</b>       | <i>Nectandra salicifolia</i> (Kunth) Nees                        | Árbol   | 517         |
| <b>Malvaceae</b>       | <i>Malvaviscus arboreus</i> Cav.                                 | Árbol   | 424         |
| <b>Melastomataceae</b> | <i>Miconia glaberrima</i> (Schltdl.) Naudin                      | Árbol   | 410         |
| <b>Piperaceae</b>      | <i>Piper auritum</i> Kunth                                       | Arbusto | 425         |
|                        | <i>Piper hispidum</i> Kunth                                      | Arbusto | 422, 567    |
| <b>Rubiaceae</b>       | <i>Deppea grandiflora</i> Schltdl.                               | Arbusto | 569         |
|                        | <i>Hoffmannia excelsa</i> (Kunth) K. Schum.                      | Arbusto | 519, 423    |
|                        | <i>Hoffmannia psychotriifolia</i> (Benth.) Griseb.               | Arbusto | 568         |
|                        | <i>Psychotria galeottiana</i> (M. Martens) C.M. Taylor & Lorence | Arbusto | 413         |
|                        | <i>Psychotria perotensis</i> Cast.-Campos                        | Arbusto | 408         |
|                        | <i>Randia xalapensis</i> M. Martens & Galeotti                   | Arbusto | 518         |
| <b>Siparunaceae</b>    | <i>Siparuna riparia</i> (Tul.) A. DC.                            | Arbusto | 380         |

## RESULTADOS

Algunas características de cada especie muestran similitudes/diferencias anatómicas en la madera y corteza. Una comparación entre sus caracteres se puntualiza en las tablas 2-4.

### GESNERIACEAE

#### *Moussonia deppeana* (Schltdl. & Cham.) Hanst.

Anatomía de madera (Fig. 1a-f).

Anillos de crecimiento poco conspicuos delimitados por una banda angosta de 5-10 hileras de fibras con las paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa, contorno anguloso, principalmente en grupos de 2 y 3 (4-8) y solitarios dispuestos radialmente, en promedio  $57/\text{mm}^2$ ; con  $46 \pm 6 \mu\text{m}$  (33-63  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos, con un promedio de  $545 \pm 89 \mu\text{m}$  (394-709  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de  $4.3 \pm 0.3 \mu\text{m}$  (3-5  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio redondeadas con los bordes reducidos a aparentemente simples.

Parénqima axial. Ausente o extremadamente raro, con series de 2 células.

Parénquima radial. Pocos radios, 3/mm; Paedomorficos Tipo 1, los multiseriados de 2-4 células, con altura promedio de  $492 \pm 67 \mu\text{m}$  (415-630  $\mu\text{m}$ ); el cuerpo formado por células erectas y/o cuadradas. Radios uniseriados de cinco a diez células de alto, formados por células cuadradas o erectas con altura promedio de  $469 \pm 72 \mu\text{m}$  (382-568  $\mu\text{m}$ ).

Fibras. Punteduras simples, septadas de 2-3 septos, muy cortas, con un promedio de  $636 \pm 96 \mu\text{m}$  (479-887  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $31 \pm 4 \mu\text{m}$  (25-41  $\mu\text{m}$ ), pared con 6.7  $\mu\text{m}$  de espesor.

Inclusion es: Drusas en parénquima radial (Fig. 1b).

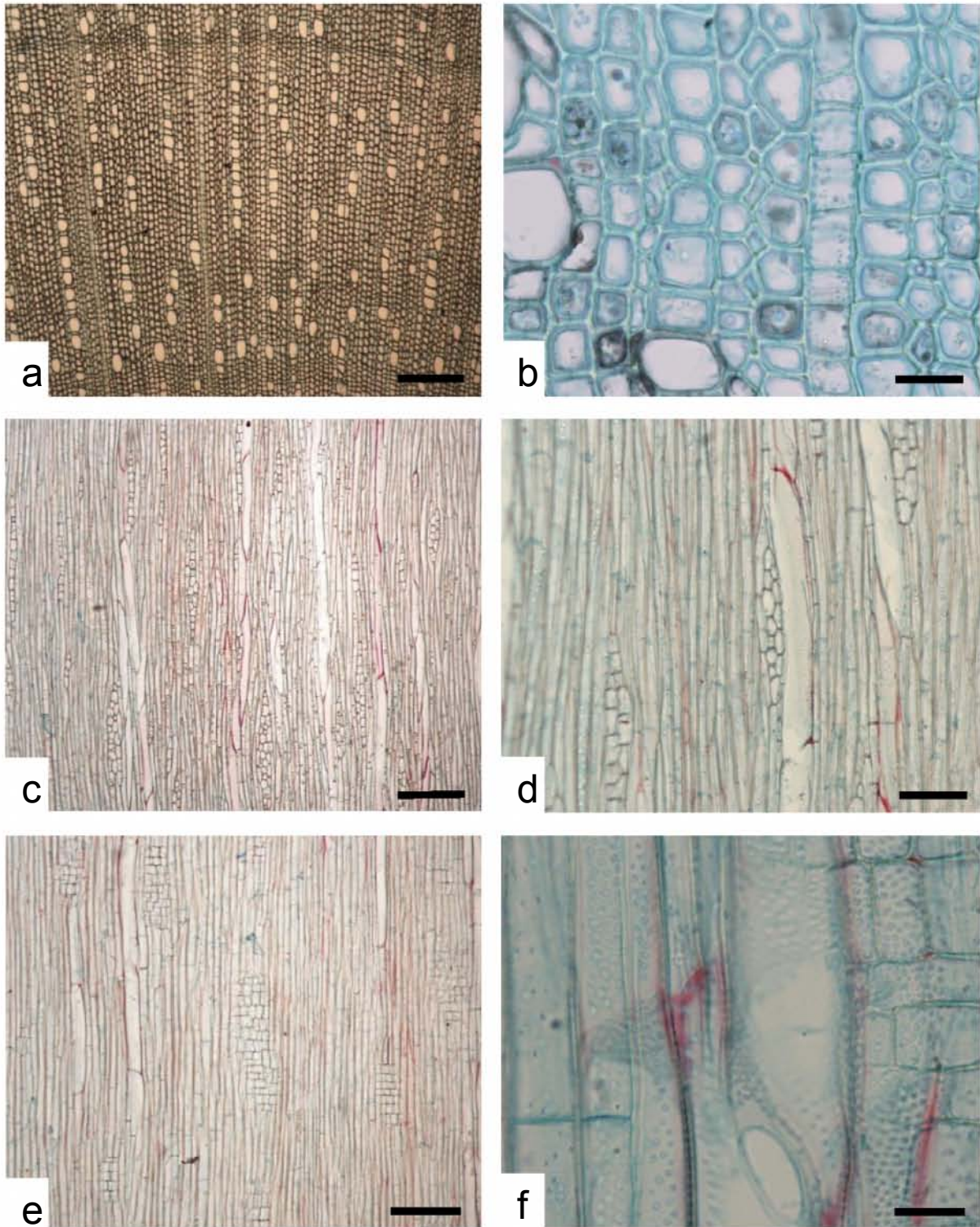


Fig. 1. *Moussonia deppeana*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. e y f. Vistas radiales. (Escala: a, c, e= 250  $\mu$ m; d = 100  $\mu$ m; f= 25  $\mu$ m).

Anatomía de corteza (Fig. 2 a-c).

Grosor total: 696  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen 3 zonas: floema no colapsado (FNC), floema colapsado (FC) y peridermis (Pe).

Floema. Los elementos de tubo criboso (ETC) son de forma poligonal, se presentan solitarios y en grupos de hasta 5 células. Se encuentra una o dos células acompañantes (CA) por ETC, localizadas en las esquinas y en las paredes radiales o tangenciales de los ETC, son de forma triangular; en el floema colapsado los ETC se aplanan radialmente o no son evidentes. Numerosos grupos de esclerénquima asociados a los radios en el FC. Las células del parénquima axial (PA) tienen una distribución aleatoria entre los ETC en el FNC y su forma generalmente es redondeada; se dilatan en el FC. En vista transversal, los radios son rectos y se dilatan ligeramente hacia el FC, con 1-3 células de ancho

Peridermis. La felodermis presenta de 1-3 células cuadrangulares y rectangulares con pared delgada. El felógeno es de un sólo estrato, sus células son rectangulares. El felema tiene de 6-10 células rectangulares de paredes delgadas, no colapsadas y suberificadas. Se presentan restos de células de esclerénquima en las células más superficiales del felema (Fig. 2c).



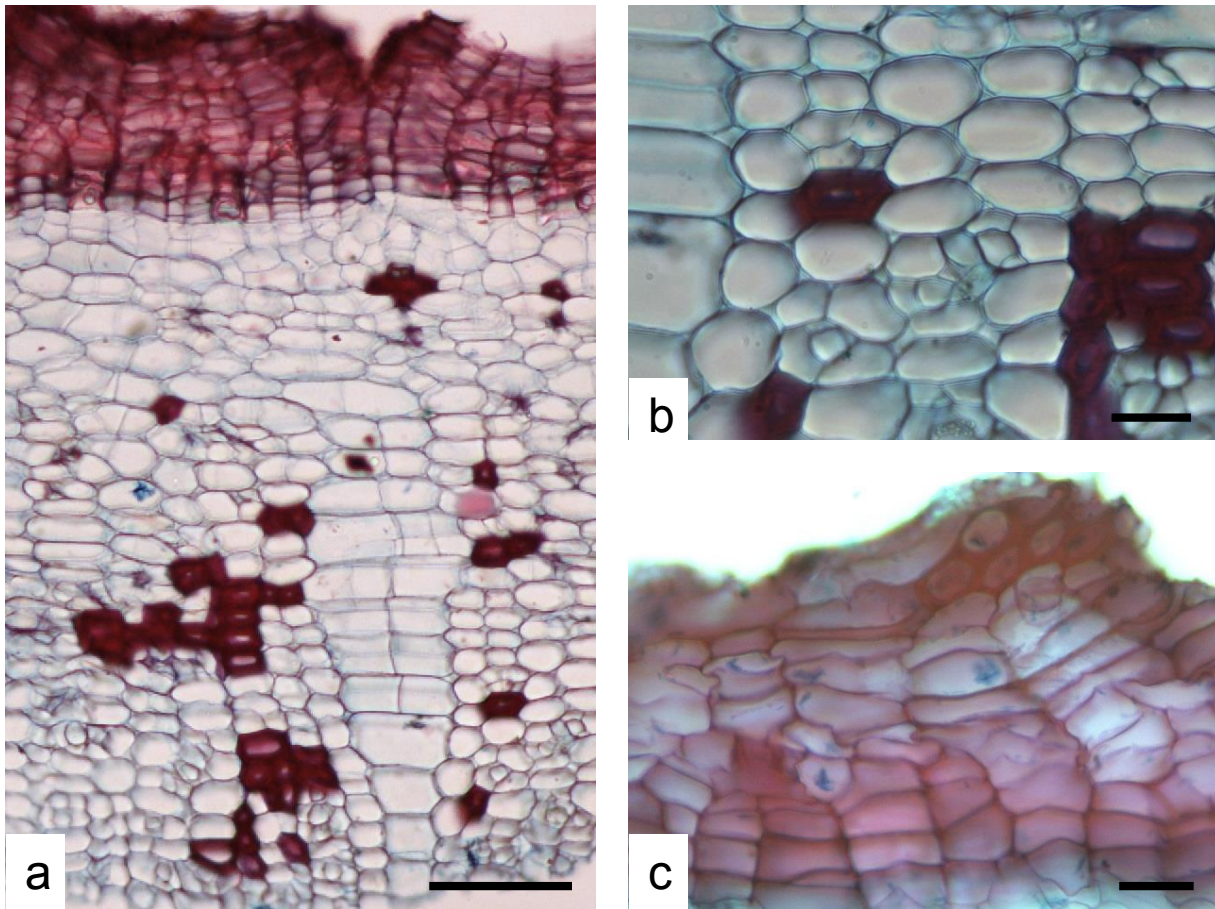


Figura 2. *Moussonia deppeana*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 100  $\mu$ m; b y c= 25  $\mu$ m,).



## JUGLANDACEAE

### *Oreomunnea mexicana* (Standl.) J.F. subsp. *mexicana*

Anatomía de madera (Fig. 3 a-g).

Anillos de crecimiento conspicuos, delimitados por una banda angosta de 5-6 hileras de fibras con las paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad semianular, contorno ovalado, principalmente solitarios y en grupos de 2 y 3 (4) dispuestos radialmente, en promedio  $14/\text{mm}^2$ , con  $163 \pm 21 \mu\text{m}$  (102-197  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos, con un promedio de  $723 \pm 96 \mu\text{m}$  (581-943  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas con  $4 \pm 1 \mu\text{m}$  (3-6  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio de dos distintos tamaños o tipos en la misma célula del radio. En algunos vasos se aprecian tilosas esclerosadas.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso, apotraqueal difuso y en agregados, agrupados en líneas tangenciales u oblicuas pequeñas y discontinuas, con series de 5 a 8 células.

Parénquima radial. Radios moderadamente numerosos,  $5/\text{mm}$ ; heterogéneos tipo IIA, los radios uniseriados formados por células cuadradas o erectas; con un promedio de  $203 \pm 38 \mu\text{m}$  (174-331  $\mu\text{m}$ ) de altura; los biseriados, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes con más de 4 hileras de células cuadradas y/o erectas, con altura promedio de  $220 \pm 38 \mu\text{m}$  (174-331  $\mu\text{m}$ ); algunas ocasiones los márgenes se unen. Cristales prismáticos de forma circular en las células de los radios de la zona biseriada.

Fibras. Con puntaduras areoladas, medianas, con una longitud promedio de  $1040 \pm 107 \mu\text{m}$  (874-1303  $\mu\text{m}$ ), diámetro total promedio de  $19 \pm 2 \mu\text{m}$  (14-23  $\mu\text{m}$ ), pared delgada con 4.5  $\mu\text{m}$  de espesor.

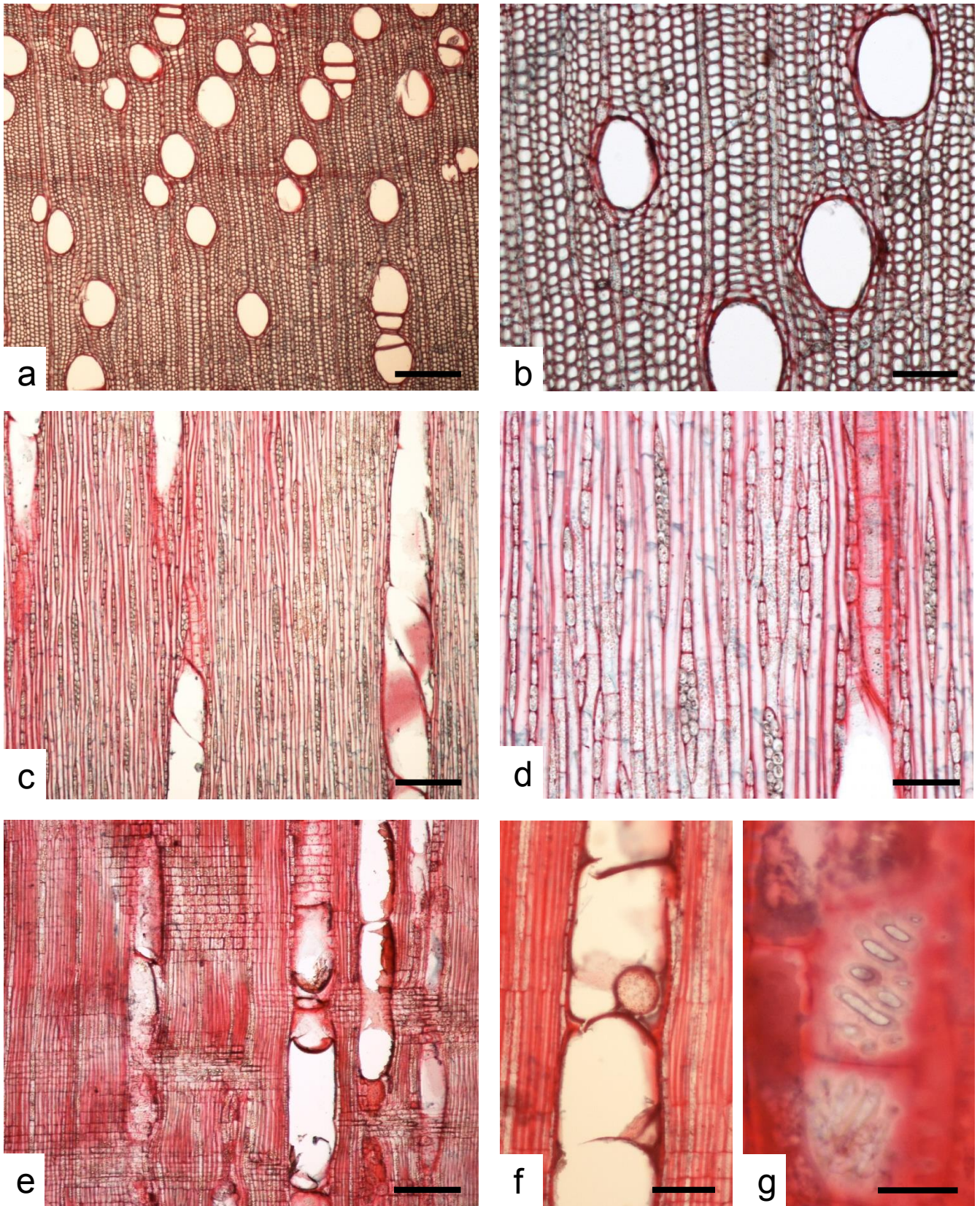


Figura 3. *Oreomunnea mexicana*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. e y g. Vistas radiales. (Escala: a, c, e= 250  $\mu\text{m}$ ; d, b, f=100  $\mu\text{m}$ ; g= 25  $\mu\text{m}$ ).

Anatomía de corteza (Fig. 4 a-c).

Grosor total: 3458  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen 3 zonas: floema no colapsado, floema colapsado y peridermis.

Floema. Los ETC son de forma poligonal y redondeada, se presentan solitarios y en grupos de hasta 5 células. Se encuentra una CA por ETC, localizadas en las esquinas y en las paredes radiales de los ETC, son de forma rectangular, en menor proporción. En el FC los ETC disminuyen en tamaño, las paredes se encuentran ligeramente engrosadas y en algunos casos los lúmenes se encuentran obliterados. Las células de parénquima axial se presentan en grupos, con una distribución aleatoria entre los ETC en el floema, su forma generalmente es redondeada. En vista transversal, los radios son rectos y se dilatan ligeramente hacia el FC, con 1-2 células de ancho. Fibras gelatinosas se organizan en bandas tangenciales que se separan entre sí por los radios, hacia el FC se observan paquetes separados por los radios dilatados.

Peridermis. La felodermis tiene de 7-10 estratos de células de forma rectangular de paredes ligeramente engrosadas. El felógeno tiene 1 estratos de células de pared delgada y forma rectangular. El felema se compone de 4-6 estratos de células de pared delgada y forma rectangular y cuadrada.



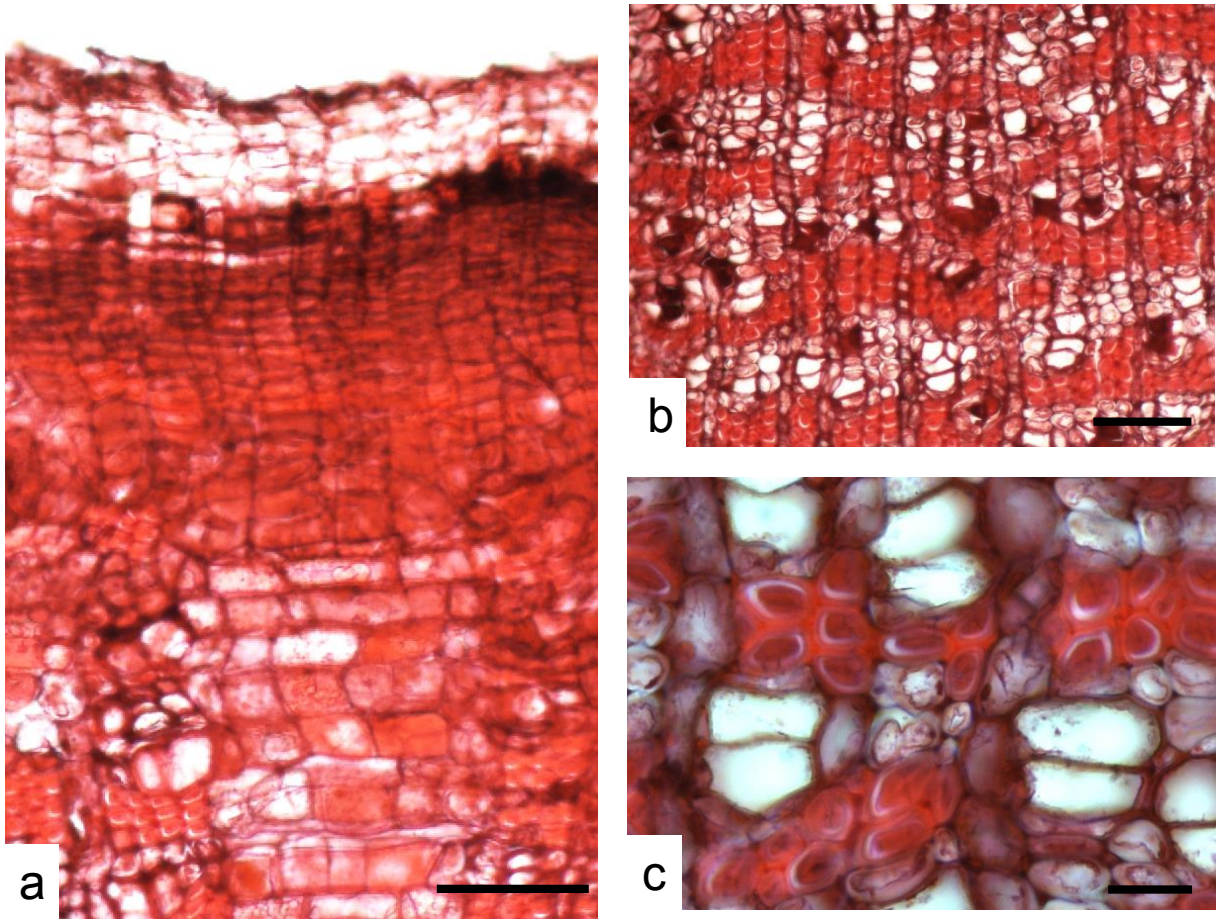


Figura 4. *Oreomunnea mexicana*. Microfotografías de vistas transversales de corteza (Escala: a y b= 100  $\mu$ m; c= 25  $\mu$ m).

## LAURACEAE

### *Nectandra salicifolia* (Kunth) Nees.

Anatomía de madera (Fig. 5 a-g).

Anillos de crecimiento conspicuos delimitados por una banda angosta de 2-4(5) hileras de fibras con las paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa, contorno ligeramente anguloso, principalmente solitarios y en grupos de 2 (3), dispuestos radialmente; en promedio  $25/\text{mm}^2$ ; con  $80 \pm 6 \mu\text{m}$  (68-96  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos  $580 \pm 106 \mu\text{m}$  (357-750  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de  $6 \pm 0.8 \mu\text{m}$  (5-8  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio de dos distintos tamaños o tipos en la misma célula del radio. Algunos vasos presentan tilosas esclerosadas en sus lúmenes (Fig. 5g).

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso y en agregados, con series de más de 8 células.

Parénquima radial. Pocos radios, en promedio 3/mm; heterogéneos tipo IIB, Radios uniseriados con altura promedio de  $203 \pm 39 \mu\text{m}$  (146-309  $\mu\text{m}$ ), el cuerpo formado por células cuadradas y/o erectas, los biseriados, con una altura promedio de  $417 \pm 85 \mu\text{m}$  (585-280  $\mu\text{m}$ ) el cuerpo formado por células procumbentes erectas y cuadradas mezcladas a través de todo el radio. Presenta células de aceite.

Fibras. Punteaduras simples; septadas de 1-2 septos; medianas con un promedio de  $902 \pm 106 \mu\text{m}$  (738 1079  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $21 \pm 1 \mu\text{m}$  (18-26  $\mu\text{m}$ ), pared con 3.3  $\mu\text{m}$  de espesor.



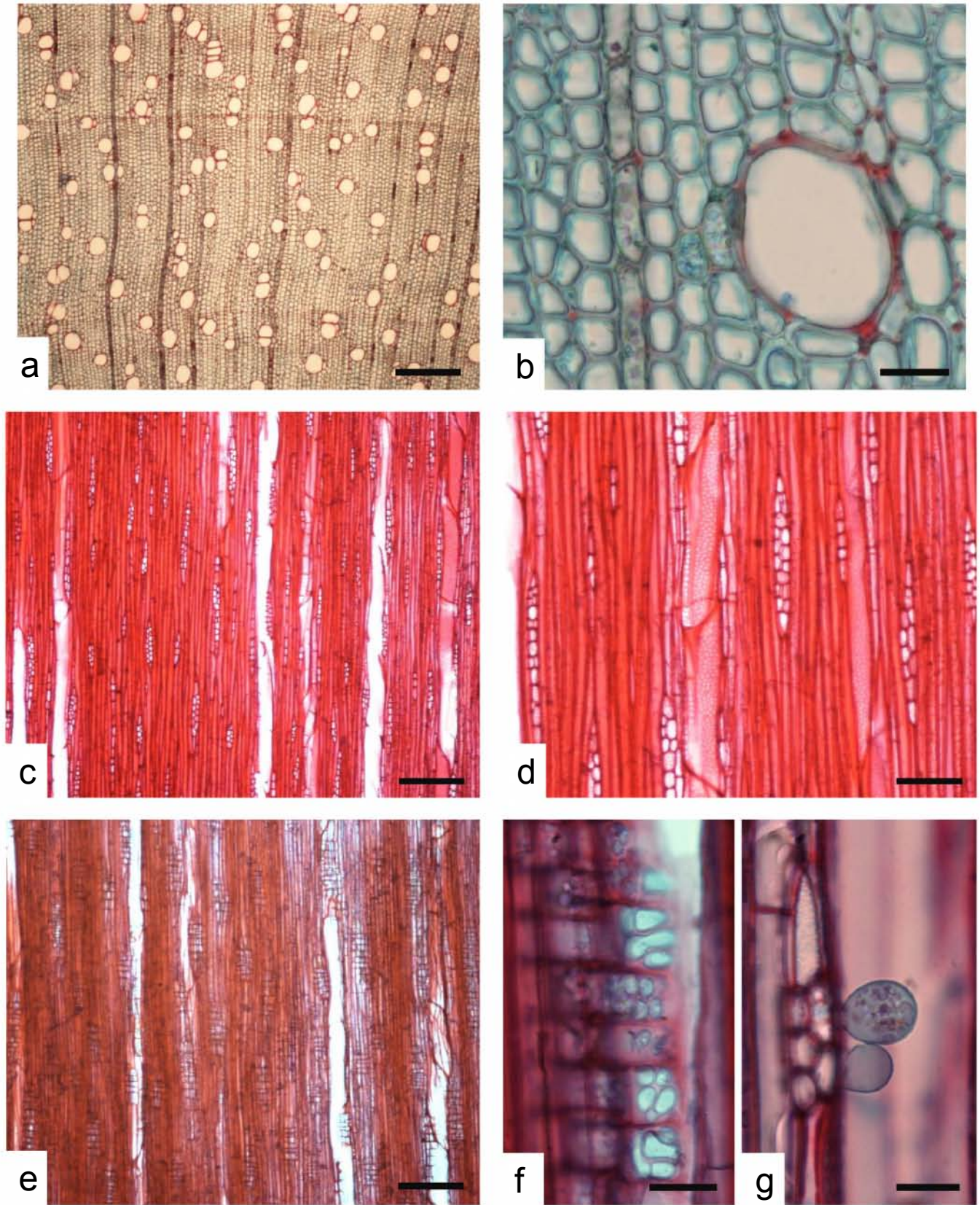


Figura 5. *Nectandra salicifolia*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c, d y g. Vistas tangenciales. e y f. Vistas radiales. (Escala: a, c, e = 250 μm; b, f, g = 25 μm; d = 100 μm).

Anatomía de corteza (Fig. 6 a-d).

Grosor total: 808  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen cuatro zonas: floema no colapsado, floema colapsado, córtex y peridermis.

Floema. Los ETC sin forma definida con lúmenes sinuosos y paredes nacaradas (Fig. 6b), se presentan en grupos de 10-15 células; se localiza una CA por ETC en sus esquinas, son de forma triangular. En el FC los ETC se aplanan radialmente; con células de esclerénquima que se organizan difusa en el floema. En el FNC, el parénquima axial tiene distribución aleatoria entre los ETC y su forma generalmente es rectangular y ovalada, en el FC se dilatan ligeramente (Fig. 6c). En vista transversal, los radios son rectos y se dilatan ligeramente hacia el FC, con 1-2 células de ancho

Córtex. Por debajo de la peridermis se localiza una banda amplia de células de esclerénquima que se alterna con una de parénquima, por debajo de ésta se localiza otra de esclerénquima, la cual limita con el floema secundario.

Peridermis. La felodermis presenta de 4-5 células cuadrangulares y rectangulares con pared delgada. El felógeno es uniestratificado. El felema tiene de 5-7 células rectangulares de paredes delgadas suberificadas. Existen restos de peridemis anteriores exfoliándose (Fig. 6 d).



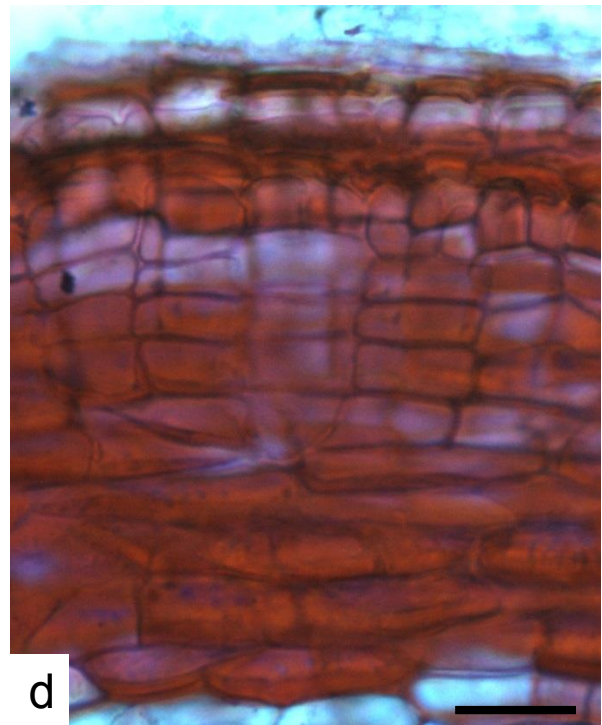
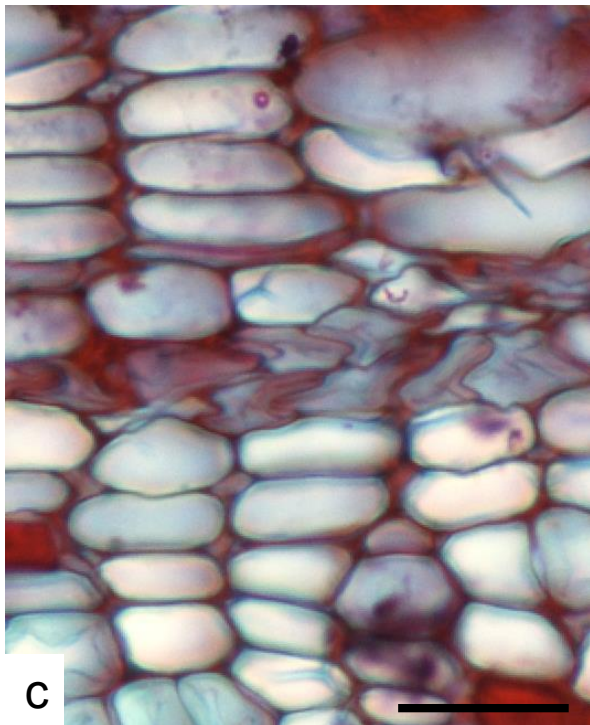
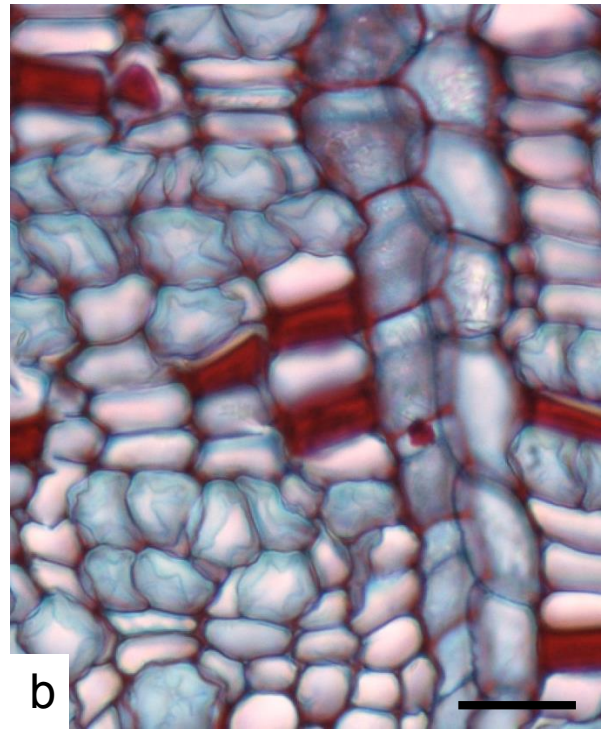
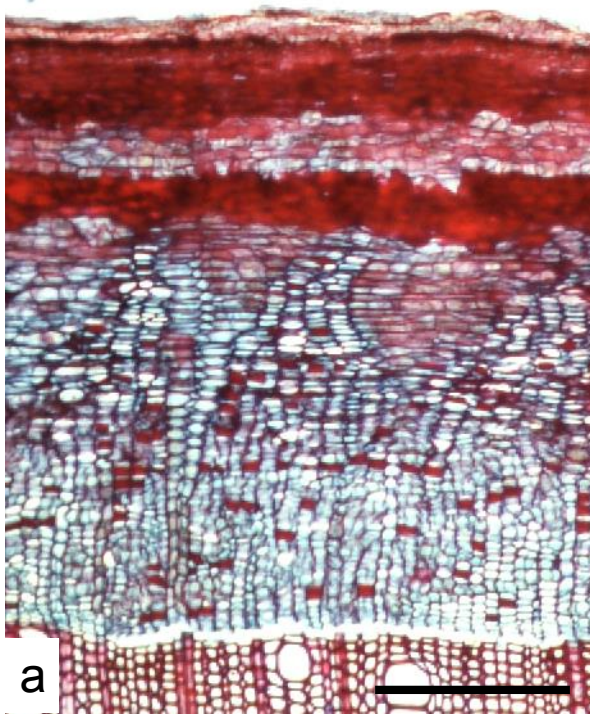


Figura 6. *Nectandra salicifolia*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 250  $\mu$ m; b, c, d = 25  $\mu$ m).



## MALVACEAE

### *Malvaviscus arboreus* Cav.

Anatomía de madera (Fig. 7a-f).

Anillos de crecimiento conspicuos delimitados por una banda angosta de 3-5 hileras de fibras con las paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa, contorno circular, presentan dimorfismo, los vasos con diámetro mayor son principalmente solitarios y en grupos de 2 (3), dispuestos radialmente; los de diámetro menor están en grupos de 5-8 dispuestos en hileras radiales, en promedio  $46/\text{mm}^2$ ; los de diámetro mayor, con un promedio de  $62 \pm 12 \mu\text{m}$  ( $48-92 \mu\text{m}$ ) de diámetro tangencial y los de diámetro menor, con un promedio de  $28 \pm 6 \mu\text{m}$  ( $13-39 \mu\text{m}$ ) de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos, con  $424 \pm 61 \mu\text{m}$  ( $351-588 \mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas, de  $4 \pm 0.4 \mu\text{m}$  ( $3-5 \mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio con los bordes reducidos a aparentemente simples; punteaduras redondeadas.

Parénquima axial. Apotraqueal escaso y paratraqueal unilateral y vasicéntrico, de una célula de espesor, con series de 5 a 8 células.

Parénquima radial. Muy pocos radios,  $2/\text{mm}$ ; radios paedomórficos; radios uniseriados formados por células cuadradas o erectas con altura promedio de  $594 \pm 143 \mu\text{m}$  ( $418-940 \mu\text{m}$ ); los multiseriados con altura promedio de  $1969 \pm 412 \mu\text{m}$  ( $1415-2722 \mu\text{m}$ ); el cuerpo formado por células erectas y/o cuadradas y márgenes formados hasta por 5 (7) células.

Fibras. Punteadura simple, moderadamente cortas, con un promedio de  $781 \pm 95 \mu\text{m}$  (596-974  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $17 \pm 1 \mu\text{m}$  (14-20  $\mu\text{m}$ ) pared con 3.25  $\mu\text{m}$  de espesor.

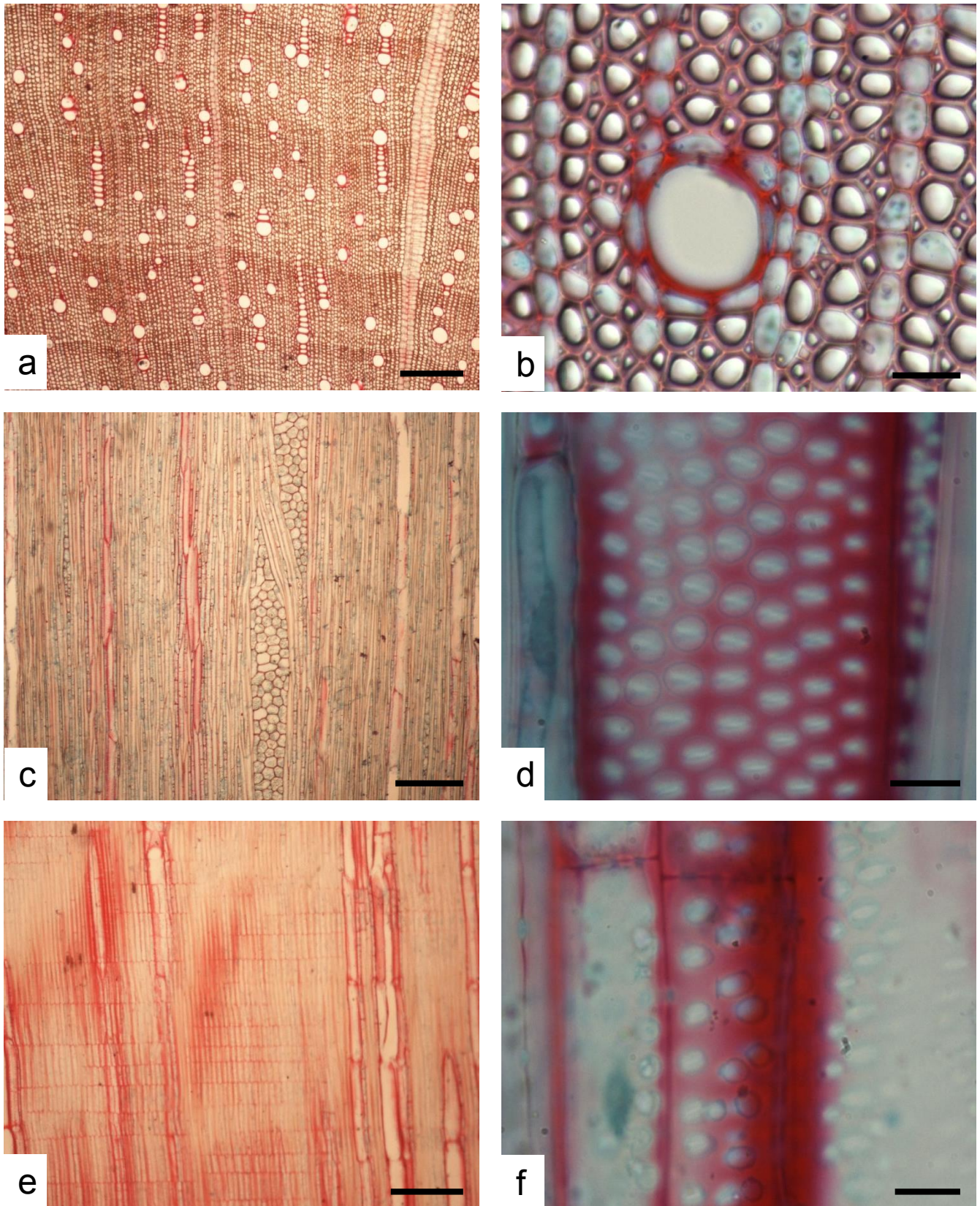


Figura 7. *Malvaviscus arboreus*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. e y f Vistas radiales. (Escala: a, c, e = 250  $\mu$ m; d, f=10  $\mu$ m).

Anatomía de corteza (Fig. 8 a-d).

Grosor total: 1390  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen tres zonas: floema no colapsado, floema colapsado y peridermis.

Floema. Los ETC, son triangulares y redondeados, algunos pierden su forma, con pared delgada, se presentan en grupos de 5-10 células. Se encuentra una o dos CA por ETC, localizadas en las esquinas de los ETC, son de forma cuadrangular y triangular, con pared delgada. En el FC los ETC colapsan radialmente. Los grupos de ETC en el FNC y FC alternan con bandas tangenciales de fibras. En el FNC las células del parénquima axial están solitarias o en grupos de 3-5 y tienen una distribución aleatoria entre los ETC, su forma es cuadrangular en el FNC; en el FC son redondeadas y de mayor tamaño, en esta zona se organizan en hileras tangenciales hasta de tres células, interrumpidas por los radios uniseriados. En vista transversal, los radios son de dos tipos: los que se dilatan ampliamente desde el FNC y que se unen formando una banda continua de parénquima por debajo de la peridermis y los radios uniseriados que siguen un curso rectilíneo; algunos uniseriados se dilatan ampliamente a partir del FC. El esclerénquima se presenta en forma de fibras que se arreglan en bandas tangenciales las cuales se separan por la dilatación de los radios.

Peridermis. La felodermis presenta de 2-4 células de forma cuadrangular y pared delgada. El felema tiene de 5-8 células de forma rectangular y pared delgada, con suberina, además algunas células presentan contenidos oscuros. Se llegan a acumular de dos a tres capas de peridermis, por lo que hay ritidoma.

Inclusiones: Drusas en parénquima radial (Fig. 8c).



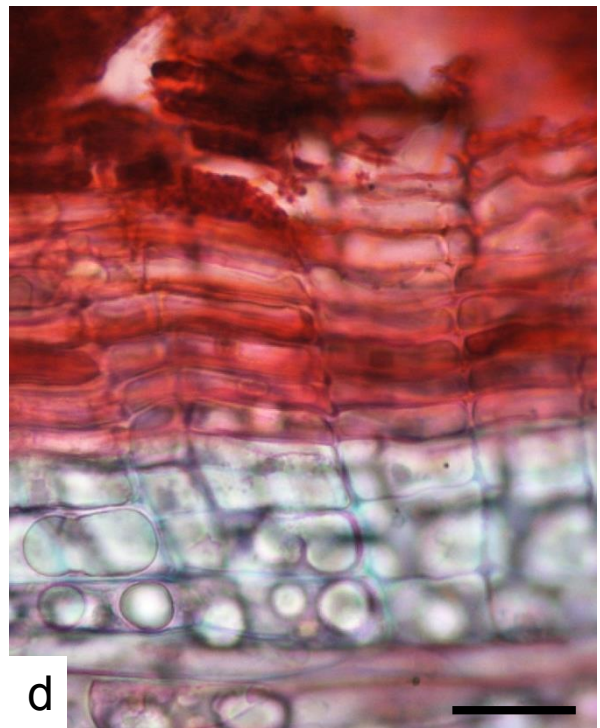
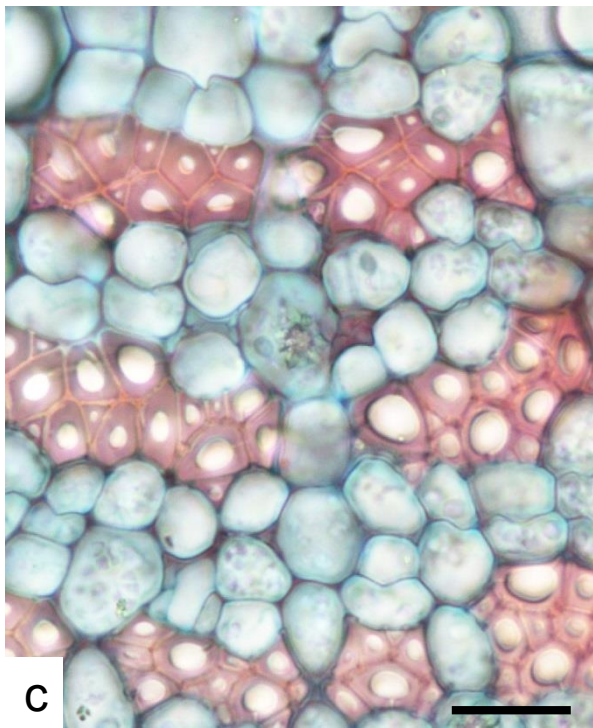
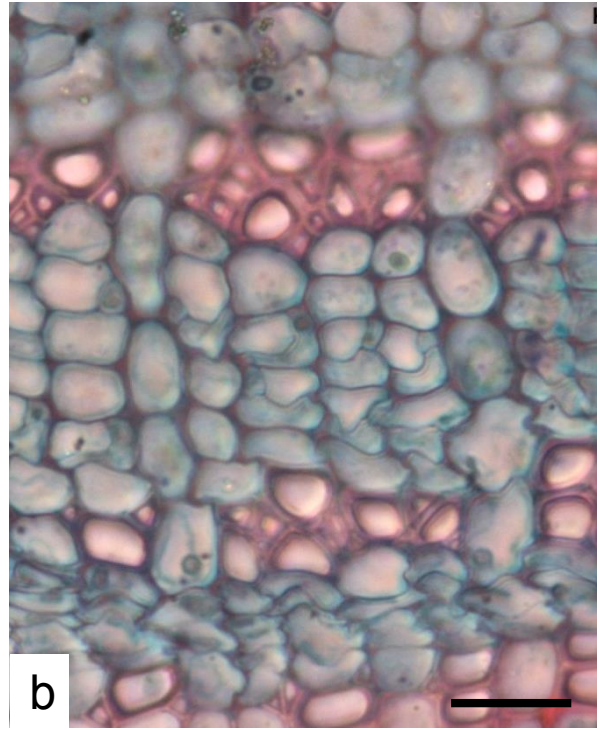


Figura 8. *Malvaviscus arboreus*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 250  $\mu\text{m}$ ; b, c, d = 25  $\mu\text{m}$ ).

## MELASTOMATACEAE

### *Miconia glaberrima* (Schltd.) Naudin

Anatomía de madera (Fig. 9a-g).

Anillos de crecimiento conspicuos delimitados por una banda de 5-10 hileras de fibras con las paredes aplanadas radialmente en la madera tardía y una banda de parénquima marginal en la madera temprana.

Vasos. Porosidad semianular, contorno ligeramente anguloso, principalmente solitarios y en grupos de 2 y 3 dispuestos radialmente, en promedio 44/mm<sup>2</sup>; con  $84 \pm 12 \mu\text{m}$  (63-113  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos, con un promedio de  $383 \pm 76 \mu\text{m}$  (262-575  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas poligonales con  $8 \pm 1 \mu\text{m}$  (6-10  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio de dos distintos tamaños o tipos en la misma célula del radio.

Parénquima axial. En bandas con más de 3 células de ancho, marginal y paratraqueal con 1-2 series de células.

Parénquima radial. Radios numerosos, en promedio 8/mm; heterogéneos tipo III; radios principalmente uniseriados de 5 a 15 células de alto, formados por células cuadradas o erectas, con altura promedio de  $468 \pm 104 \mu\text{m}$  (376-709); escasos biseriados, las porciones biseriadas tan anchas como las uniseriadas, el cuerpo formado por células procumbentes y márgenes con más de 4 hileras de células cuadradas y/o erectas, ocasionalmente porciones biseriadas alternándose con las uniseriadas, con altura promedio de  $470 \pm 102 \mu\text{m}$  (376-709  $\mu\text{m}$ ).

Fibras. Con punteaduras simples; extremadamente cortas, con un promedio de  $496 \pm 93 \mu\text{m}$  ( $332\text{-}615 \mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $21 \pm 3 \mu\text{m}$  ( $16\text{-}26 \mu\text{m}$ ), pared con  $3.9 \mu\text{m}$  de espesor.



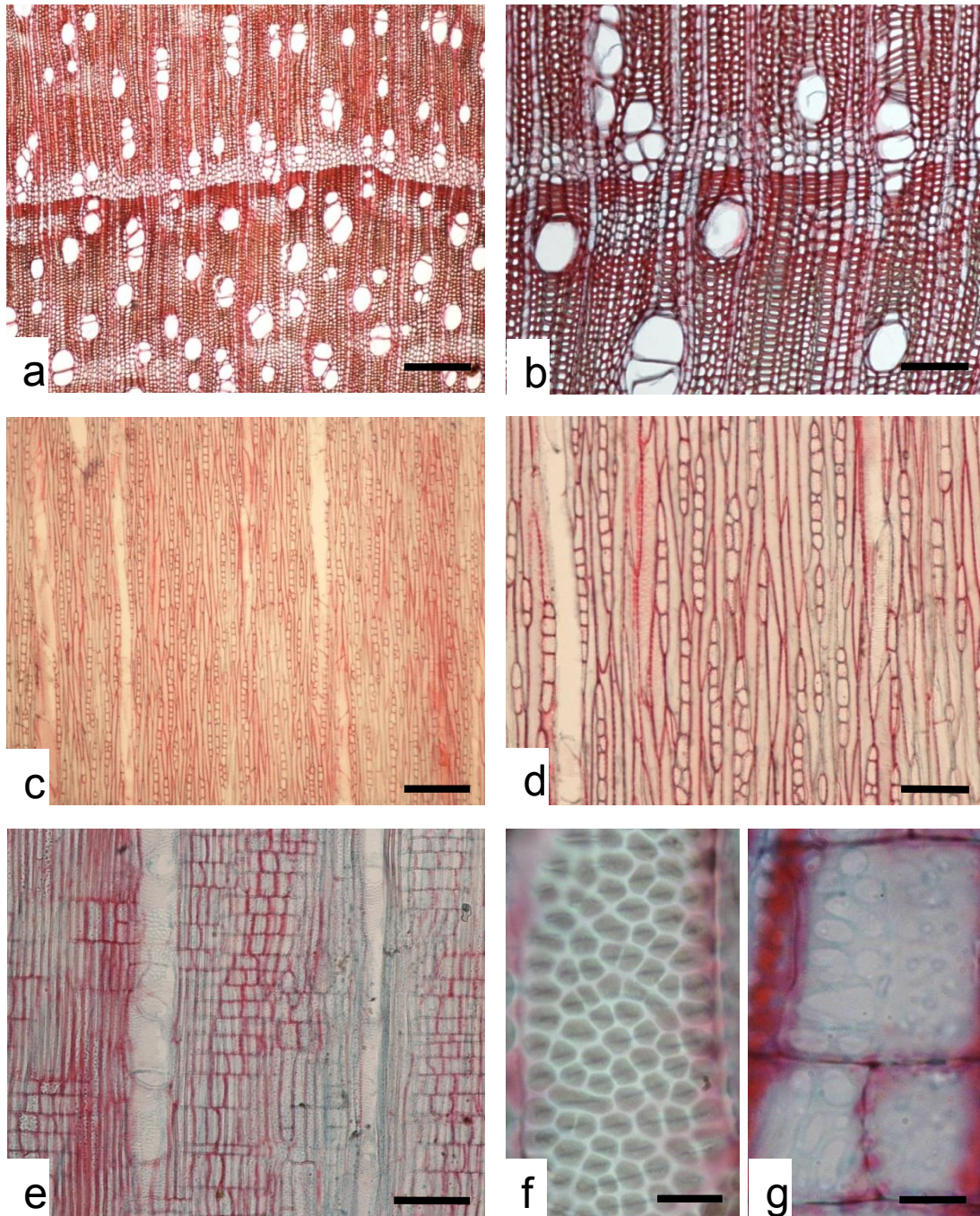


Figura 9. *Miconia glaberrima*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. e y g. Vistas radiales. (Escala: a, c, e = 250  $\mu\text{m}$ ; d, b, f=100  $\mu\text{m}$ ; g = 25  $\mu\text{m}$ ).



Anatomía de corteza (Fig. 10 a-d).

Grosor total: 2494  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen 4 zonas: floema no colapsado, floema colapsado, córtex y peridermis.

Floema. Los ETC son de forma angulosa, se presentan en grupos de 15-20 células. Se encuentra una CA por ETC, localizadas en las esquinas y en las paredes radiales o tangenciales de los ETC, son de forma triangular o rectangular; en el FC los ETC se aplanan radialmente y tangencialmente; se presentan células de esclerenquima que pueden encontrarse de forma aislada o formando grupos. Las células del parénquima axial tienen una distribución aleatoria entre los ETC, la forma de las células es circular. En vista transversal los radios son rectos en el FNC, con gran dilatación en el FC, con 1-3 células de ancho en el FNC.

Córtex. Las células de parénquima son de forma cuadrangular y rectangular, algunas están esclerosadas.

Peridermis. La felodermis presenta de 4-6 células rectangulares con pared delgada. El felógeno es de un sólo estrato, sus células son rectangulares y pared delgada. El felema tiene de 7-10 células cuadrangulares no colapsadas, de paredes delgadas y suberificadas.

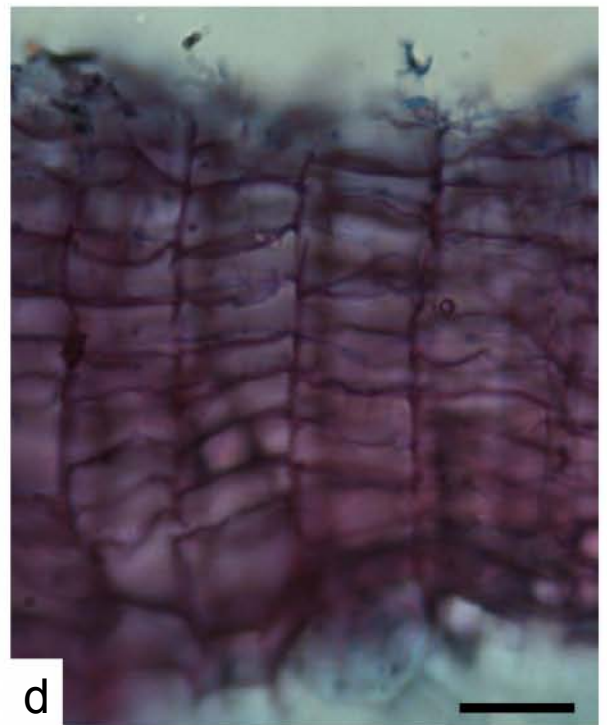
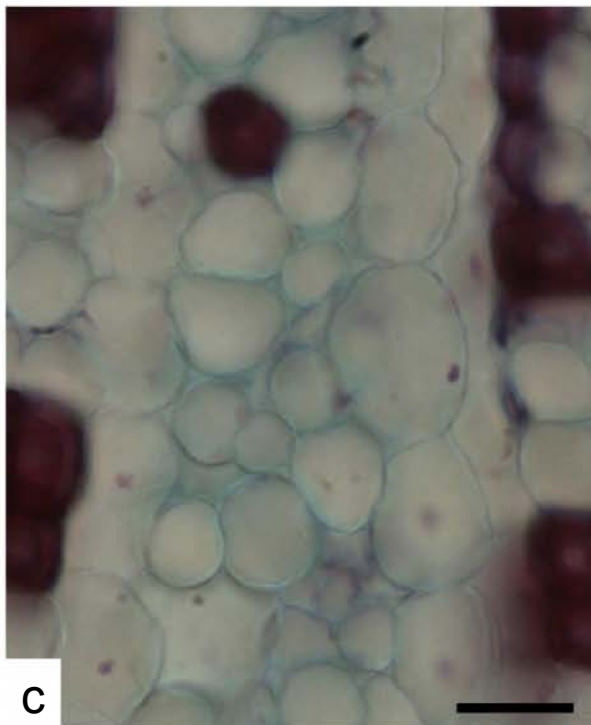
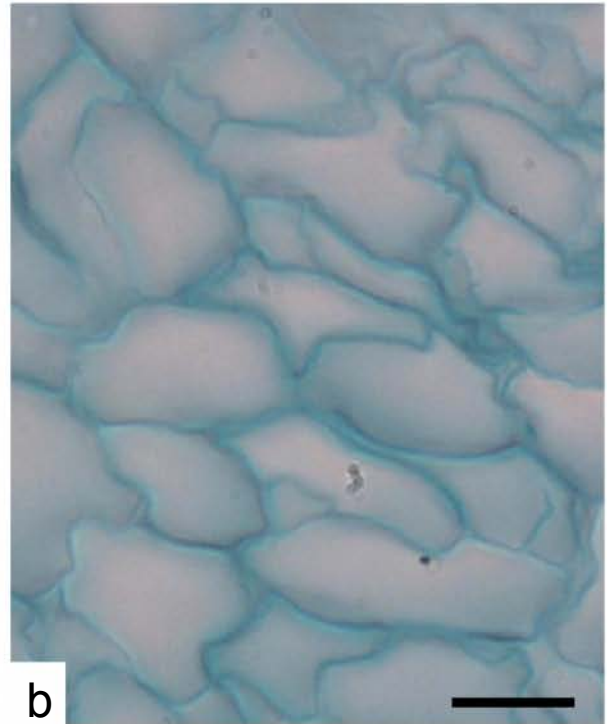


Figura 10. *Miconia glaberrima*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 250  $\mu$ m; b = 10  $\mu$ m; c, d = 25  $\mu$ m).

## PIPERACEAE

### *Piper auritum* Kunth

Anatomía de madera (Fig. 11a-d).

Anillos de crecimiento inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contorno anguloso, principalmente solitarios y en grupos de 2, organizados radialmente; en promedio 12/mm<sup>2</sup>; con  $80 \pm 8 \mu\text{m}$  (64-98  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; moderadamente cortos, con un promedio de  $315 \pm 74 \mu\text{m}$  (213-462  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares de escalariformes a opuestas.

Parénquima axial. Paratraqueal vasicéntrico de 1-2 células de espesor formando una vaina angosta, con series de tres a 4 células.

Parénquima radial. Radios multiseriados de 10-20 células de ancho, formados por células cuadradas o erectas a lo largo de todo el radio; son muy altos y se continúan a lo largo de todo el radio.

Fibras. Punteaduras simples, medianas, con un promedio de  $1417 \pm 268 \mu\text{m}$  (1032-2014  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $30 \pm 2 \mu\text{m}$  (24-36  $\mu\text{m}$ ), pared con 8.7  $\mu\text{m}$  de espesor.

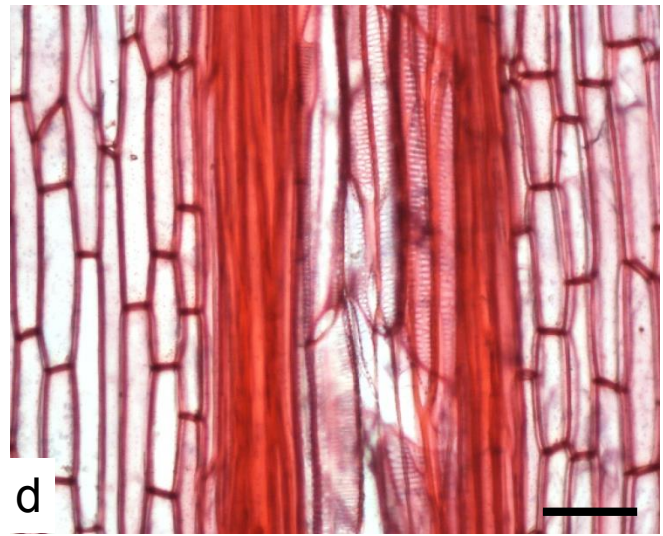
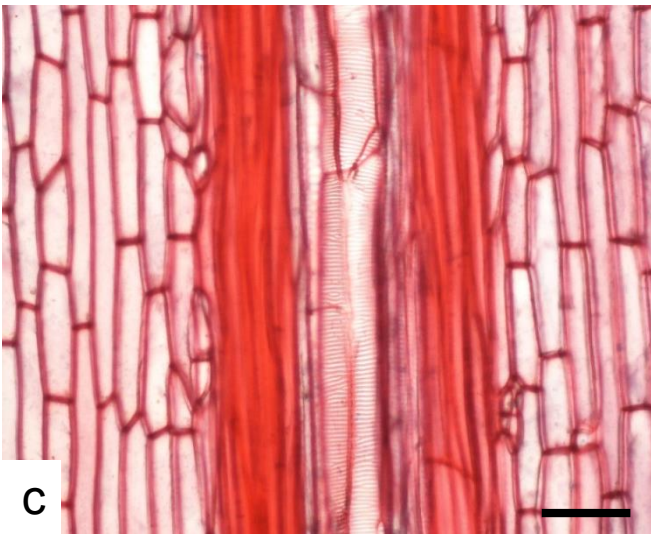
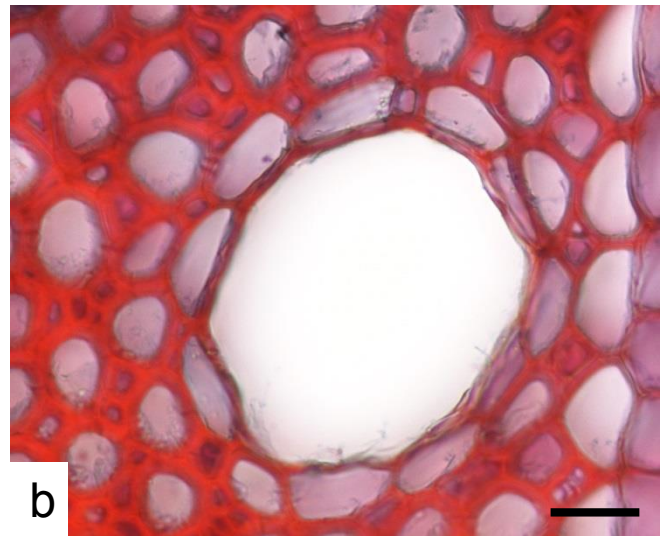
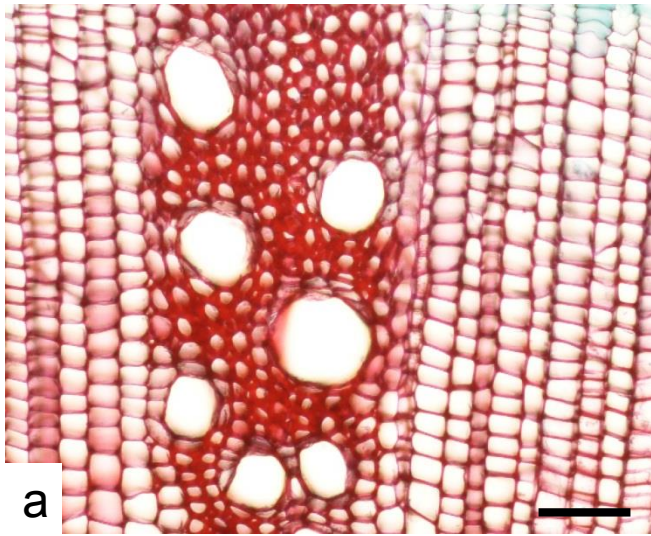


Figura 11. *Piper auritum*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. (Escala: a, c, d = 100  $\mu$ m; b = 25  $\mu$ m).

Anatomía de corteza (Fig. 12 a-d).

Grosor total: 409  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen cuatro zonas: floema colapsado, floema no colapsado, córtex y epidermis.

Floema. En vista transversal se presenta en forma de cúpulas que se interrumpen por parénquima radial. En el FNC los ETC son de forma rectangular, se presentan en grupos de 15-20 células; con una CA de forma triangular, localizadas en las esquinas de los ETC. En el FC los ETC se aplanan radialmente. El parénquima axial con una distribución aleatoria entre los ETC, de forma cuadrangular a ligeramente redondeada. En vista transversal, los radios son rectos y amplios como los del xilema. Hay paquetes de fibras asociadas derivadas en el floema primario que lo delimitan.

Córtex. Con dos capas de células; la más externa con 3-4 estratos de células de parénquima alargadas tangencialmente, la siguiente capa está formada por 5-7 estratos de células esclerosadas; con grupos de esclereidas fuertemente lignificadas. En la parte más interna del córtex se encuentra una endodermis.

Epidermis. Uniestratificada con células de forma rectangular y cuadrangular. Por debajo se distingue una peridermis incipiente (Fig. 12d).



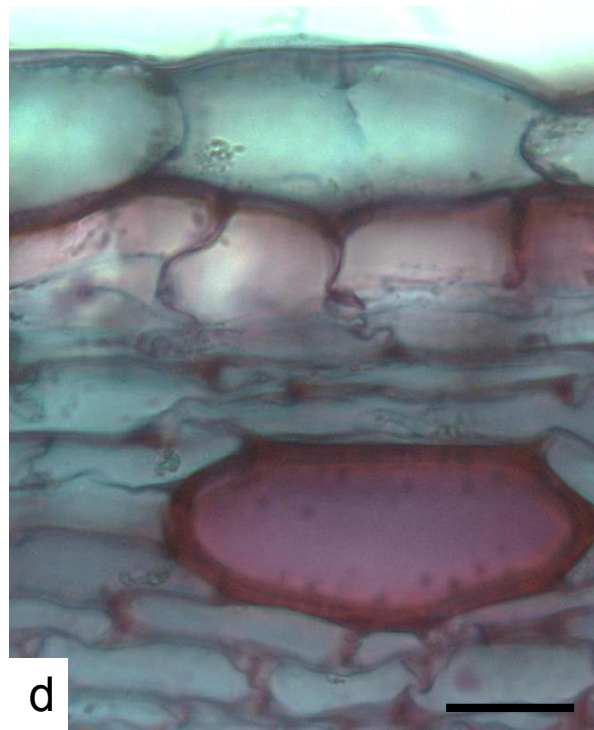
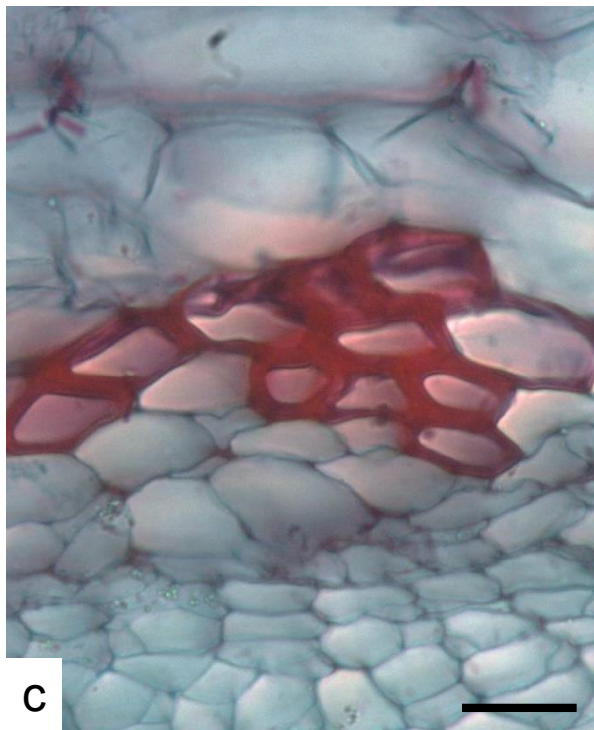
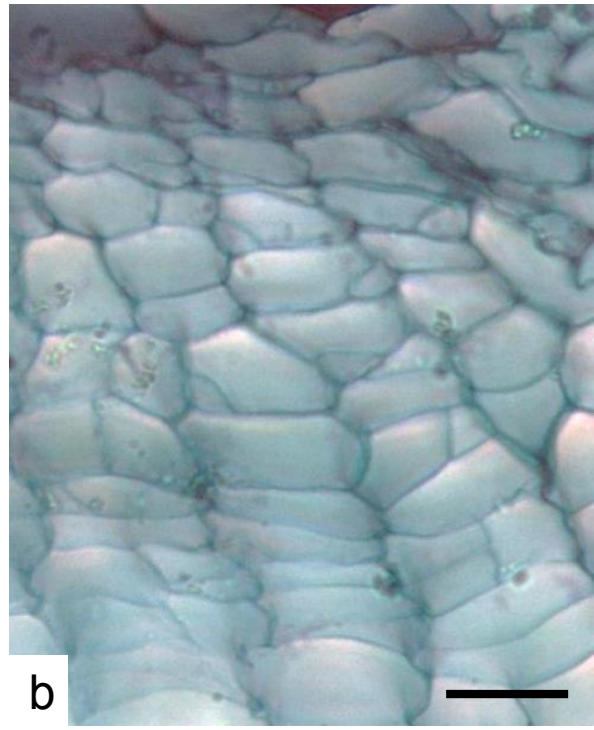
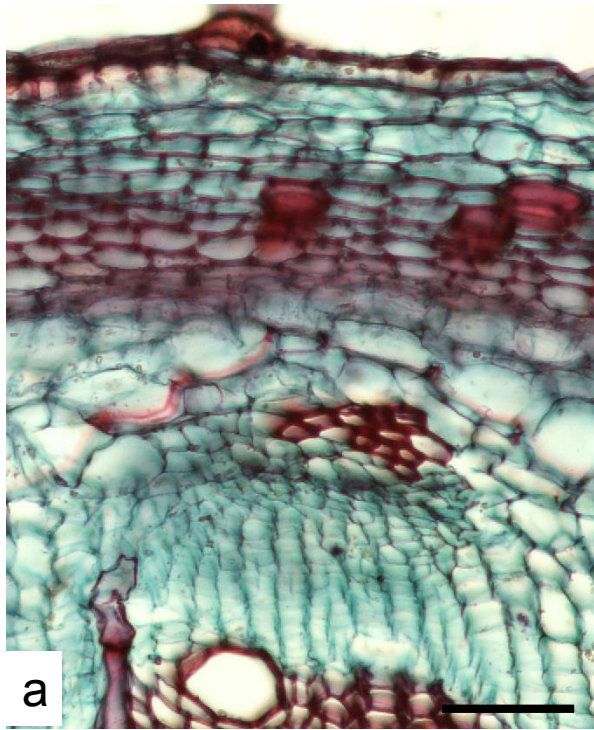


Figura 12. *Piper auritum*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 100  $\mu$ m; b, c, d = 25  $\mu$ m).

## PIPERACEAE

### *Piper hispidum* Kunth

Anatomía de madera (Fig. 13 a-d).

Anillos de crecimiento inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contorno ovalado, principalmente solitarios y en grupos de 2 (3) dispuestos tangencial, radial y diagonalmente; en promedio 14/mm<sup>2</sup>; con un promedio de  $85 \pm 11 \mu\text{m}$  (63-105  $\mu\text{m}$ ) de diámetro tangencial; moderadamente cortos, con un promedio de  $301 \pm 58 \mu\text{m}$  (236-503  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares escalariformes a opuestas.

Parénquima axial. Paratraqueal vasicéntrico de 1-2 células de espesor formando una vaina angosta.

Parénquima radial. Radios multiseriados de 15-30 células de ancho, formados por células cuadradas o erectas a lo largo de todo el radio; son muy altos y se continúan a lo largo de todo el entrenudo.

Fibras. Punteaduras simples o con areolas pequeñas, moderadamente cortas, con un promedio de  $702 \pm 89 \mu\text{m}$  (612-934  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $18 \pm 2 \mu\text{m}$  (14-20  $\mu\text{m}$ ), pared con 5.5  $\mu\text{m}$  de espesor.



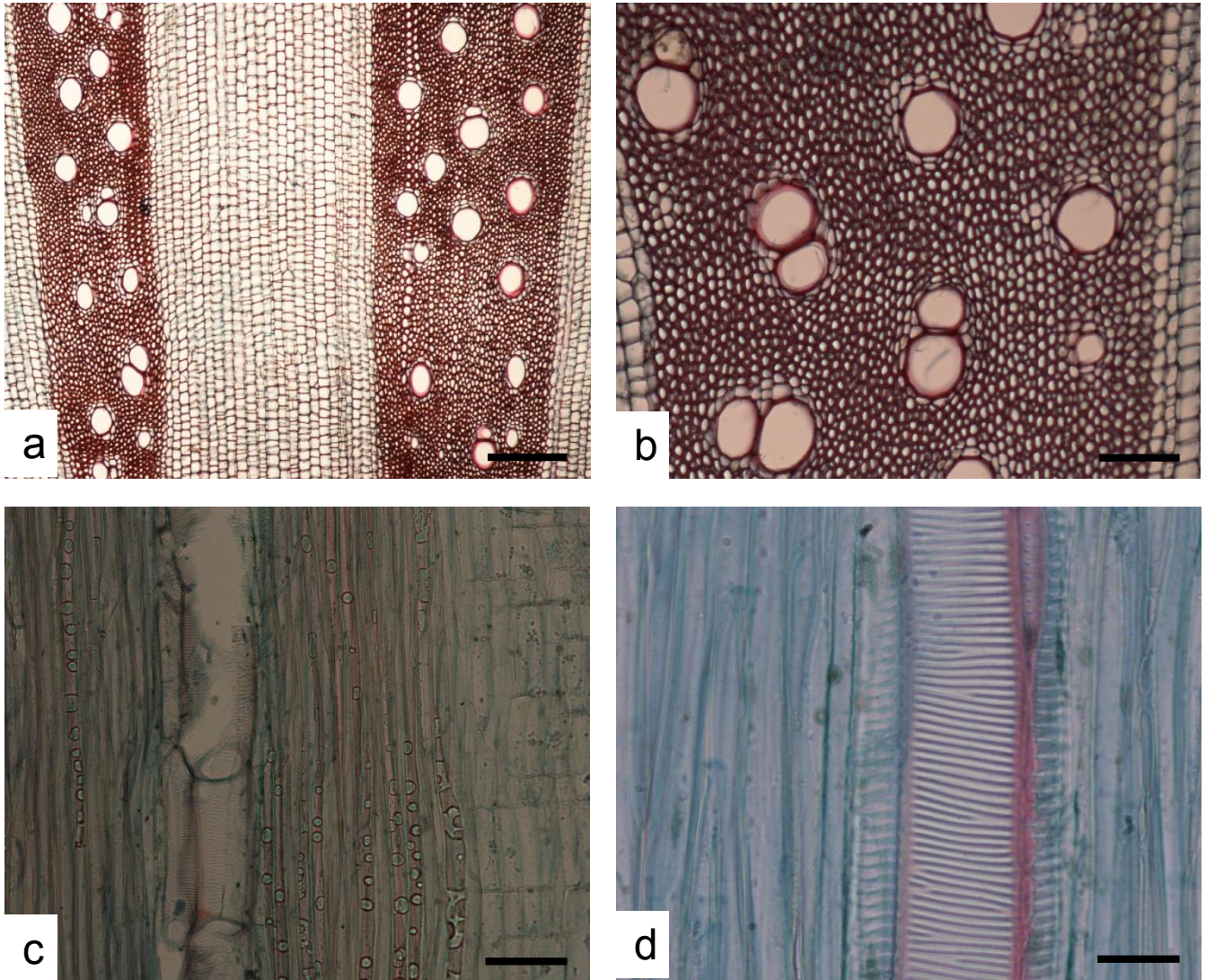


Figura 13. *Piper hispidum* . Microfotografías de madera. a, b y e. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. (Escala: a = 250  $\mu\text{m}$ ; b, c = 100  $\mu\text{m}$ ; d, e = 25  $\mu\text{m}$ ).



Anatomía de corteza (Fig. 14 a-d).

Grosor total: 638  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen cuatro zonas: floema colapsado, floema no colapsado, córtex y epidermis.

Floema. En vista transversal se presenta en forma de cúpulas que se interrumpen por parénquima radial. En el FNC los ETC son de forma poligonal, se presentan en grupos de 15-20 células; con una CA de forma triangular, localizadas en las esquinas de los ETC; se localizan células aisladas de gran tamaño. En el FC los ETC se aplanan radialmente. El parénquima axial no es evidente en el FNC. En el FC se distinguen células en grupos de 2-3 células, de forma poligonal a redondeada. En vista transversal, los radios son rectos y amplios como los del xilema. Hay paquetes de fibras asociadas derivadas en el floema primario que lo delimitan.

Córtex. Las células de parénquima son redondeadas, con paredes tangenciales alargadas. Se observan grupos dispersos de esclereidas.

Epidermis. Es uniestratificada con células de forma cuadrangular.

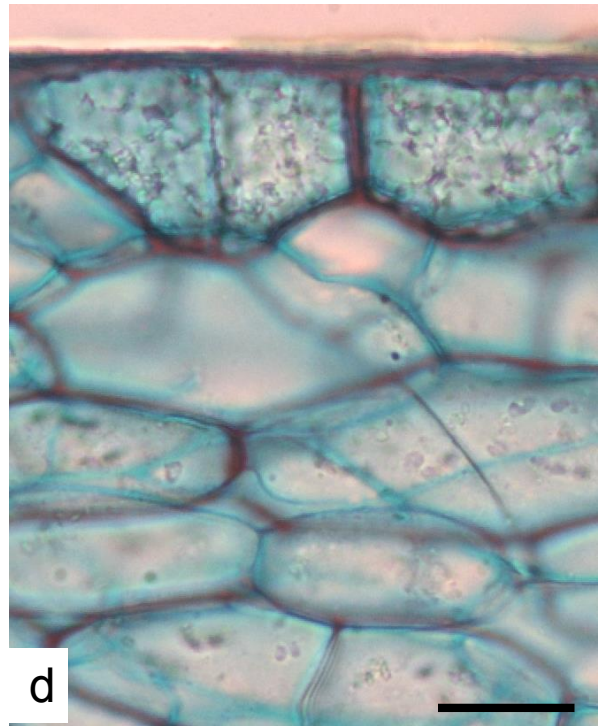
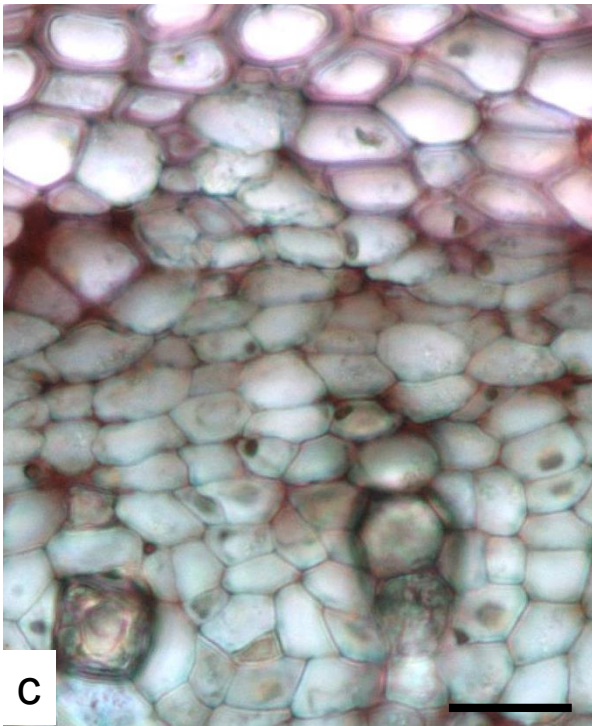
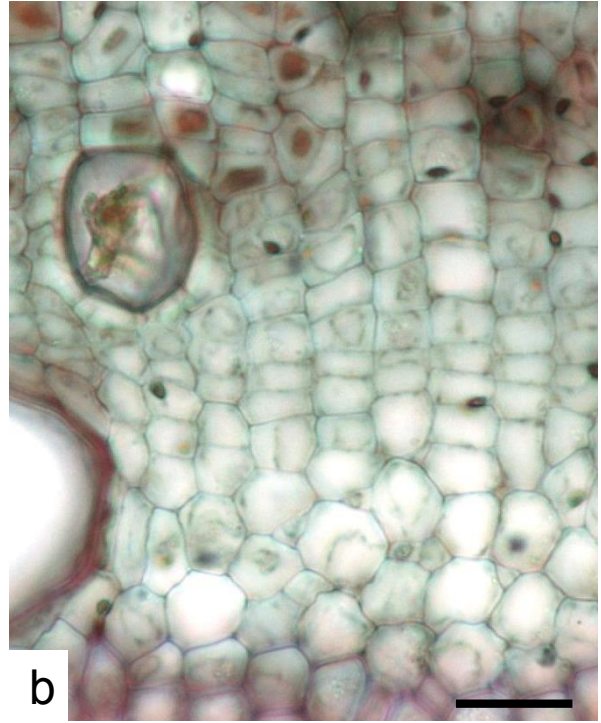
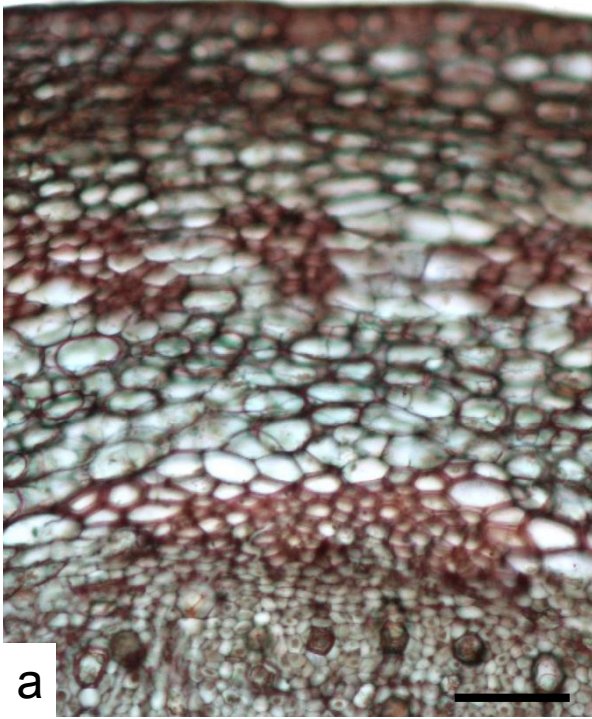


Figura 14. *Piper hispidum*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 100  $\mu$ m; b, c, d = 25  $\mu$ m).

## RUBIACEAE

### *Deppea grandiflora* Schtdl.

Anatomía de madera (Fig. 15a-f).

Anillos de crecimiento inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contorno anguloso; principalmente solitarios y en grupos de 2 y 3 (4), dispuestos radialmente; en promedio  $52/\text{mm}^2$ ; con  $48 \pm 6 \mu\text{m}$  (37-70  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial, elementos de vaso medianos, con un promedio de  $689 \pm 108 \mu\text{m}$  (508-776  $\mu\text{m}$ ); placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas con  $3 \pm 0.4 \mu\text{m}$  (2-4  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio con forma y tamaño similares a las intervasculares.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, con series de tres a cuatro células.

Parénquima radial. Pocos radios 4/mm, heterogéneos tipo I; radios uniseriados con altura promedio de  $744 \pm 112 \mu\text{m}$  (567-962  $\mu\text{m}$ ) compuestos por células erectas; radios biseriados y triseriados, con altura promedio de  $997 \pm 209 \mu\text{m}$  (750-1517  $\mu\text{m}$ ) formados por células cuadradas y erectas a través de todo el radio y márgenes de 5 a más células, frecuentemente los márgenes se unen entre sí.

Fibras. Punteaduras simples, 2-3 septos, medianas, con un promedio de  $1178 \pm 162 \mu\text{m}$  (961-1576  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $26 \pm 3 \mu\text{m}$  (19-32  $\mu\text{m}$ ) y pared con 7.6  $\mu\text{m}$  de espesor.



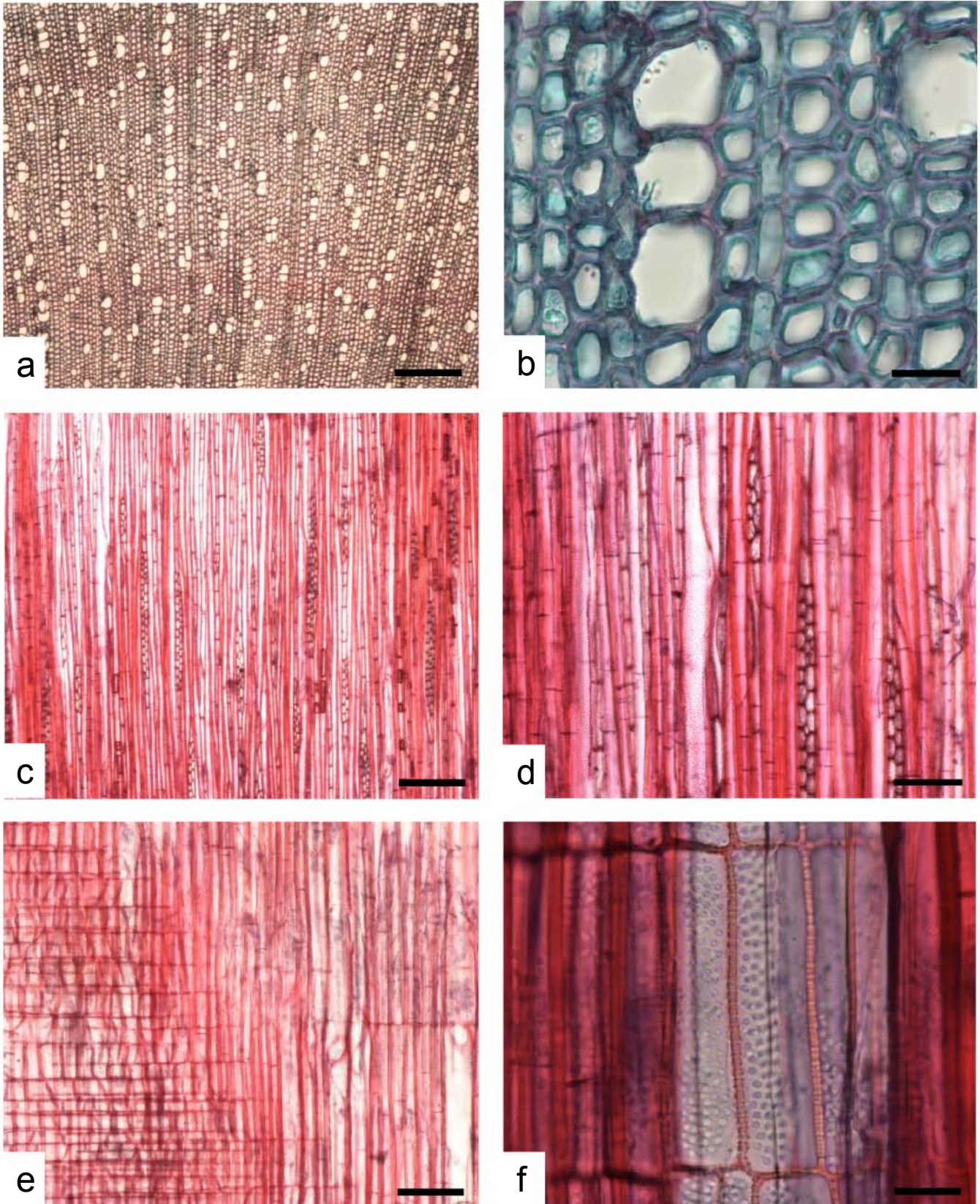


Figura 15. *Deppea grandiflora*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. e y f. Vistas radiales. (Escala: a, c = 250  $\mu$ m; d, e = 100  $\mu$ m; b, f = 25  $\mu$ m).

Anatomía de corteza (Fig. 16a-d).

Grosor: 800  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen cuatro zonas: Floema no colapsado, floema colapsado, córtex, y Peridermis.

Floema. Los ETC son de forma poligonal, se presentan en grupos de 5-8 células. Se encuentra una CA por ETC, localizadas en las esquinas y en las paredes radiales o tangenciales de los ETC, son de forma triangular; en el FC los ETC se aplanan radialmente.

El parénquima axial tienen una distribución aleatoria entre el floema y su forma generalmente es redondeada y rectangular; en ocasiones presentan cristales prismáticos (Fig. 16b). En vista transversal los radios son rectos en el FNC, con dilatación en el FC. 1-3 células de ancho.

Córtex. Las células de parénquima tienen paredes tangenciales alargadas, algunas presentan rafidios; en la parte más interna del córtex presenta una línea tangencial concéntrica de esclerénquima.

Epidermis. Unistratificada, con células de forma rectangular. Se aprecia el inicio de la diferenciación del felógeno a partir de las células más externas del córtex.

Inclusiones: cristales prismáticos romboédricos (Fig. 28 d) y rafidios (Fig. 28 d).



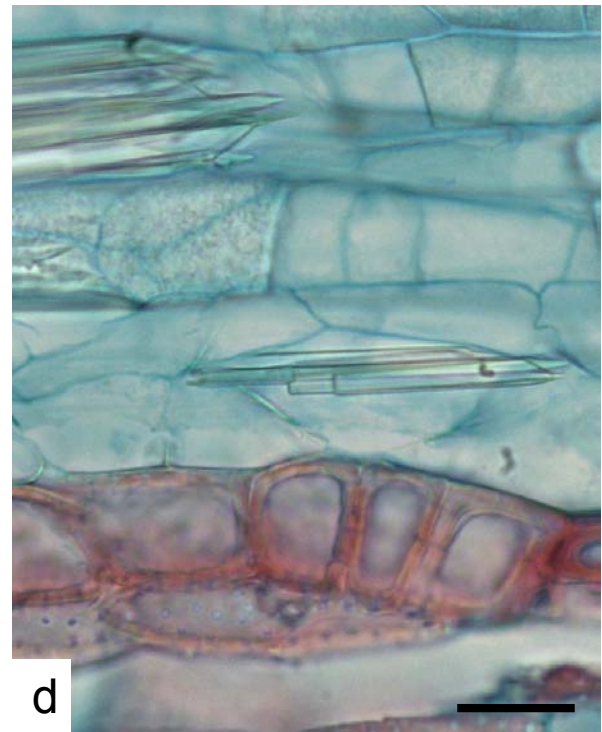
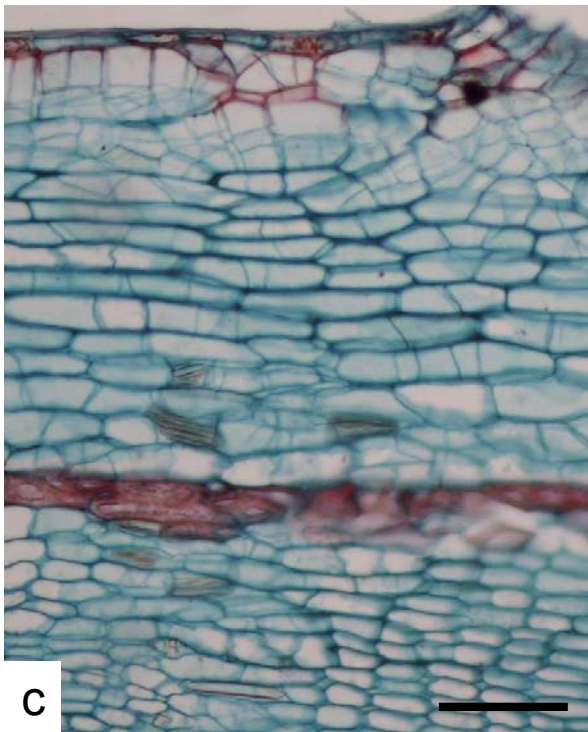
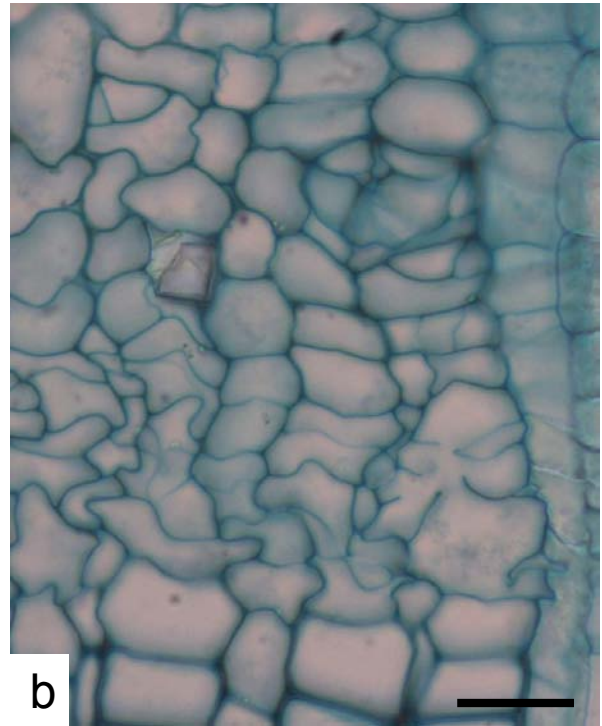
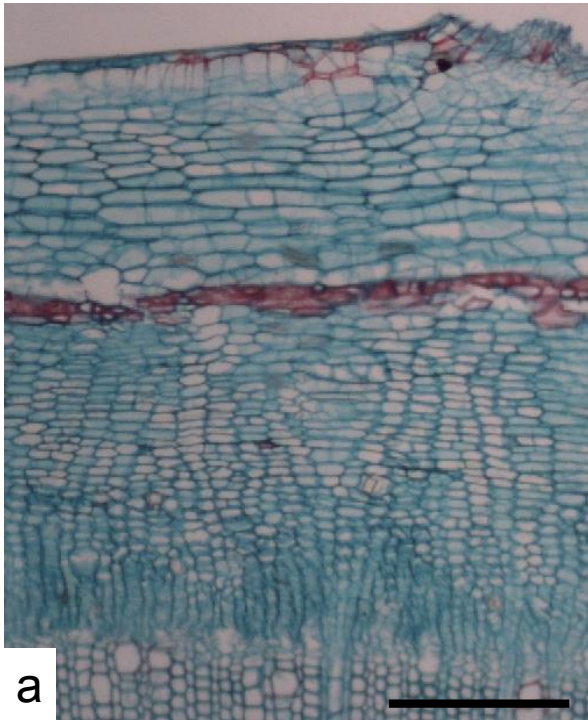


Figura 16. *Deppea grandiflora*. Microfotografías vistas transversales de corteza. (Escala: a=100  $\mu$ m; b, d = 25  $\mu$ m; c =100  $\mu$ m).



***Hoffmannia excelsa* (Kunth) K. Schum.**

Anatomía de madera (Fig. 17a-f).

Anillos de crecimiento inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contorno anguloso, principalmente solitarios y en grupos de 2 y 3, dispuestos radialmente; en promedio  $46/\text{mm}^2$ ; con  $35 \pm 2 \mu\text{m}$  (31-39  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso muy largos, con un promedio de  $1327 \pm 271 \mu\text{m}$  (893-1879  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de  $3.9 \pm 0.5 \mu\text{m}$  (3-5  $\mu\text{m}$ )

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, con series de 3-4 células.

Parénquima radial. Radios escasos, paedomorficos tipo III, únicamente uniseriados, con altura de una célula erecta muy larga (Fig. 17e).

Fibras. Punteaduras simples, 2-3 septos, moderadamente largas, con un promedio de  $1704 \pm 158 \mu\text{m}$  (1261-1949  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $26 \pm 3$  (22-36  $\mu\text{m}$ ), pared con 5.7  $\mu\text{m}$  de espesor.

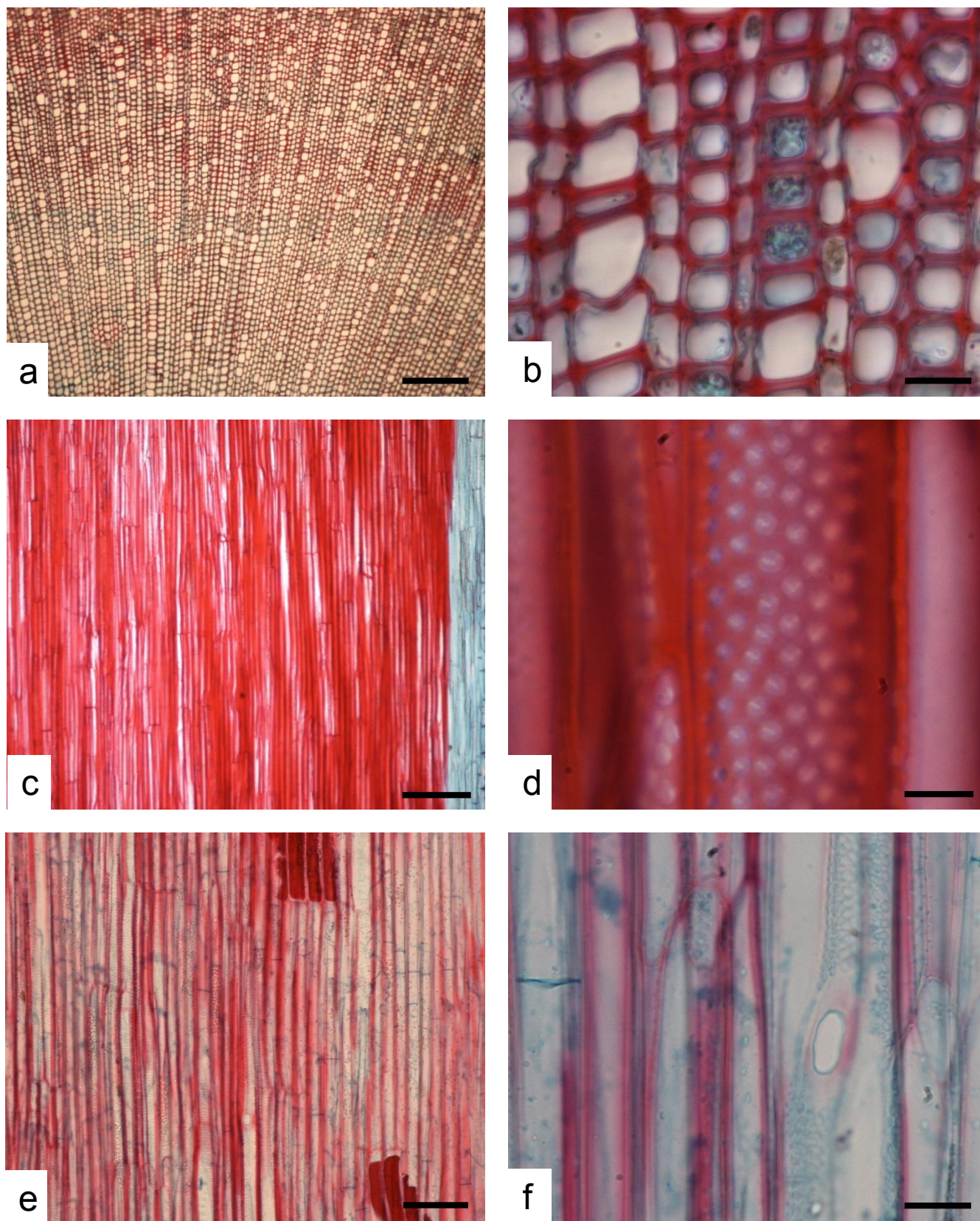


Figura 17. *Hoffmannia excelsa*. Microfotografías de madera. a. Vistas transversales. c, b y d. Vistas tangenciales. e y f. Vistas radiales. (Escala: a, c, = 250  $\mu$ m; b, f = 25  $\mu$ m; e = 100  $\mu$ m; d = 10  $\mu$ m).

***Hoffmannia excelsa* (Kunth) K. Schum.**

Anatomía de corteza (Fig. 18a-d).

Grosor: 437  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen cuatro zonas: floema no colapsado, floema colapsado, córtex y peridermis.

Floema. La descripción corresponde únicamente a floema no funcional. Los ETC son amorfos, tienen pared gruesa, se presentan difusos entre las células de parénquima axial; se encuentra una CA por ETC, localizadas adyacentes de los ETC, son de forma irregular y tienen pared delgada. En el FC los ETC se aplanan radialmente. Parénquima axial. Las células de parénquima tienen una distribución aleatoria entre el floema y su forma generalmente es redondeada. Parénquima radial. Los constituyen de 5-8 células de forma circular; son rectos uniseriados, con una ligera dilatación en las últimas 2-3 células.

Córtex. Las células de parénquima tienen paredes tangenciales alargadas. En la parte más interna del córtex se encuentra una endodermis formada por células de forma rectangular

Epidermis. Uniestratificada las células son de forma rectangular y cuadrangular, con cutícula lisa.



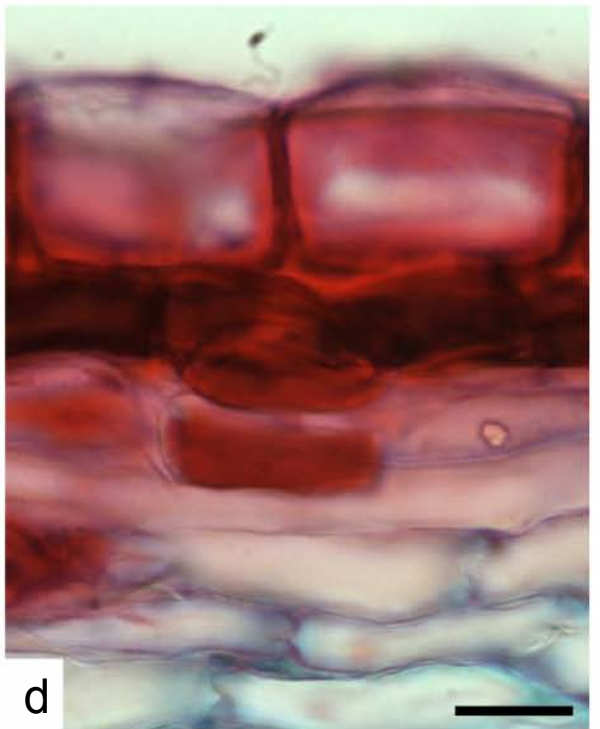
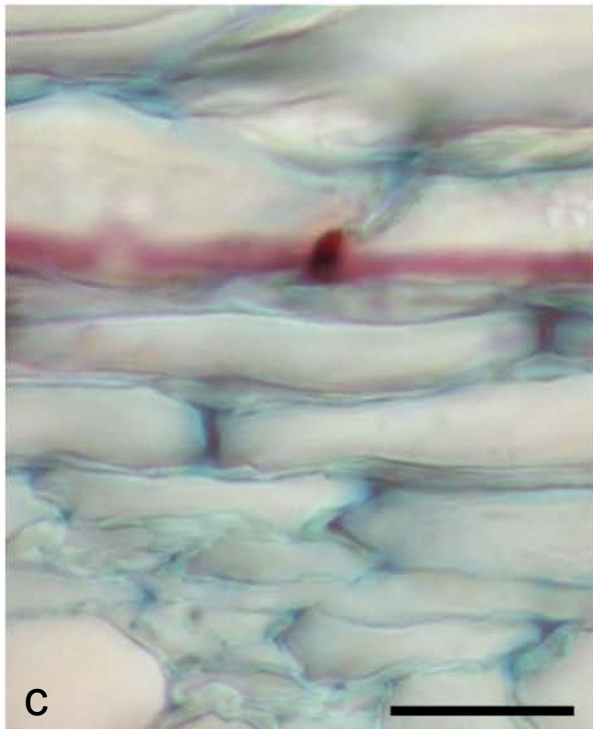
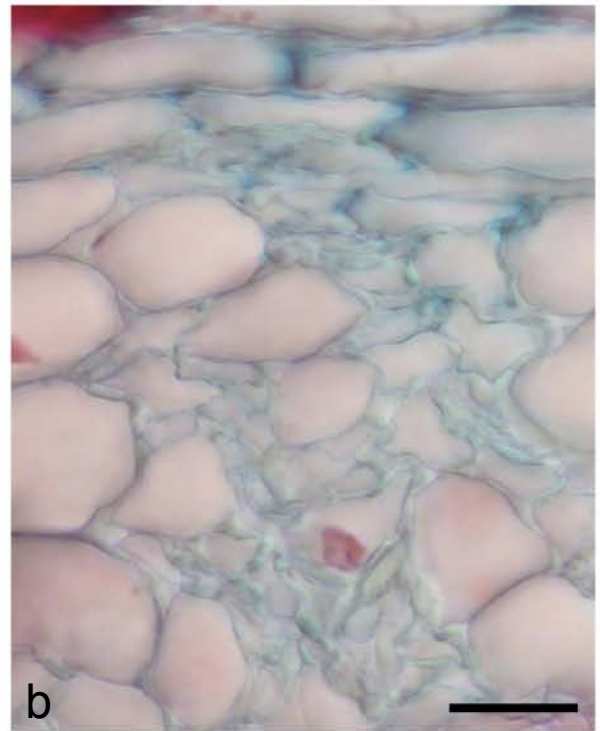
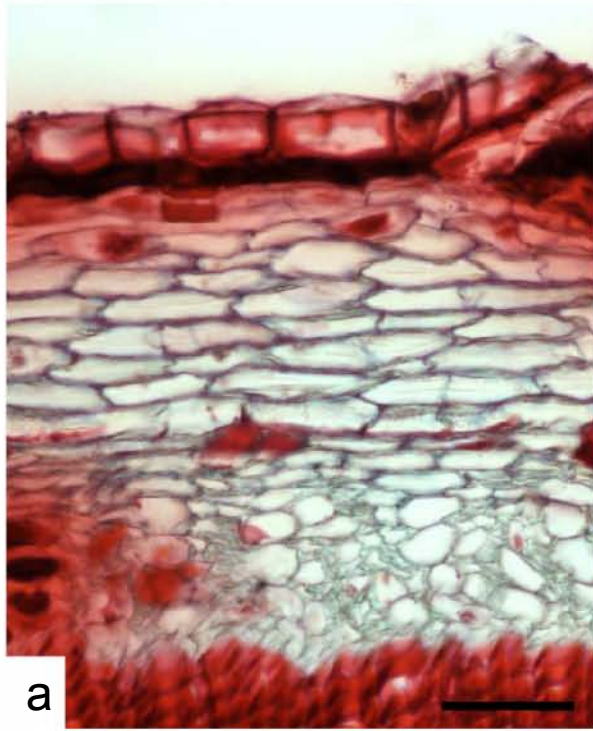


Figura 18. *Hoffmannia excelsa*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 100  $\mu\text{m}$ ; b, c, d = 25  $\mu\text{m}$ ).



***Hoffmannia psychotriifolia* (Benth.) Griseb.**

Anatomía de madera (Fig. 19a-g).

Anillos de crecimiento conspicuos delimitados por una banda angosta de 5-8 hileras de fibras con las paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad semianular, contorno ovalado, principalmente solitarios y en grupos de 2 (3-5), dispuestos radialmente, en la madera tardía principalmente agregados en grupos de dos o más, dispuestos tangencial y oblicuamente; en promedio  $26/\text{mm}^2$ ; con  $82 \pm 7 \mu\text{m}$  (69-97  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos con un promedio de  $535 \pm 88 \mu\text{m}$  (403-756  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas con  $8 \pm .7 \mu\text{m}$  (8-10  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio de dos distintos tamaños o tipos en la misma célula del radio.

Parénquima axial. Apotraqueal difuso y paratraqueal escaso. Con series de 3 a 4 células.

Parénquima radial. Muy pocos radios, en promedio 3/mm, paedomórficos tipo I; radios uniseriados con altura promedio de  $461 \pm 68 \mu\text{m}$  (352-650  $\mu\text{m}$ ); radios biseriados y triseriados, con altura promedio de  $746 \pm 117 \mu\text{m}$  (496-965  $\mu\text{m}$ ) formados por células cuadradas y erectas a través de todo el radio. Presenta canales radiales. (Fig. 19d).

Fibras. Punteaduras simples, septadas, muy cortas, con un promedio de  $691 \pm 140 \mu\text{m}$  (506-982  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $27 \pm 4 \mu\text{m}$  (19-32  $\mu\text{m}$ ), pared con 5  $\mu\text{m}$  de espesor.

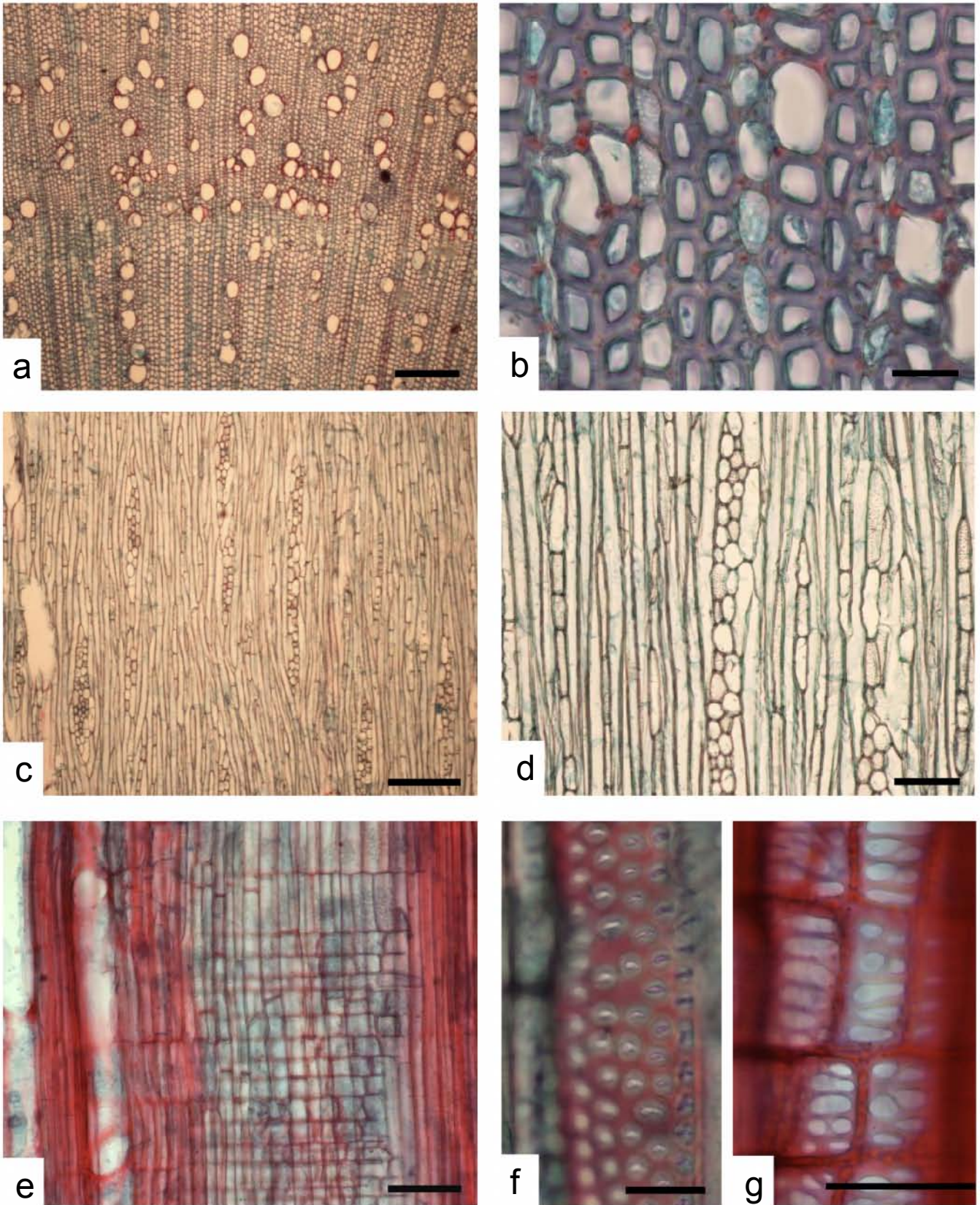


Figura 19. *Hoffmannia psychotriifolia*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. e, f y g. Vistas radiales. (Escala: a, c = 250  $\mu\text{m}$ ; b, f = 25  $\mu\text{m}$ ; d, e = 100  $\mu\text{m}$ ; g = 50  $\mu\text{m}$ ).

Anatomía de corteza (Fig. 20 a-d).

Grosor total: 640  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen cuatro zonas: Floema no colapsado, floema colapsado, córtex y peridermis.

Floema. Los ETC son poligonales, se presentan en grupos de 5-8 células. Se encuentra una CA por ETC, localizadas en las esquinas y en las paredes radiales o tangenciales de los ETC, son de forma triangular y rectangular. En el FC los ETC se aplanan radialmente; presenta células con contenidos y esclerénquima dispersos, principalmente en el FC. Las células de parénquima axial tienen una distribución aleatoria entre el floema y su forma generalmente es redondeada. En vista transversal, los radios son rectos en el floema no colapsado, con una ligera dilatación en el FC, con 1-2 células de ancho,

Córtex. Las células de parénquima tienen paredes tangenciales alargadas, muy pocas presentan contenidos.

Peridermis. La felodermis presenta de 2-3 células rectangulares con pared delgada. El felógeno es de un sólo estrato, sus células son rectangulares y pared delgada. El felema tiene de 2-3 células cuadrangulares de paredes delgadas, algunas obliteradas y suberificadas.



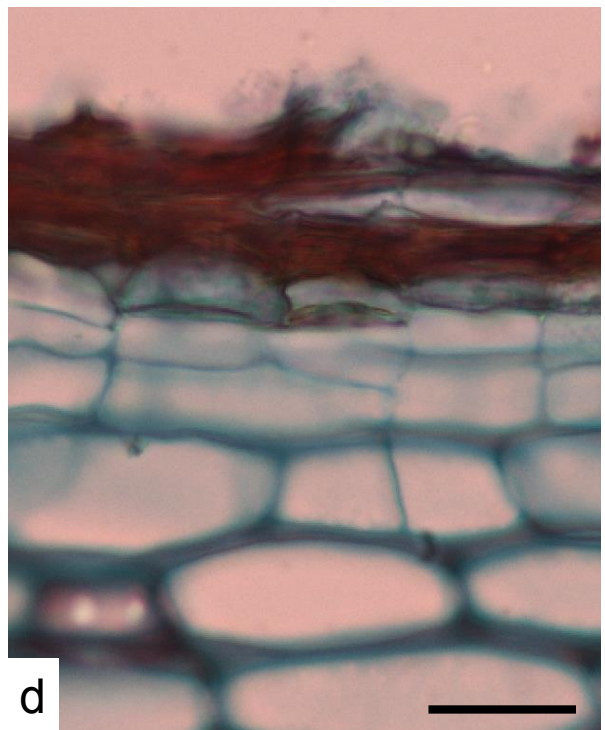
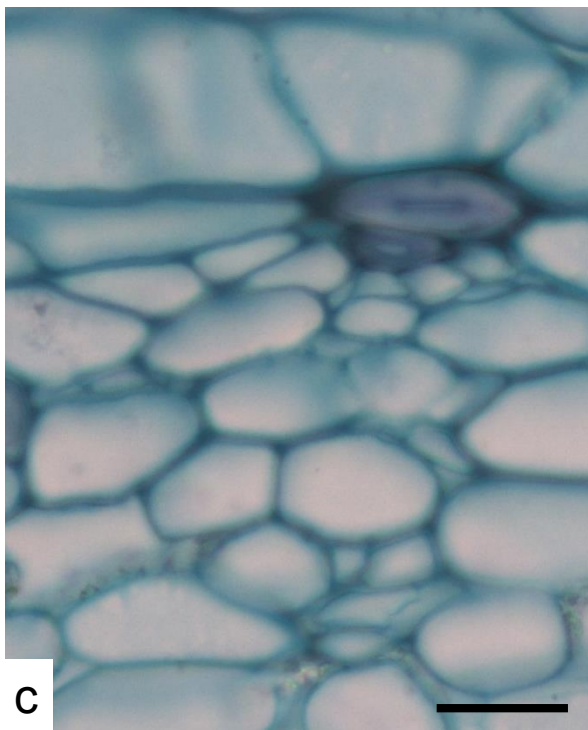
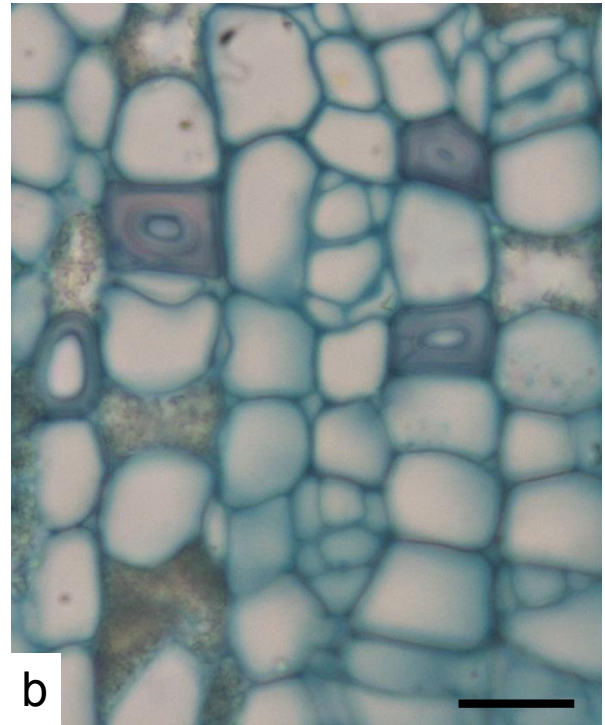
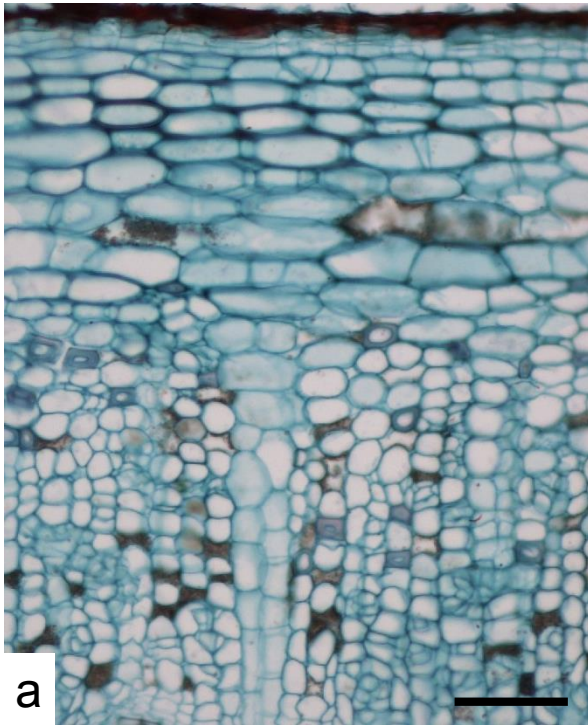


Figura 20. *Hoffmannia psychotriifolia*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 100  $\mu\text{m}$ ; b, c, d = 25  $\mu\text{m}$ ).



***Psychotria galeottiana* (M. Martens) C.M. Taylor & Lorens.**

Anatomía de madera (Fig. 21a-e).

Anillos de crecimiento inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contorno ovalado con la pared ligeramente más engrosada en los ángulos, principalmente solitarios y en grupos de 2 y 3 (4 o más), dispuestos en hileras radiales; en promedio  $46/\text{mm}^2$ ; con  $55 \pm 7 \mu\text{m}$  (42-68  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos, con un promedio de  $451 \pm 65 \mu\text{m}$  (291-594  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas, de  $3 \pm 0.3 \mu\text{m}$  (2-4  $\mu\text{m}$ ) de diámetro.

Parénquima axial. Paratraqueal escaso y vasicéntrico, con series de 3 a 4 células.

Parénquima radial. Pocos radios, 3/mm; radios paedomorficos tipo I, con altura promedio de  $906 \pm 137 \mu\text{m}$  (701-1298  $\mu\text{m}$ ); de (2) 3 a 5 células de ancho; el cuerpo formado por células erectas y/o cuadradas.

Fibras. Punteaduras simples, 2-3 septos, muy cortas, con un promedio de  $669 \pm 54 \mu\text{m}$  (570-767  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $17 \pm 2 \mu\text{m}$  (11-23  $\mu\text{m}$ ), pared con 3.6  $\mu\text{m}$  de espesor.

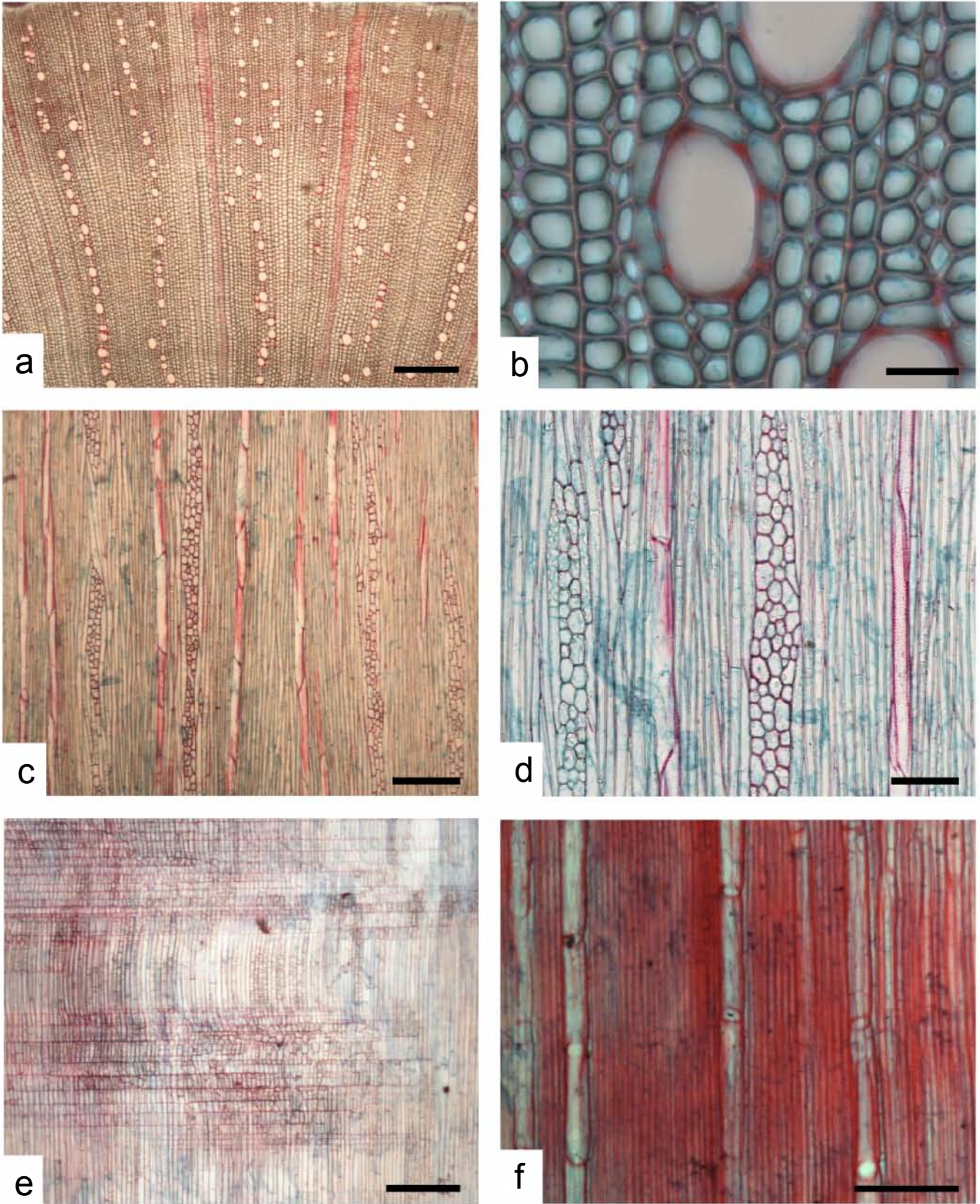


Figura 21. *Psychotria galeottiana*. Microfotografías de madera. a, b y e. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. (Escala: a, c, e, f = 250 μm; b = 25 μm; d = 100 μm).

Anatomía de corteza (Fig. 22a-d).

Grosor total. 376  $\mu\text{m}$ .

Se distinguen cuatro zonas: floema colapsado, floema no colapsado, córtex, y peridermis.

Floema. Los ETC son de forma poligonal, se presentan en grupos de 3-8 células; se encuentra una CA por ETC, localizadas en las esquinas y en las paredes radiales o tangenciales de los ETC, son de forma triangular o rectangular; en el FC los ETC se aplanan radialmente. Las células de parénquima axial son de mayor tamaño que los ETC, con una distribución aleatoria entre los ETC en el floema no colapsado y colapsado, su forma generalmente es redondeada y de contorno sinuoso. En vista transversal, los radios se dilatan desde muy cerca del cambium vascular, uniéndose hasta formar una banda tangencial angosta de células de parénquima; en esta banda existen células de esclerénquima; con 2-4 células de ancho.

Córtex. Las células de parénquima tienen paredes tangenciales alargadas. En la parte más interna del córtex se encuentra una endodermis formada por células de forma rectangular. Hay células solitarias de gran tamaño cercanas a la peridermis (Fig. 22a).

Peridermis. La felodermis presenta de 1-2 capas de células con pared delgada. El felógeno presenta un sólo estrato, sus células son rectangulares. El felema tiene de células aplanadas radialmente, suberizadas, que se desprenden a manera de escamas.



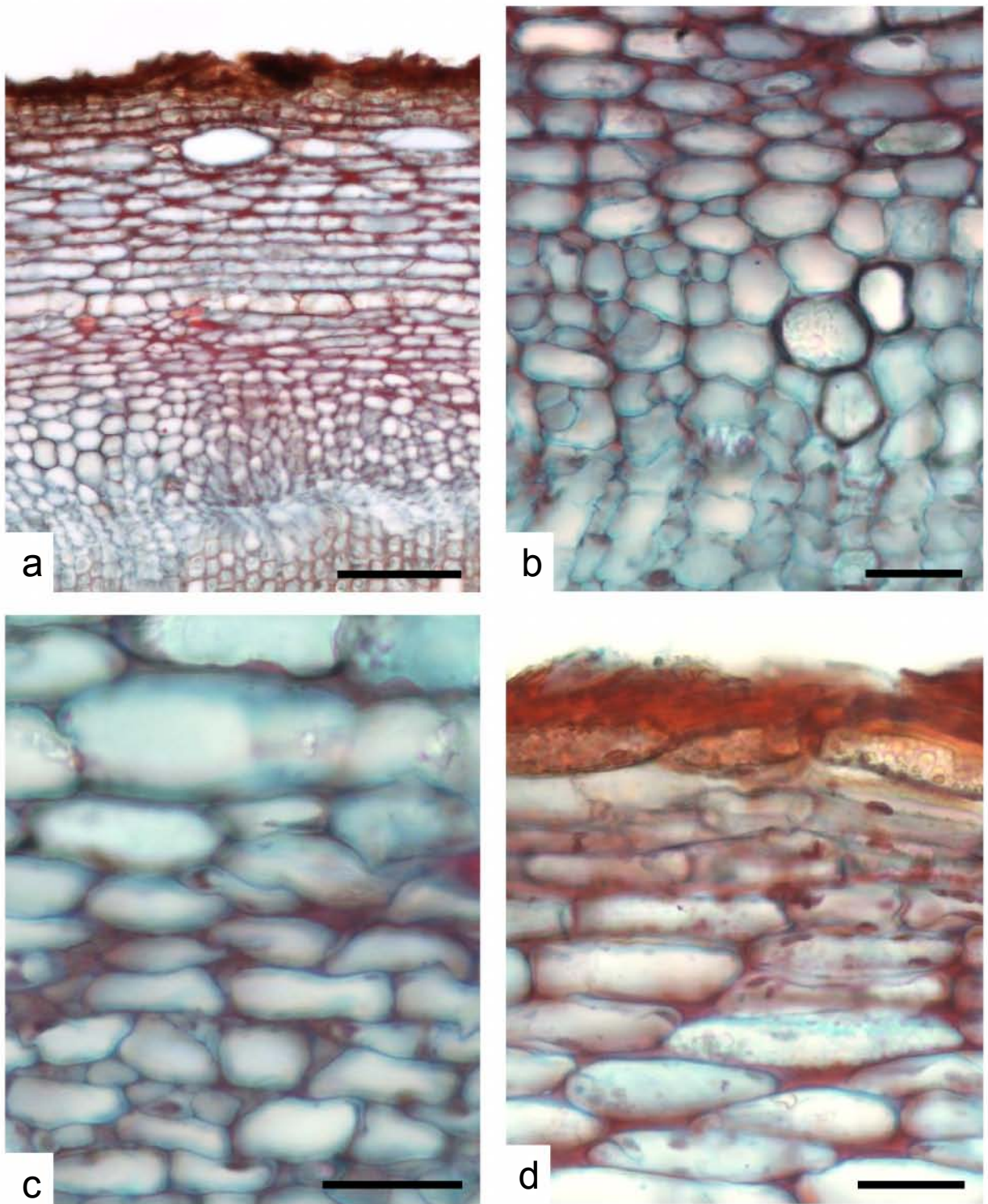


Figura 22. *Psychotria galeottiana*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 100  $\mu\text{m}$ ; b, c, d = 25  $\mu\text{m}$ ).



***Psychotria perotensis* Cast. Campos.**

Anatomía de madera (Fig. 23 a-e).

Anillos de crecimiento conspicuos delimitados por una banda angosta de 3-6 hileras de fibras con las paredes aplanadas radialmente.

Vasos. Porosidad difusa, contorno anguloso, principalmente solitarios y en grupos de 2 y 3 dispuestos radialmente, en promedio  $46/\text{mm}^2$ ; con un promedio de  $40.5 \pm 4 \mu\text{m}$  ( $34-50 \mu\text{m}$ ) de diámetro tangencial; elementos de vaso moderadamente largos; con un promedio de  $914 \pm 179 \mu\text{m}$  ( $697-1045 \mu\text{m}$ ) placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas con  $4 \pm 0.4$  ( $3-5 \mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio con los bordes reducidos a aparentemente simples: punteaduras redondeadas a angulares.

Parénqima axial. Ausente o extremadamente raro.

Parénquima radial. Pocos radios,  $4/\text{mm}$ ; heterogéneos tipo I, los radios uniseriados formados por células erectas, con un promedio de  $827 \pm 146 \mu\text{m}$  ( $619-1144 \mu\text{m}$ ) de altura; los multiseriados formados por células procumbentes erectas y cuadradas a través de todo el radio, con altura promedio de  $1673 \pm 348 \mu\text{m}$  ( $1053-2302 \mu\text{m}$ ).

Fibras. Punteaduras simples, 3-4 septos, con un promedio de  $1247 \pm 156 \mu\text{m}$  ( $846-1549 \mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $27 \pm 4 \mu\text{m}$  ( $19-37 \mu\text{m}$ ), pared con  $5.2 \mu\text{m}$  de espesor.

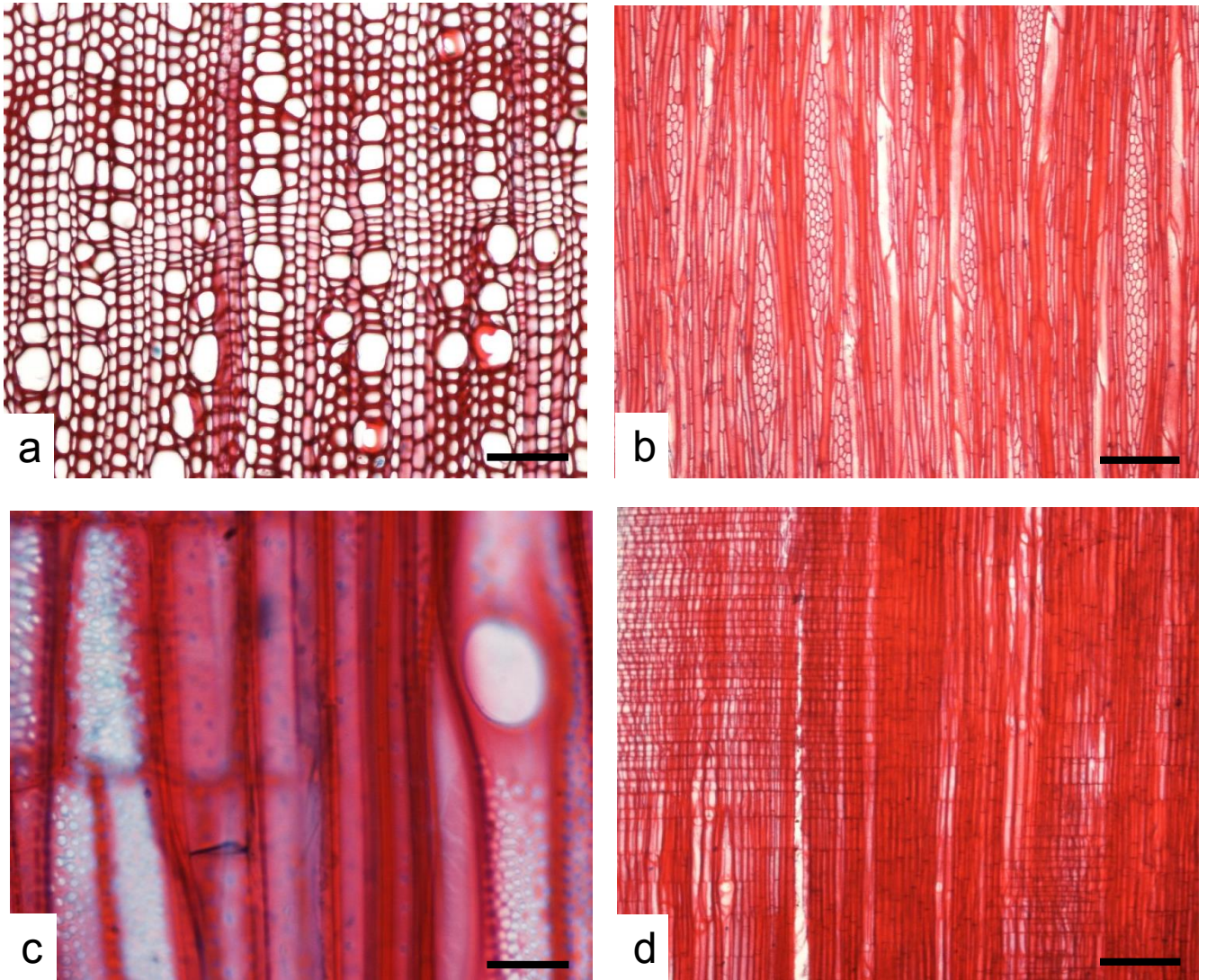


Figura 23. *Psychotria perotensis*. Microfotografías de madera. a, y e. Vistas transversales. b. Vistas tangenciales. c y d. Vistas radiales (Escala: a = 100µm; b, d = 250 µm; c = 25 µm).

Anatomía de corteza (Fig. 24 a-c).

Grosor total: 1487  $\mu\text{m}$ .

En vista transversal se reconocen cuatro zonas: floema no colapsado, floema colapsado, córtex y peridermis.

Floema. Los ETC tienen forma redondeada, se presentan en grupos de 5-15 células. Cada ETC tienen 1-2 CA en sus esquinas y/o en sus paredes radiales. En el FC los grupos de ETC se aplanan radialmente. Las células de parénquima axial tienen una distribución aleatoria entre los ETC en el FNC y su forma generalmente es redondeada; en el FC el parénquima es más abundante, y la forma de las células es poligonal y redondeada. En vista transversal los radios son rectos en el FNC y se dilatan en el FC, uniéndose hasta formar una banda tangencial de células de parénquima, por debajo de la endodermis, en esta banda existen células de esclerénquima, solitarias o en pequeños grupos; con 1-3 células de ancho.

Córtex. Se distinguen dos zonas, la más cercana a la peridermis formada por células de forma rectangular y de mayores dimensiones que las de la capa subsiguiente, la que le sigue también está formada de células de parénquima pero de menores dimensiones y forma cuadrangular a redondeada. En la parte más interna del córtex se encuentra una endodermis con células rectangulares.

Peridermis. La felodermis tiene de 7-10 estratos de células de forma rectangular de paredes delgadas. El felógeno es de un sólo estrato, sus células son rectangulares. El felema tiene de 4 a 7 estratos de células cuadrangulares con pared delgada suberificada y no obliteradas.

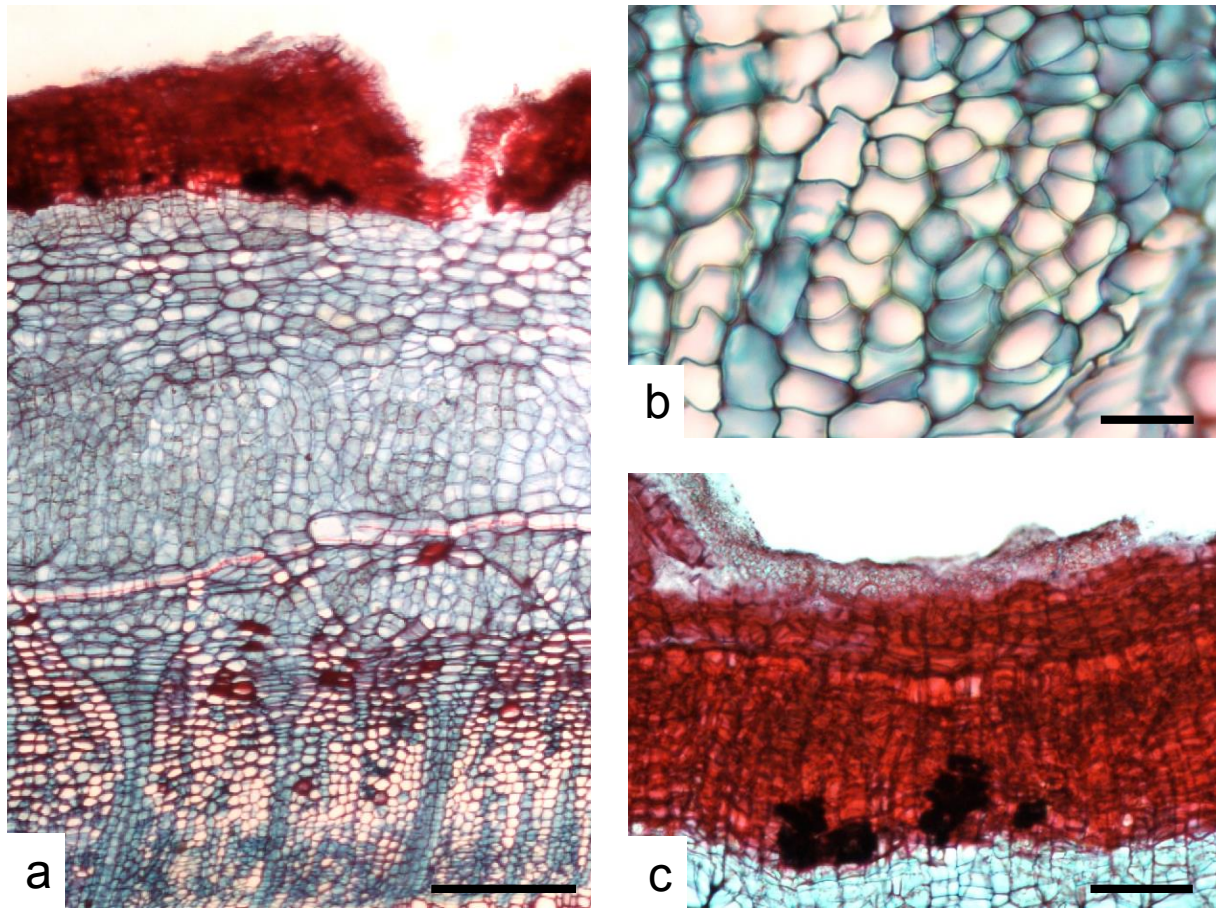


Figura 24. *Psychotria perotensis*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 250  $\mu$ m; b, c = 25  $\mu$ m).



***Randia xalapensis* M. Martens & Galeotti.**

Anatomía de madera (Fig. 25a-f).

Anillos de crecimiento inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contorno anguloso, principalmente solitarios y en grupos de 2 (3), dispuestos radialmente, en promedio  $102/\text{mm}^2$ ; con  $33 \pm 2 \mu\text{m}$  (28-38  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso medianos, con un promedio de  $470 \pm 74 \mu\text{m}$  (379-577  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple; punteaduras intervasculares alternas de  $4 \pm 0.2 \mu\text{m}$  (3-5  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio de tamaño y forma similar a las intervasculares.

Parénquima axial. Apotraqueal difuso y paratraqueal escaso. Con gran cantidad de gránulos de almidón, con series de 5 a 8 células.

Parénquima radial. Pocos radios, en promedio 4/mm; heterogéneos tipo I, biseriados, el cuerpo formado por células procumbentes con más de 4 hileras de células marginales cuadradas y/o erectas; con altura promedio de  $686 \pm 134 \mu\text{m}$  (516-960  $\mu\text{m}$ ). Radios uniseriados con altura promedio de  $776 \pm 120 \mu\text{m}$  (1095-570  $\mu\text{m}$ ) compuestos principalmente por células erectas.

Fibras. Punteaduras areoladas, medianas, con un promedio de  $1078 \pm 108 \mu\text{m}$  (892-1299  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $18 \pm 1.7 \mu\text{m}$  (15-21  $\mu\text{m}$ ), pared con 12.3  $\mu\text{m}$  de espesor.

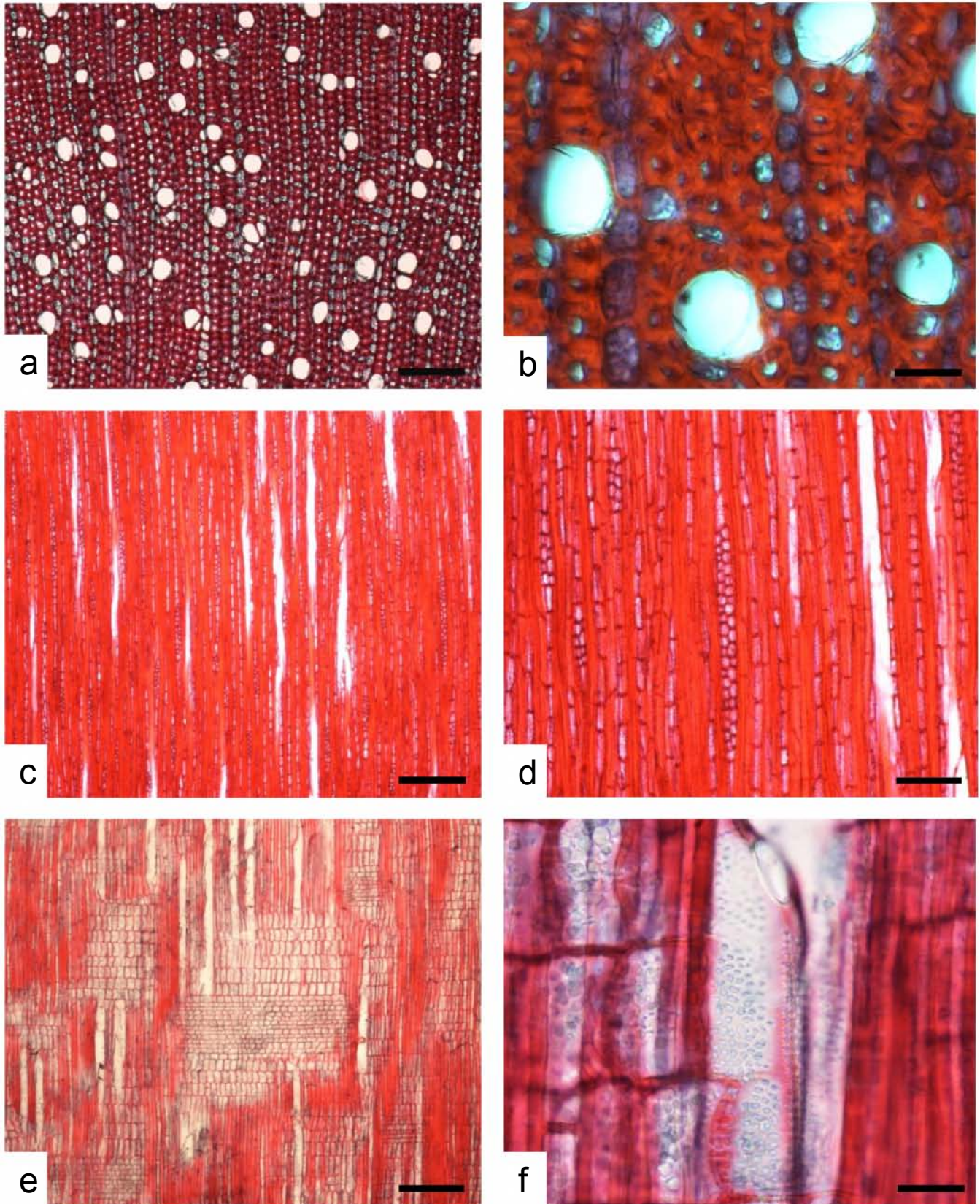


Figura 25. *Randia xalapensis*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c y d. Vistas tangenciales. e y f. Vistas radiales. (Escala: a = 100  $\mu$ m; b, f = 25  $\mu$ m; c, e = 250  $\mu$ m; d = 10  $\mu$ m).

Anatomía de corteza (Fig. 26 a-d).

Grosor total: 744  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen cuatro zonas: floema no colapsado, floema colapsado, córtex, y peridermis.

Floema. Los ETC son de forma rectangular, se presentan en grupos de 7-10 células; se encuentra una CA por ETC, localizadas en las esquinas de los ETC, son de forma triangular; en el FC los ETC se aplanan radialmente. Dentro del floema se disponen tres bandas tangenciales de esclerénquima, en ocasiones interrumpidas por los radios. Las células de parénquima axial tienen una distribución aleatoria entre el floema y su forma generalmente es redondeada y rectangular; en el FC el parénquima se dilata. En vista transversal los radios son rectos en el FNC, con una ligera dilatación en el FC, con 1-3 células de ancho.

Córtex. Las células de parénquima son redondeadas y rectangulares; presenta grupos o células aisladas esclerosadas.

Peridermis. La felodermis presenta de 1-2 células cuadrangulares y rectangulares con pared delgada.

Inclusiones: drusas en parénquima axial y radial.



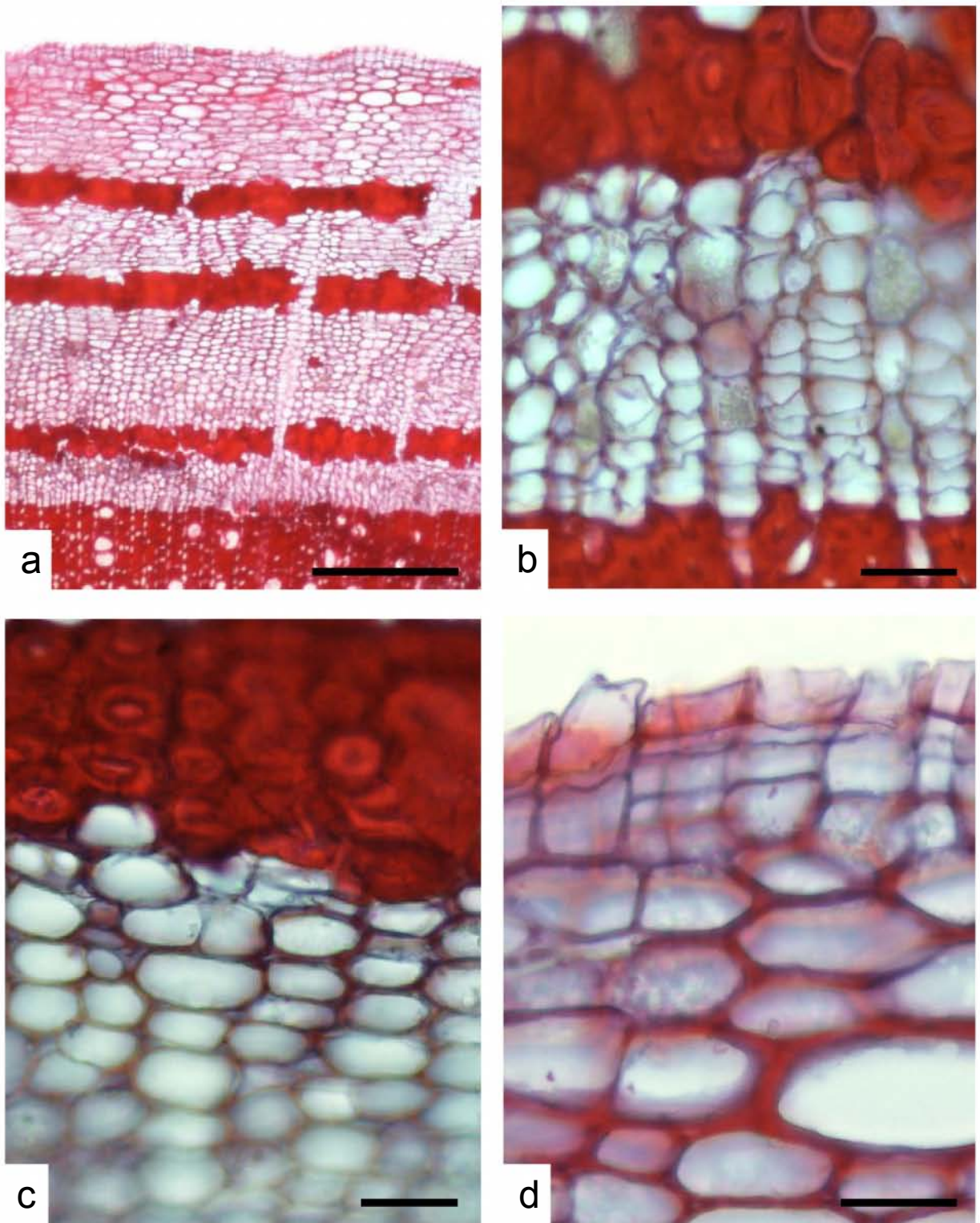


Figura 26. *Randia xalapensis*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 250  $\mu\text{m}$ ; b, c, d = 25  $\mu\text{m}$ ).



## SIPARUNACEAE

### *Siparuna riparia* (Tul.) A. DC.

Anatomía de madera (Figura 27 a-f).

Anillos de crecimiento inconspicuos.

Vasos. Porosidad difusa, contorno ligeramente anguloso, principalmente en grupos de 2 a 4 (5) dispuestos radialmente, escasos solitarios, en promedio 46 vasos/mm<sup>2</sup>, con  $75 \pm 9 \mu\text{m}$  (57-94  $\mu\text{m}$ ) promedio de diámetro tangencial; elementos de vaso moderadamente largos, con un promedio de  $969 \pm 145 \mu\text{m}$  (810-1280  $\mu\text{m}$ ) de longitud; placa de perforación simple y reticulada a escalariforme de 1 a 4 barras; punteaduras intervasculares alternas con  $10 \pm 1 \mu\text{m}$  (8-13  $\mu\text{m}$ ) de diámetro y de vaso a radio de dos distintos tamaños o tipos en la misma célula de radio.

Parénquima axial: paratraqueal escaso y apotraqueal difuso, con series de 3 a 4 células.

Parénquima radial. Pocos radios, 4/mm; Radios paedomorficos tipo 1, radios biseriados y triseriados (multiseriados), el cuerpo formado por células erectas.

Fibras. Con punteaduras simples, moderadamente largas, con un promedio de  $1906 \pm 232 \mu\text{m}$  (1652-2344  $\mu\text{m}$ ) de longitud, diámetro total promedio de  $33 \pm 5 \mu\text{m}$  (25-45  $\mu\text{m}$ ), pared con 5.9  $\mu\text{m}$  de espesor.

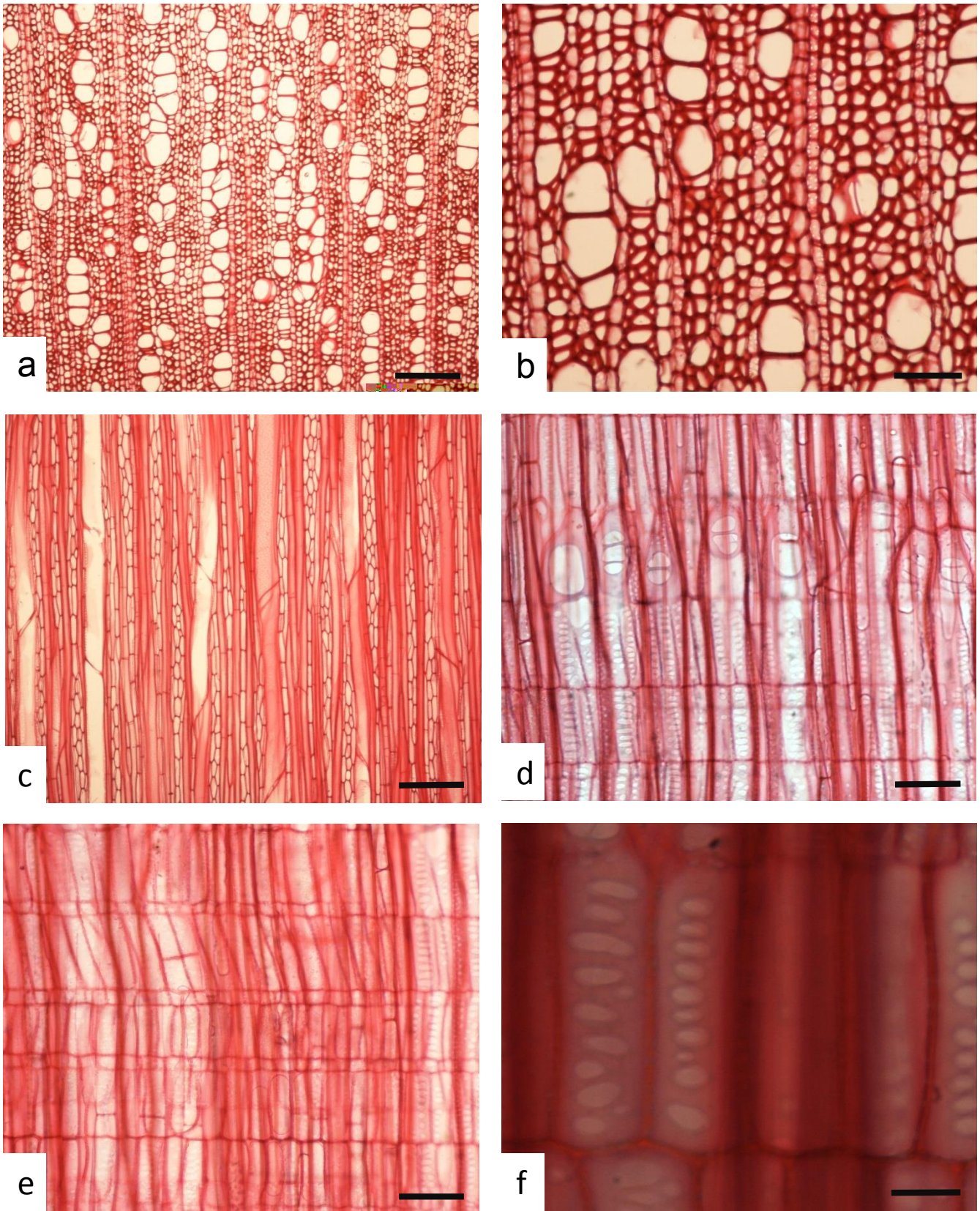


Figura 27. *Siparuna riparia*. Microfotografías de madera. a y b. Vistas transversales. c. Vista tangencial. d, e y f. Vistas radiales. (Escala: a, c = 250  $\mu$ m; b, d, e = 100  $\mu$ m; f = 25  $\mu$ m)

Anatomía de la corteza (Fig. 28a-d).

Grosor: 1846  $\mu\text{m}$ .

Se reconocen 4 zonas: floema no colapsado, floema colapsado, córtex y epidermis.

Floema. Elementos de tubo criboso (ETC) y células acompañantes (CA). Los ETC son de forma poligonal, se presentan en grupos de 5-10 células, frecuentemente en hileras radiales dispuestas en pares; se encuentra una CA por ETC, localizada en las esquinas y en las paredes radiales o tangenciales de los ETC, son de forma triangular o rectangular. El FC no es evidente, sólo se aprecia una ligera disminución en el tamaño de los grupos de ETC; como idioblastos en el floema se localizan células secretoras de gran tamaño. Las células de parénquima axial tienen una distribución aleatoria entre los ETC en el FNC, en ocasiones se alternan en grupos de 2-4 con los grupos de ETC; son de forma generalmente redondeada; en el FC las células se dilatan y adquieren una forma de poligonal a redondeada; algunas células presentan rafidios. En vista transversal los radios son rectos, en el floema no colapsado, se dilatan hacia el floema colapsado, con 1-3 células de ancho.

Córtex. Las células de parénquima tienen forma cuadrangular y rectangular. Las células del esclerénquima se disponen en forma solitaria o formas grupos dispuestos entre células de parénquima.

Epidermis. Uniestratificada, las células son de forma rectangular y cuadrangular

Inclusiones. Rafidios en parénquima axial y parénquima radial (Fig. 28c)



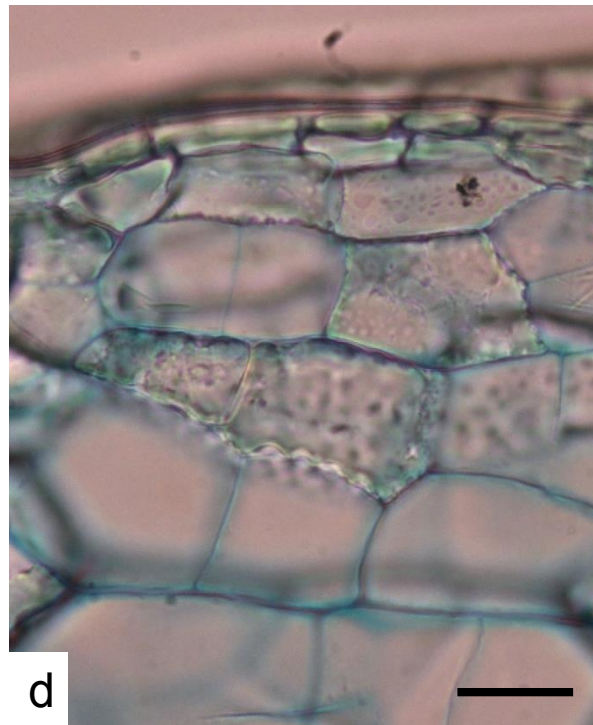
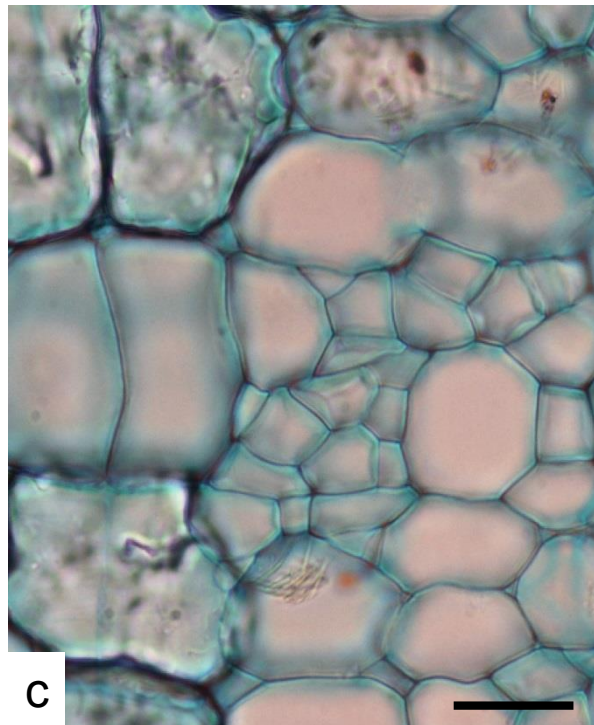
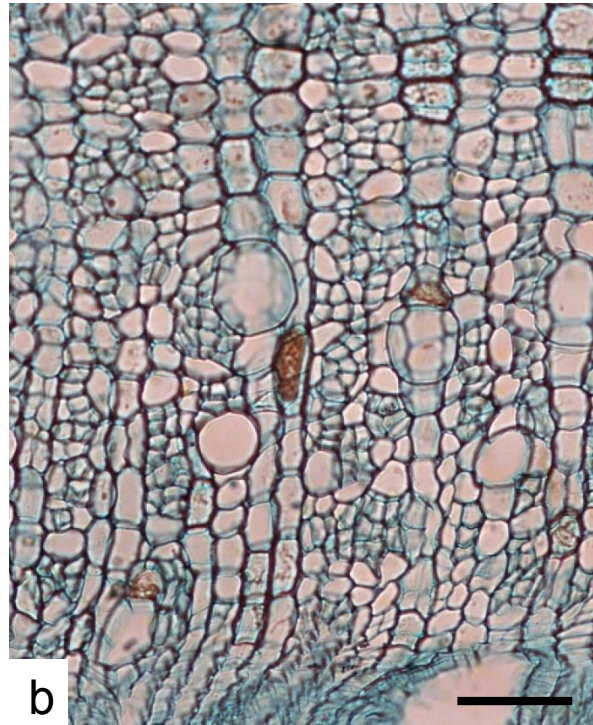
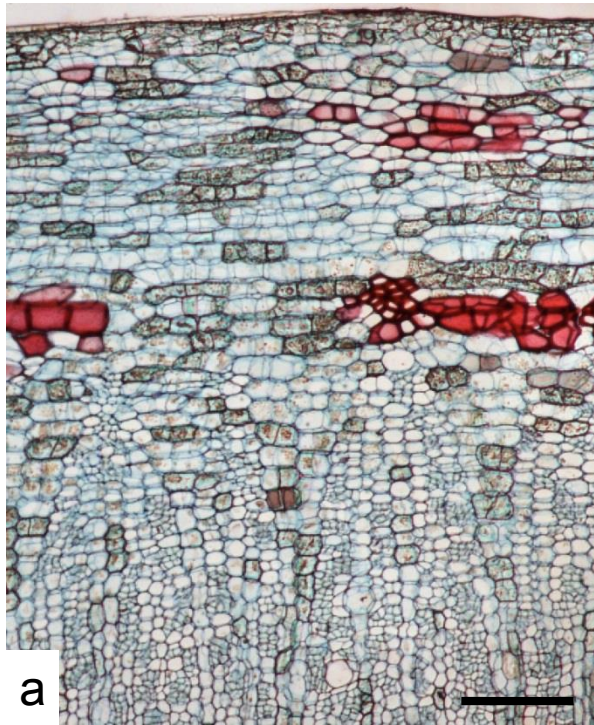


Figura 28. *Siparuna riparia*. Microfotografías de vistas transversales de corteza. (Escala: a = 250  $\mu$ m; b = 100  $\mu$ m; c, d = 25  $\mu$ m).



## DISCUSIÓN

Los resultados se discuten en dos contextos, al comparar los caracteres anatómicos de la madera y corteza entre especies, así como su relación con sus propios grupos taxonómicos. A pesar de que en este trabajo sólo se incluye una flora leñosa parcial del bmm, se ofrece parte de la diversidad anatómica, misma que complementa a los estudios anatómicos previos llevados a cabo en otras localidades de México donde crece este tipo de vegetación. Esto con el propósito de perfilar posibles adaptaciones de algunos caracteres al ambiente y relacionarlos con el hábito de crecimiento. El segundo aspecto aporta información sobre posibles caracteres taxonómicos que comparten las especies con sus grupos afines.

### Xilema secundario

Comparación entre caracteres.

En esta investigación siete especies (50%) presentan anillos de crecimiento conspicuos. Se reconocen en su mayoría por la formación de una banda angosta de fibras con las paredes engrosadas y/o aplanadas radialmente en la madera tardía. Debido a ello, frecuentemente es difícil diferenciar cuando existen anillos de crecimiento bien delimitados, como en el caso de *Psychotria. perotensis* (Rubiaceae). Por otro lado, este tipo de bandas parece ser común en las maderas del bmm que presentan anillos (Castro-Plata y Aguilar-Rodríguez, 2006; Aguilar-Rodríguez, 2005; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014). Además, Analizando las diferencias entre árboles y arbustos, sólo cuatro especies arbustivas de las 10 estudiadas presentan anillos de crecimiento y de las cuatro especies de hábito arbóreo tres los forman. La presencia de anillos de crecimiento se ha discutido bajo varios escenarios, entre los que

destacan los climáticos y fitogeográficos. Con respecto al clima se dice que ellos se forman debido a la estacionalidad climáticas que se dan a lo largo del año. Para regiones tropicales como México se forman por la diferencia de humedad entre la época de lluvia (verano) y la de sequía (invierno-primavera, Srur y Villalba, 2009). Desde el punto de vista fitogeográfico, los anillos están presentes en un mayor número de especies que crecen hacia latitudes mayores, mientras que éstos se hacen menos evidentes en especies que se desarrollan en las zonas meridionales. Sin embargo, este fenómeno ha sido poco estudiado en arbustos, En el caso del bmm de Coatepec, la ausencia de anillos en la mayoría de sus especies arbustivas es evidente, lo cual puede analizarse con respecto a su origen geográfico. Al respecto, Villaseñor (2010) menciona que la mayoría de las especies del estrato arbustivo en estos bosques es de origen meridional. Esto apoya lo mencionado por Aguilar-Rodríguez y Barajas Morales (2005), quienes reportan una tendencia hacia la ausencia de anillos de crecimiento en especies arbóreas con afinidad meridional. Sin embargo, poco se conoce sobre las características y variaciones en los arbustos, así como sus relaciones con el ambiente local. Los árboles están poco representados en este trabajo, pero para dos de las cuatro especies estudiadas parece no existir relación entre su origen fitogeográfico y la presencia de anillos. Por ejemplo, *Miconia glaberrima* y *Nectandra salicifolia* son de origen tropical y muestran anillos de crecimiento evidentes (Worbes, 1999; Aguilar-Rodríguez y Barajas Morales, 2005). En algunos estudios se menciona que la presencia de anillos de crecimiento puede estar asociada a otros factores como el calentamiento global, lluvia ácida y disposición de nutrientes en el suelo, entre otros (Woo 2009; Thi-Hoan *et al.*, 2013).

La porosidad difusa se presenta en la mayoría de las especies, únicamente *Oreomunnea mexicana*, *Miconia glaberrima* y *Hoffmannia psychotriifolia* presentan porosidad semi-anular; resultados parecidos se reportan en especies de ambientes mésico en México (Castro-Plata y Aguilar-Rodríguez, 2006 y Aguilar-Rodríguez, 2005; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014). De acuerdo a Carlquist (2001) la porosidad difusa es común en maderas de ambientes sin mucha variación estacional.

Los vasos predominantemente solitarios prevalecen en más del 90% de las maderas estudiadas y se reporta como una característica común en especies de climas mésicos (Carlquist, 2001). Con respecto al diámetro de los vasos la IAWA (1989) cita que en especies arbustivas los diámetros son pequeños ( $< 50 \mu\text{m}$ ); esto respalda lo encontrado en el 60 % de los arbustos aquí analizados cuyo diámetro fluctúa entre  $33 \mu\text{m}$ , en *Randia xalapensis* y  $48 \mu\text{m}$ , en *Deppea grandiflora*. En el 40% restante de arbustos superan los  $50 \mu\text{m}$ , oscilando entre  $55 \mu\text{m}$ , en *Psychotria galeottiana* y  $85 \mu\text{m}$ , en *Piper hispidum*. Para los árboles sólo *Oreomunnea mexicana* presenta un diámetro promedio en sus vasos de  $163 \mu\text{m}$ , ajustándose al intervalo de entre  $100\text{-}200 \mu\text{m}$  de diámetro de vasos que reporta la IAWA para árboles, los diámetros de vaso de *Siparuna riparia* con  $75 \mu\text{m}$ , *Miconia glaberrima* con  $84 \mu\text{m}$  y *Nectandra salicifolia* con  $80 \mu\text{m}$  quedan por debajo del intervalo.

Las placas de perforación escalariforme sólo se presentan en *Siparuna riparia* (especie de hábito arbóreo) y están ausentes en todas las de hábito arbustivo. Este tipo de placas de perforación frecuentemente se ha registrado en taxa que habitan bosques húmedos de montaña y se considera un carácter retenido. En los arbustos la presencia de placas simples parece estar relacionada con su origen tropical. Carlquist (2001) menciona que las placas de perforación simples son un carácter más reciente y común en especies de origen meridional.

Las fibras presentan una longitud que varía entre 496  $\mu\text{m}$  en *Miconia glaberrima* y 1906  $\mu\text{m}$  en *Siparuna riparia*. De acuerdo a las categorías propuestas por la IAWA (1937), 50% de las especies presentan fibras de longitud corta, mientras que siete son medianas y largas (5 y 2 respectivamente). El elevado porcentaje de fibras cortas puede estar relacionado con el hábito arbustivo de la mayoría de las especies estudiadas, por lo que dichos resultados representarían una relación alométrica, como se ha reportado para ciertos grupos de plantas (Terrazas y Loza-Cornejo, 2003; Terrazas *et al.*, 2008). Sin embargo, no siempre corresponden longitudes cortas con las tallas pequeñas de las especies, o viceversa. Por ejemplo, *Miconia glaberrima* es un árbol que presenta las fibras más cortas (496  $\mu\text{m}$ ), mientras que *Psychotria perotensis*, que es un arbusto, es la segunda especie con la longitud promedio de fibras más largas (1247  $\mu\text{m}$ ). Estudios realizados en Cactaceae muestran que la talla de individuos de *Pachycereus pecten-aboriginum* no siempre muestran correlación con las fibras y elementos de vaso (Arias y Terrazas, 2001), por lo que la correlación entre tamaño del individuo y la longitud de fibras y vasos pueden mostrar diferencias dependiendo de los taxa. Con excepción de *Randia xalapensis*, las fibras presentan paredes delgadas, esta tendencia coincide con lo reportado para especies de climas húmedos (Carlquist, 2001).

En general las especies exhiben poco parénquima axial, aunque se presenta gran diversidad de patrones entre las especies. Esta disposición a mostrar parénquima axial escaso puede corresponder con el clima templado en el cual las especies prosperan (Baas, 1973). Es posible que lo anterior esté relacionado con la presencia de fibras septadas (50% de las especies), pues éstas se consideran sustitutas de parénquima axial. De acuerdo a Carlquist



(2001), dichas fibras son capaces de funcionar como una célula de parénquima axial, llegando incluso a suplirla en sus funciones de almacén y suministro de nutrientes.

Con respecto a los radios se registran diversos tipos. Con base en Kribs (1935) se pudieron describir como heterogéneos en el 50% de las especies. *Psychotria perotensis*, *Randia xalapensis* y *Deppea grandiflora* presentan el tipo I; *Oreomunnea mexicana* presenta el tipo IIA, mientras que los tipos IIB y III se observan en *Nectandra salicifolia* y *Miconia glaberrima* respectivamente. En el caso de *Piper hispidum* y *P. auritum* presentan radios extremadamente anchos, típicos de Piperaceae (Metcalfé y Chalk, 1950). Siguiendo las descripciones de Carlquist (2001) se registran radios de tipo paedomórfico en seis especies; cinco de ellas son arbustos y es una característica frecuente en plantas con esta forma de vida. De acuerdo con la teoría de la Paedomorfosis en dicotiledóneas leñosas, la permanencia de caracteres juveniles o herbáceos, en maderas de arbustos, es común. Esto se debe a un estado transitorio (entre hierbas y árboles) que tiene esta forma de vida; es decir, en su evolución hacia una lignificación secundaria (Carlquist, 1962).

#### Comparación a nivel de taxa

Descripciones de las características anatómicas de la madera de algunas especies aquí estudiadas se han realizado con anterioridad. De otras se han descrito caracteres anatómicos del género o la familia a las que pertenecen, por lo que a continuación se presenta una comparación con trabajos previos.

*Siparuna riparia* (Siparunaceae). El parénquima paratraqueal escaso y apotraqueal difuso observado en este trabajo para *S. riparia* contrasta con lo descrito por Metcalfé & Chalk (1950) para el género, pues ellos lo describen como parénquima apotraqueal abundante y a

menudo en bandas uniseriadas. Un aspecto que llama la atención en esta especie es la presencia combinada de placas de perforación simple y reticulada/escalariforme; éstas últimas escasas (Fig. 27d). Al respecto, Carlquist (2001) menciona que dicha combinación de tipos de placas de perforación, puede expresarse como una transición (estadio intermedio) entre la eliminación de placas escalariformes y la subsecuente aparición de placas simples. Otras posibles explicaciones se dan en términos funcionales o evolutivos, pues de acuerdo con este mismo autor, las placas escalariformes pueden aparecer en la madera tardía de algunos taxa, para reforzar al vaso y evitar posibles embolismos, o su presencia combinada puede referirse a un fenómeno de paedomorfosis. Diferencias se aprecian con otros géneros de Monimiaceae (=Siparunaceae) como *Hortonia*, que presenta placas exclusivamente escalariformes y radios multiseriados heterogéneos (Heo, 1996), contrastando con la predominancia de placas de perforación simple y reticuladas/escalariformes escasas y radios paedomórficos presentes en *Siparuna riparia*.

*Oreomunnea mexicana* (Juglandaceae). Esta especie se registra aquí con fibras de pared delgada, además de diámetros y longitudes en los elementos de vaso menores a 100  $\mu\text{m}$  y 723  $\mu\text{m}$  respectivamente. Sin embargo, estos caracteres pueden variar notablemente a nivel de familia y de especies, pues Metcalfe y Chalk (1950) reportan para Juglandaceae fibras con fuertes engrosamientos en sus paredes, mientras que para *O. pterocarpa* se registran valores promedio de 308  $\mu\text{m}$  en el diámetro promedio de sus vasos y de 408  $\mu\text{m}$  para la longitud de sus elementos (Moya *et al.*, 2013). Las diferencias en valores cuantitativos de diferentes tipos celulares (fibras y elementos de vaso) pueden estar asociadas con el tamaño de los individuos, por lo que para establecer datos con valor taxonómico es pertinente realizar estudios sobre la posible variación intra-específica.

*Miconia glaberrima* (Melastomataceae). Es una especie que presenta anillos de crecimiento evidentes y vasos muy numerosos ( $44/\text{mm}^2$ ); sin embargo, estos caracteres parecen variar entre individuos, pues Aguilar-Rodríguez y Castro-Plata (2006) reportan para esta misma especie, colectada de otro bmm en el Estado de México, una madera sin anillos de crecimiento evidentes y un número de vasos significativamente menor ( $25/\text{mm}^2$ ). Parece ser que ambos caracteres se relacionan con aspectos climáticos.

*Moussonia deppeana* (Gesneriaceae). Características en la madera de *M. deppeana* como anillos de crecimientos conspicuos y radios paedomorficos se reportan por primera vez en representantes de la familia. La longitud de los elementos de vaso en esta especie muestra uno de los límites máximos registrados para la familia (Metcalfé y Chalk, 1950; Carlquist y Hoekman, 1986). Con excepción de *Beslerja pauciflora*, Rusby var. unWora. Rusby ( $547\ \mu\text{m}$ ), el intervalo de longitud de estos elementos para las Gesneriaceae es de ( $296\text{-}534\ \mu\text{m}$ ), mientras que para *M. deppeana* es de  $545\ \mu\text{m}$ . No sucede lo mismo para la longitud de fibras, cuyo valor promedio se ajusta al intervalo reconocido en este grupo ( $400\text{-}750\ \mu\text{m}$ ); el valor promedio en *M. deppeana* aquí se registra con  $636\ \mu\text{m}$ .

*Malvaviscus arboreus* (Malvaceae) presenta porosidad difusa, radios homogéneos y fibras de longitud corta. Estos atributos contrastan con la porosidad semianular, radios heterogéneos y fibras de longitud mediana a larga, citados por Metcalfé y Chalk (1950) para las Malváceas.

Piperaceae. La madera de esta familia en general presenta un arreglo muy particular de sus elementos celulares (vasos y fibras alternándose con los radios). Las especies *P. hispidum* y *P. auritum* aquí analizadas, siguen dicho patrón. No obstante, basándose en datos de Metcalfé y Chalk (1950), diferencias en el número de vasos/ $\text{mm}^2$ , contorno de vasos y

longitud de fibras, se registran aquí con nuevos datos para las Piperaceae. El número de vasos en *P. hispidum* es mayor ( $14/\text{mm}^2$ ) que el reportado para la familia ( $12/\text{mm}^2$ ). Otro aspecto es que *P. auritum* presenta vasos angulosos, esta característica no había sido registrada para ninguna especie en Piperaceae (Metcalf y Chalk 1950; Quijano-Abril *et al.*, 2013). De la misma manera, los  $750\ \mu\text{m}$  que se reconocen para la longitud promedio de fibras, se ven superadas en mucho por los valores observados en *P. auritum* ( $1417\ \mu\text{m}$ ).

*Nectandra salicifolia* (Familia). Muestra diferencias en las características cuantitativas de los vasos con respecto a *N. sanguinea*, reportadas por Aguilar-Alcántara *et al.* (2014). El diámetro de vasos en *N. salicifolia* ( $80\ \mu\text{m}$ ) es menor al de *N. sanguinea* ( $114\ \mu\text{m}$ ). Sin embargo, la longitud de elementos de vaso es mayor en *N. salicifolia* ( $580\ \mu\text{m}$ ; *N. sanguinea* con  $486\ \mu\text{m}$ ). Posibles diferencias significativas entre estos caracteres a nivel de especie, se pueden resolver empleando análisis estadísticos. Caracteres cualitativos como el contorno anguloso de vasos y la ausencia de parénquima vasicéntrico en *N. salicifolia* parecen diferenciarla de *N. sanguinea*, cuyos vasos son de contorno ovalado y presenta parénquima vasicéntrico. Las tilosas esclerosadas presentes en los vasos de *N. salicifolia* no se habían registrado para otros géneros de la familia (Metcalf y Chalk 1950; Aguilar-Alcántara *et al.*, 2014).

Las seis especies de Rubiaceae estudiadas muestran diferencias cuantitativas y/o cualitativas que ayudan a su reconocimiento a nivel de especie. En el caso del género *Psychotria*, Metcalf y Chalk (1950) reportan un intervalo en el diámetro de vaso de  $100$  a  $200\ \mu\text{m}$ ; sin embargo, esto difiere con los bajos valores encontrados en *P. perotensis* y *P. galeottiana* ( $41$  y  $56\ \mu\text{m}$  respectivamente). Estos datos concuerdan más con lo reportado por



Martínez-Cabrera *et al.* (2010), quienes registran diámetros promedio de 34  $\mu\text{m}$  para este género. La longitud de los elementos de vaso distingue claramente a *P. perotensis* (914  $\mu\text{m}$ ) de *P. galeottiana* (452  $\mu\text{m}$ ); sus longitudes se consideran como medianas y los valores en estas especies coinciden con lo obtenido para representantes mexicanos de *Psychotria* (Martínez-Cabrera *et al.*, 2010), mientras que Metcalf y Chalk (1950) dan a conocer longitudes mayores a 1 mm. Otro carácter cuantitativo que apoya diferencias entre ambas especies es la longitud de fibras, pues en *P. galeottiana* (654  $\mu\text{m}$ ) es significativamente inferior que en *P. perotensis* (1247  $\mu\text{m}$ ). Los radios de tipo paedomorfo que presenta *P. galeottiana* no habían sido reportados previamente para *Psychotria*, pero sí para otros géneros de la familia: *Hoffmania*, *Pinarophyllon* y *Plocaniophyllon* (Martínez-Cabrera *et al.*, 2010). La densidad de vasos por  $\text{mm}^2$ , registrada por Metcalf y Chalk (1950) para las Rubiaceae es de  $100/\text{mm}^2$  (*Randia* no se incluye en ese trabajo), pero *R. xalapensis*, muestra valores mayores ( $102/\text{mm}^2$ ), como lo mencionan Martínez-Cabrera, *et al.* (2010) quienes definen para este género  $129/\text{mm}^2$ . Con respecto a *Hoffmannia*, algunas características de *H. excelsa* contrastan con lo reportado por Martínez-Cabrera *et al.* (2010) para otras especies de este género; la ausencia de radios y la longitud promedio de fibra de *H. excelsa*, sobrepasa el valor máximo reportado por esos autores para el género. Por otro lado, las diferencias en la longitud promedio de las fibras de las dos especies de *Hoffmannia* estudiadas aquí, son posibles evidencias taxonómicas para diferenciar entre ambas especies (*H. psychotriifolia*, 692  $\mu\text{m}$ ; *H. excelsa*, 1704  $\mu\text{m}$ ). *Deppea grandiflora* presenta un número menor de vasos/ $\text{mm}^2$  ( $52/\text{mm}^2$ ), pero con mayor diámetro promedio tangencial de vaso (48.5  $\mu\text{m}$ ), que lo que registran Martínez-Cabrera *et al.* (2010) para cuatro especies de *Deppea*. Estos contrastes pueden estar relacionados con el ambiente y/o con el hábito.

## Corteza

Son escasos los trabajos sobre anatomía de corteza en varios grupos de plantas que aborden aspectos taxonómicos (Carlquist, 1982; Carlquist, 1989a,b,c; Carlquist, 1991; Martínez Cabrera *et al.*, 2010), menos aun los que describen la anatomía de corteza de especies que convergen en un ambiente determinado (Roth, 1982; Furuno, 1990). Por lo tanto la información recabada con respecto a la anatomía de corteza es incipiente en la sistemática de los distintos grupos de plantas aquí abordados y en el estudio de este tejido en los bmm, en México.

Con base en la clasificación que hace Furuno (1990) sobre la anatomía de la corteza de 55 especies que crecen en un bosque caducifolio, aquí se reconocen cuatro tipos de los siete que ese autor clasifica. El 57% de las especies presenta el tipo III B, cuyos caracteres se definen por tener radios delgados con extensiones en forma de abanico; para el resto se reconocen los tipos IA, IIIA y VII. Las Piperaceae no se reconocen dentro de los tipos de Furuno (1990). *P. galeottiana* y *D. grandiflora* presentan el tipo VII el cual se caracteriza por tener radios, elementos de tubo criboso, parénquima axial y fibras floemáticas difusos. El tipo IA presenta bandas tangenciales de fibras floemáticas, como en *O. mexicana* y *R. xalapensis*, mientras el tipo IIIA que presenta radios anchos desde la base, aparece junto al tipo IIIB en *M. arboreus*.

Estudios anatómicos de corteza llevados a cabo en distintos tipos de vegetación muestran la variabilidad que puede llegar a tener la presencia o disposición de tejidos dentro de la corteza en distintos ambientes (Rosell *et al.*, 2014). Observándose que cada tipo de elemento celular o los tejidos formados por ellos, pueden contribuir a dicha variación y el

hecho de compartir un mismo ambiente no excluye la posibilidad de encontrar diferencias entre grupos taxonómicos, como se registró en el conjunto de especies estudiadas aquí.

A pesar de la diversidad anatómica encontrada, existen algunas coincidencias; por ejemplo, en todos los casos se mostraron cortezas muy delgadas, excepto en la especie arbórea *Oreomunnea mexicana* la cual la presento delgada (Roth, 1981). La escasa formación de capas de peridermis y poca cantidad de esclerénquima en el floema, en las especies aquí estudiadas son características propias de climas húmedos (Roth 1982). El arreglo de estos tejidos es diferente en zonas áridas, en las cuales se reportan cortezas gruesas, la formación de peridermis sucesivas y la presencia de gran cantidad de esclerénquima en el floema (Ghouse *et al.*, 1980).

#### Comparación a nivel de taxa

*Siparuna riparia* (Siparunaceae). Las características anatómicas de la corteza en este trabajo son distintas a las descripciones anatómicas de géneros de Monimiaceae (=Siparunaceae) reportadas previamente. *S. riparia* presenta radios con dilatación y ausencia de esclerénquima en el floema, contrario a lo que reporta Heo (1996) para el género *Hortonia* el cual presenta radios sin dilatación y fibras floemáticas. Para especies del género *Tambourissa* Den Outer (1982) reporta la formación de peridermis, contrastando con la ausencia de este tejido en *S. riparia*; sin embargo, este autor menciona la presencia en el floema de células secretoras de gran tamaño, mismas que pudieron observarse en *S. riparia*.

*Miconia glaberrima* (Melastomataceae). Las fibras floemáticas presentes en esta especie parece ser una característica extendida dentro de la familia (Costa 1977; Roth 1981; Medeiros y Morretes, 1994). Sin embargo, existen características que logran distinguirla de otras especies de *Miconia*, así como de otros géneros. Por ejemplo, la peridermis en *Miconia glaberrima* está poco desarrollada, contrario a las peridermis sucesivas bien formadas presentes en *Miconia theaezans* y *M. cabucu* (Costa, 1977; Medeiros y Morretes, 1994). Con respecto a otros géneros de la familia, los radios dilatados presentes en esta especie son diferentes a los radios de curso irregular observados en *Mouriria sideroxylon* y *M. huberi* (Roth, 1981).

*Moussonia deppeana* (Gesneriaceae). En esta especie se observa una peridermis y la ausencia de endodermis, estas características difieren de lo reportado por Metcalfe y Chalk (1950) para algunos géneros de la misma familia. Esos autores no describen peridermis en ningún género, pero reconocen una endodermis en los géneros *Achimenes*, *Aeschymantus* y *Ramondia*. La presencia de peridermis concuerda con los resultados de Salazar Castellanos *et al.* (2014) quienes también la reportan en *Besleria solanoides*.

*Malvaviscus arboreus* (Malvaceae). Presenta características que apoyan su inclusión dentro de Malvaceae y de los Malvales. La zona de floema es de forma triangular con la parte más delgada hacia la periferia de la corteza, siendo este arreglo del floema característico de Malvaceae (Metcalfe y Chalk 1950). Dentro del floema se encuentran bandas de fibras dispuestas en bandas tangenciales que alternan con parénquima axial y ETC. El arreglo particular de estas fibras está ampliamente distribuido en la familia y en el grupo de los Malvales en general (Carlquist2005).



*Nectandra salicifolia* (Lauraceae). Dentro de esta familia parece ser variable la posición de una banda concéntrica de esclerénquima y en general el arreglo mismo de este tejido en la corteza. En este trabajo *N. salicifolia* presenta la banda de esclerénquima en el córtex, mientras Roth (1982) y Metcalfe y Chalk (1950) reportan su presencia en la felodermis en diversos géneros de la familia. Con respecto a la diferencia en la disposición del esclerénquima Van der Werff y Richter (1996) sólo mencionan un característico arreglo de este tejido para otros géneros, mientras que para *Nectandra* no reportan ningún arreglo particular de esclerénquima.

Rubiaceae. Las características anatómicas de corteza de esta familia varían en cada una de las especies aquí analizadas. Sin embargo, muestran similitudes con las descripciones de sus géneros (Martínez-Cabrera *et al.*, 2010), si bien diferencias con éstos también existen. Con respecto a estas últimas, *Hoffmannia excelsa* aquí estudiada presenta epidermis, mientras Martínez-Cabrera *et al.* (2010) reportan la presencia de peridermis en las especies del género *Hoffmannia* que ellos analizaron. Esta divergencia se puede deber al temprano desarrollo de *H. excelsa*. En las especies de *Psychotria* y *Hoffmannia* en este trabajo analizadas no se pudieron apreciar rafidios ni estiloides, previamente reportados para estos géneros (Martínez-Cabrera *et al.*, 2010). Las especies *Deppea grandiflora* y *Randia xalapensis* presentan una banda tangencial de esclerénquima en el córtex, la cual no había sido reportada para estos géneros previamente (Martínez-Cabrera *et al.*, 2010). Sin embargo, se han descrito en Rubiaceae para *Alseis labatioides* y *Genipa americana* (Roth, 1982).

Piperaceae.- La presencia de endodermis en el género *Piper* parece no restringirse a especies que habitan climas secos como lo reportan Quijano-Abril *et al.* (2013). En su análisis anatómico de los ejes caulinareos de especies de *Piper*, clado Enckea, ellos

mencionan que dicha banda se desarrolla en linajes que prosperan principalmente en el bosque tropical seco. En este trabajo *P. hispidum* presenta endodermis y su distribución es principalmente en climas húmedos.

## CONCLUSIONES

- Las maderas estudiadas presentan características anatómicas propias de ambientes húmedos y concuerdan con las reportadas para otros bosques mesófilo de montaña en México como son anillos de crecimiento poco evidentes o ausentes, el parénquima axial escaso y longitud mediana en elementos conductores.
- Los anillos de crecimiento en árboles y arbustos son poco evidentes al mostrar una transición, en donde la madera tardía presenta menos de 10 hileras de fibras aplanadas radialmente y con paredes más gruesas que las de la madera temprana. Estos atributos se expresan indistintamente en árboles o arbustos.
- Los radios paedomórficos y la ausencia de radios, parecen contribuir significativamente en la sistemática de las Rubiaceae.
- Algunos arbustos muestran longitudes similares a las de los árboles en el tamaño de los elementos de vaso y fibras, por lo que no siempre se presenta una relación alométrica en estos caracteres, como en el caso de *Miconia glaberrima* (árbol) y *Psychotria perotensis* (arbusto).
- En este trabajo se incursiona por primera vez en el estudio anatómico de cortezas en arbustos provenientes de bmm mexicanos. En general estas cortezas presentan

características anatómicas como las que Roth (1981) reporta para climas húmedos, como son: Cortezas delgadas, poco esclerénquima y la formación de pocas capas de peridermis.

## LITERATURA CITADA.

- Abundiz-Bonilla L.A.M., Barajas-Morales J. y Tenorio-Lezama P. 2004. Anatomía de Maderas de México: Árboles y Arbustos del Matorral Xerófilo de Tehuacán, Puebla. Instituto de Biología. Publicaciones Especiales 19. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Aguilar-Alcántara M., Aguilar-Rodríguez A. y Terrazas T. 2014. Anatomía de la madera de doce especies de un bosque mesófilo de montaña de Tamaulipas, México. *Madera y Boques* **20**:60-86.
- 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 Nacional Autónoma de México. México. Aguilar-Rodríguez S. y Barajas-Morales J. 2005. Anatomía de la madera de especies arbóreas de un bosque mesófilo de montaña: un enfoque ecológico-evolutivo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **77**:51-58.
- Aguilar-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.
- Arias S. y Terazas T. 2001. Variación en la anatomía de la madera de *Pachycereus pecten-aboriginum* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología, Serie Botánica* **72**:157-169.



- Baas P. 1973. The wood anatomical range in *Ilex* (Aquifoliaceae) and its ecological and phylogenetic significance. *Blumea* **2**: 193-258.
- Barajas-Morales J. 1985. Wood structural differences between trees of two tropical forests in Mexico. *International Association of Wood Anatomists Bulletin New Series* **6**:355-364.
- Barajas-Morales J. y León-Gómez C. 1989. Anatomía de maderas de México: especies de una selva baja caducifolia. Publicaciones Especiales 1. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Bárcenas-Pazos G.M, Ortega-Escalona F, Ángeles-Álvarez G. y Ronzón-Pérez P. 2005. Relación estructura-propiedades de la madera de angiospermas mexicanas. *Universidad y Ciencia* **21**:45-55.
- Berlyn G.P. y Miksche J.P. 1976. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. Iowa State University Press. Iowa.
- Borhidi, A. 2012. Rubiáceas de México. *Académiai Kiadó*. Budapest, Hungría. 608 pp
- Carlquist S. 1962. A theory of pedomorphosis in dicotyledonous woods. *Phytomorphology* **12**:30-45.
- Carlquist S. 1970. Wood anatomy of insular species of *Plantago* and the problem of raylessness. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* **97**:353:361.
- Carlquist S. y Hoekman D. A. 1986: Wood anatomy of Gesneriaceae. *Aliso* **11**: 279-297.
- Carlquist, S. 1982 Wood and Bark anatomy of *Scalesia* (Asterceae). *Aliso* **10**:301-312.

- Carlquist, S. 1989. Wood and bark anatomy of the New World species of Ephedra. *Aliso* 12:441-483.
- Carlquist, S. 1989. Wood and bark anatomy of Degeneria. *Aliso* 12:485-495.
- Carlquist, S. 1989. Wood and bark anatomy of Empetraceae; comments on paedomorphosis in woods of certain small shrubs. *Aliso* 12:497-515.
- Carlquist S. 1991. Wood and bark anatomy of Ticodendron: comments on relationships. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 78:96-104.
- Carlquist S. 2001. *Comparative wood anatomy*. Springer-Verlag, Berlin.
- Carlquist S. 2005. Wood and bark anatomy of Muntingiaceae: A phylogenetic comparison within Malvales. *Brittonia* 57:59-67
- Carlquist S. 2012. Wood anatomy of Gnetales in a functional, ecological, and evolutionary context. *Aliso* 30:33-47
- Castillo-Campos G. y Luna-Monterrojo V.E. 2009. Flora y Vegetación del municipio de Coatepec, Veracruz. Fascículo Complementario 1. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A.C. Veracruz.
- Chattaway M.M. 1932. Proposed standards for numerical values used in describing woods. *Tropical Woods* 29:20-28.
- Crivellaro A. y Hans-Schweingruber F. 2013. *Atlas of Wood, bark and pith anatomy of eastern Mediterranean trees and shrubs*. Springer, Berlin.
- Costa C.G. 1977. *Miconia theaezans* (Bonp) Cogn. (Melastomataceae) considerações anatômicas. *Rodriguesia* 43:7 - 92.

- Den Outer R.W. 1982. Bark anatomy of tambourissa (Monimiaceae) from Madagascar. *Acta Botanica Neerlandica* **31**:275-280.
- Guridi G., L. 1980. La madera en las artesanías del Estado de Michoacán. Boletín de divulgación. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México.
- Heo K. 1996. Wood and bark anatomy of Hortonia (SiparunaceaeSiparunaceae). *Acta Phytotaxonomica et Geobotanica* **47**:53-59.
- IAWA Committee. 1937. Committee on the standardization of terms of cell size. Standard terms of lengths of vessel members and wood fiber. *Tropical Woods* **51**:21-22.
- IAWA Committee. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *International Association of Wood Anatomists Bulletin new series* **10**:219-332.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal, Coatepec, Veracruz de Ignacio de la Llave. <<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/30/30038.pdf>> (consultado 15 agosto 2015).
- Johansen D. A. 1940. Plant microtechnique. Mc Graw Hill, New York.
- Kribs A.D. 1935. Salient lines of structural specialization in the wood rays in dicotyledons. *Botanical Gazette* **96**:547-557.
- Martínez-Cabrera D., Terrazas T. y Zavala F. 2003. Arquitectura foliar y anatomía de la corteza y madera de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (Fagaceae). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **73**:63-72.
- Martínez-Cabrera D., Terrazas T., Ochoterena H. y Lopez-Mata L. 2010. Bark and Wood anatomy of the tribe Hamelieae (Rubiaceae). *International Association of Wood Anatomists Bulletin New Series* **31**:425-442.

- Márquez R.W y Márquez R.J. 2009. Municipios con mayor biodiversidad en Veracruz. *Foresta Veracruzana* **11**: 43-50.
- Medeiro J.D. Y Lange de Moretes B. 1994. Bark and wood anatomy of *Miconia cabucu* Hoehne (Melastomataceae). *Insula* **23**:15-34.
- Metcalfé C. R. y Chalk, L. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons: Leaves, Stem, and Wood in Relation to Taxonomy with Notes on Economic Uses*. Claredon Press, Oxford.
- Missouri Botanical Garden. 2015. <<http://www.tropicos.org>> (consultado 11 agosto 2015)
- Moya R., Wiemman M.C. y Olivares C. 2013. Identification of endangered or threatened Costa Rican tree species by wood anatomy and fluorescence activity. *Revista de Biología Tropical* **61**:1133-1156.
- Quintanar A., Zarate-Castrejón J.L., Lopez C. y Salgado-Ugarte I.H. 2004. Anatomía e histoquímica de la corteza de cinco especies de Moraceae. *Polibotánica* **17**:15-38.
- Quintanar-Isaías A., Jacobo-Villa M. A., López-Binnquist C. F.,-Hernández N, Jaramillo-Pérez A. T. y Pérez-Olvera C. P. 2012. La madera de *Trema micrantha* (L.) Blume de Veracruz, México. *Madera y bosques***18**: 73-91.
- Quijano-Abril M.A., Silva-Sierra D. y Callejas-Posadas R. 2013. Caracterización anatómica cualitativa de los ejes caulinares en las especies de *Piper* (L.), clado *Enckea* (Piperaceae). *Actualidades Biológicas* **35**:145-160.
- Patel R. N. 1990. Wood anatomy of the dicotyledons indigenous to New Zealand 19. Gesneriaceae, *New Zealand Journal of Botany*, 28:1, 85-94.
- Rossignol J-P. y Geissert D. 1987. *Morfoedafología del área Xalapa-Coatepec: Recursos en tierras*, escala 1: 75,000. Institut Francais de Recherche Scientifique pour le



- Developpement en cooperation (ORSTOM), Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos (INIREB). Xalapa.
- Roth, I. 1981. *Structural Patterns of Tropical Barks. Encyclopedia of Plant Anatomy*. Gebrüder Borntraeger. Germany.
- Rzedowski J. 1996. Analisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana*. **35**:25-44.
- Salazar-Castellanos., Triana-Moreno L.A., Delgado-Toro A. y Tabares-Cardona S. 2014. Estudio anatómico y morfológico de los órganos vegetativos de *Besleria solanoides Kunth* (Gesneriaceae). Congreso Latinoamericano de botánica.
- Schweingruber F.H. y Poschlod P. 2005. Growth rings in herbs and shrubs: life span, age determination and stem anatomy. *Forest Snow and Landscape Research* **79**: 195-415.
- Srur A.M. y Villalba R. 2009. Annual growth rings of the shrub *Anarthrophyllum rigidum* across Patagonia: Interannual variations and relationships with climate. *Journal of arid environments* **12**:1074-1083.
- Tamarit U.J.C. 1996. Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas. *Madera y Bosques* **2**:29-41.
- Terrazas T., Aguilar-Rodríguez S. y López-Mata L. 2008. Wood anatomy and its relation to plant size and latitude in *Buddleja L.* (Buddlejaceae). *Interciencia* **33**: 46-50.
- Terrazas T. y Loza-Cornejo S. 2003. Anatomía de la madera y alometría de veinte especies de *Stenocereus* (Cactaceae). *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* **74**:195-208.

- Terrazas T. y Wendt T. 1995. Systematic Wood anatomy of the genus *Tapirira* Aublet (Anacardiaceae): a numerical approach. *Brittonia* **47**:109-129.
- Thi-Hoan L., Kyoung-Soo J., Woo-Jung C. y Kye-Han L. 2013. Effects of atmospheric environmental changes on annual ring growth of *Cryptomeria japonica* in Southern Korea. *Journal of ecology and environment* **36**:31-38.
- Trockenbrodt M. 1990. Survey and discussion of the terminology used in bark anatomy. *International Association of Wood Anatomists Bulletin New Series* **11**:141-166.
- Tropicos W3. Missouri Botanical Garden. < <http://www.tropicos.org/>> (Consultado 15 agosto 2015).
- Van der Werff, H. and H. G. Richter. 1996. Toward an improved classification of Lauraceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* **83**:409–418.
- Villa-Fernández M. C., Brajas-Morales J. y Angeles G. 1998. Estudio anatómico de *Hippocratea excelsa* HBK (Hippocrateaceae). *Acta Botánica Mexicana* **43**:7-21.
- Villaseñor J.L. 2010. *El Bosque Húmedo de Montaña en México y sus Plantas Vasculares: Catálogo Florístico–Taxonómico*. Universidad Nacional Autónoma de México–Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F.
- Woo S. 2009. Forest decline of the world: A linkage with air pollution and global warming. *African Journal of Biotechnology* **8**:7409-7414.
- Worbes M. 1999. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela. *Journal of Ecology* **87**:391-403.

## ANEXO

**Cuadro 2. Características de vasos (IAWA, 1989). Los valores representan el mínimo-promedio-máximo o el promedio**

| Especie                           | Porosidad  | Contorno de vaso | Placa de perforación | Punteaduras intervasculares | Punteaduras de vaso a radio | Diámetro de vaso      | Longitud de vaso | Vasos /mm <sup>2</sup> | Dimetro de punteaduras |
|-----------------------------------|------------|------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------|------------------|------------------------|------------------------|
| <i>Moussonia deppeana</i>         | difusa     | anguloso         | simple               | alternas                    | simples                     | 33-46-63              | 394-545-709      | 57                     | 3-4-5                  |
| <i>Oreomunnea mexicana</i>        | semianular | ovalado          | Simple               | alternas                    | 2 tipos                     | 102-163-197           | 581-723-943      | 14                     | 3-4-6                  |
| <i>Nectandra salicifolia</i>      | difusa     | anguloso         | simple               | alternas                    | 2 tipos                     | 68-80-96              | 357-580-750      | 25                     | 5-6-8                  |
| <i>Malvaviscus arboreus</i>       | difusa     | cirular          | simple               | alternas                    | simples                     | 48-62-92              | 351-424-588      | 46                     | 3-4-5                  |
| <i>Miconia glaberrima</i>         | semianular | anguloso         | simple               | alternas poligonales        | 2 tipos                     | 13-28-39<br>63-84-113 | 262-383-575      | 44                     | 6-8-10                 |
| <i>Piper auritum</i>              | difusa     | anguloso         | simple               | escalariforme/<br>opuestas  |                             | 64-80-98              | 213-315-462      | 12                     |                        |
| <i>Piper hispidum</i>             | difusa     | ovalado          | simple               | escalariforme/<br>opuestas  |                             | 63-85-105             | 236-301-503      | 14                     |                        |
| <i>Deppea grandiflora</i>         | difusa     | anguloso         | simple               | alternas                    | alternas                    | 37-48-70              | 508-689-776      | 52                     | 2-3-4                  |
| <i>Hoffmannia excelsa</i>         | difusa     | anguloso         | simple               | lternas/escalariformes      |                             | 31-35-39              | 893-1327-1879    | 46                     | ...                    |
| <i>Hoffmannia psychotriifolia</i> | semianular | ovalado          | simple               | alternas                    | 2 tipos                     | 69-82-97              | 403-535-756      | 26                     | 8-8-10                 |
| <i>Psychotria galeottiana</i>     | difusa     | ovalados         | simple               | alternas                    |                             | 42-55-68              | 291-451-594      | 46                     | 2-3-4                  |
| <i>Psychotria perotensis</i>      | difusa     | angulosos        | simple               | alternas                    | simples                     | 34-40-50              | 697-914-1045     | 46                     | 3-4-5                  |

---

|                          |        |           |                     |          |          |          |              |     |       |
|--------------------------|--------|-----------|---------------------|----------|----------|----------|--------------|-----|-------|
| <i>Randia xalapensis</i> | difusa | agulosos  | simple              | alternas | alternas | 28-33-38 | 379-470-577  | 102 | 3-4-5 |
| <i>Siparuna riparia</i>  | difusa | angulosos | simple/esalariforme |          |          | 57-75-94 | 810-969-1280 | 46  |       |

---



**Cuadro 3. Características de fibras, radios (Kribs 1932) e inclusiones. Los valores representan el mínimo-promedio-máximo y el promedio. paed=paedomórficos, het= heterogéneos.**

| Especies                          | Tipo punteadura | No. septos | Longitud       | Diámetro | Ancho de pared | Tipo de radio   | Altura de radios | Inclusiones |
|-----------------------------------|-----------------|------------|----------------|----------|----------------|-----------------|------------------|-------------|
| <i>Moussonia deppeana</i>         | libriforme      | 2-3        | 479-636-887    | 25-31-41 | 6.7            | paed. I         | 415-492-630      | drusas      |
| <i>Oreomunnea mexicana</i>        | fibrotraqueida  | --         | 874-1040-1303  | 14-19-23 | 4.5            | het. IIA        | 174-203-331      |             |
| <i>Nectandra salicifolia</i>      | libriforme      | 1-2        | 738-902-1079   | 18-21-26 | 3.3            | het. IIB        | 146-203-309      |             |
| <i>Malvaviscus arboreus</i>       | libriforme      | --         | 596-781-974    | 14-17-20 | 3.2            | het. IIA/agreg. | 418-594-940      | drusas      |
| <i>Miconia glaberrima</i>         | libriformes     | --         | 332-496-615    | 16-21-26 | 3.9            | het. III        | 376-468-709      |             |
| <i>Piper auritum</i>              | libriformes     | --         | 1032-1417-2014 | 24-30-36 | 8.7            | --              | --               | --          |
| <i>Piper hispidum</i>             | libriformes     | --         | 612-702-934    | 14-18-20 | 5.5            | --              | --               | --          |
| <i>Deppea grandiflora</i>         | libriformes     | 2-3        | 961-1178-1576  | 19-26-32 | 7.6            | het. I          | 567-744-962      |             |
| <i>Hoffmannia excels</i>          | libriformes     | 2-3        | 1261-1704-1949 | 22-26-36 | 5.7            | ..              | ..               |             |
| <i>Hoffmannia psychotriifolia</i> | libriformes     | 1-2        | 506-691-982    | 19-27-32 | 5              | paed. I         | 496-746-965      |             |
| <i>Psychotria galeottiana</i>     | libriformes     | 2-3        | 570-669-767    | 11-17-23 | 3.6            | paed. I         | 701-906-1298     |             |
| <i>Psychotria perotensis</i>      | libriformes     | 3-4        | 846-1247-1549  | 19-27-37 | 5.2            | het. I          | 619-827-1144     |             |
| <i>Randia xalapensis</i>          | fibrotraqueida  | --         | 892-1078-1299  | 18-15-21 | 12.3           | het. I          | 516-686-960      |             |
| <i>Siparuna riparia</i>           | libriforme      | --         | 1652-1906-2344 | 25-33-45 | 5.9            | paed. I         |                  |             |

**Cuadro 4. Características y tipos (Furuno, 1990) de corteza. DR= drusas, Cp= cristales prismáticos, Ra= rafidios.**

|                                   | Endodermis | Córtex | Peridermis | Epidermis | Inclusiones | Tipo      |
|-----------------------------------|------------|--------|------------|-----------|-------------|-----------|
| <i>Moussonia deppeana</i>         | A          | P      | P          | A         | --          | 3B        |
| <i>Oreomunnea mexicana</i>        | A          | A      | P          | A         | --          | 1A        |
| <i>Nectandra salicifolia</i>      | A          | P      | P          | A         | --          | 3B        |
| <i>Malvaviscus arboreus</i>       | A          | A      | P          | A         | Dr          | 3A,<br>3B |
| <i>Miconia glaberrima</i>         | A          | P      | P          | A         | Dr, Cp      | 3B        |
| <i>Piper auritum</i>              | P          | P      | A          | P         | --          |           |
| <i>Piper hispidum</i>             | A          | P      | A          | P         | --          |           |
| <i>Deppea grandiflora</i>         | A          | P      | A          | P         | Cp, Ra      | 3B        |
| <i>Hoffmannia excelsa</i>         | P          | P      | A          | P         | --          | 7         |
| <i>Hoffmannia psychotriifolia</i> | A          | P      | P          | A         | --          | 3B        |
| <i>Psychotria galeottiana</i>     | P          | P      | P          | A         | --          | 7         |
| <i>Psychotria perotensis</i>      | P          | P      | P          | A         | --          | 3B        |
| <i>Randia xalapensis</i>          | A          | P      | P          | A         | Dr          | 1A        |
| <i>Siparuna riparia</i>           | A          | P      | A          | P         | Ra          | 3B        |