



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

Desarrollo de la corteza de *Ceiba aesculifolia* (kunth)

Britten & Baker f. y *C. pentandra* (L.) Gaertn. (Malvaceae)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A:

P R E S E N T A:

Sandra Paola Guía Ramírez

Directora: **Dra. en C. Silvia Aguilar Rodríguez**



Los Reyes Iztacala, Edo. de México, 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

AGRADECIMIENTOS

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

A la Doctora Teresa Terrazas por las asesorías, apoyo y consejos para la conclusión de este trabajo.

A las Maestras en Ciencias Alin Nadyeli Torres Díaz, Ma.Edith López Villa-Franco y María Patricia Jácquez Ríos por formar parte de este jurado y por su tiempo invertido en revisar esta tesis

A la Biól. Dalia Grego Valencia por su ayuda en el laboratorio, por sus consejos y por compartir sus conocimientos.

DEDICATORIAS

A mi madre Blanca Raquel por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

En medio de los diferentes momentos que viví en el desarrollo y construcción de esta tesis, me di cuenta e identifiqué a varias personas que permanecían cerca de mi círculo de confianza, personas que buscaban algo de mí y cuando lo alcanzaban o lo lograban simplemente se alejaban de mi vida, dentro de estas personas también pude identificar a algunas personas que llegaban sin algún aparente motivo, y éstas solo se quedaban y entablaban una relación conmigo; muchas de estas personas hoy día aún se encuentran cerca de mí, y día a día construimos lo que sabemos será una grande y sincera amistad.

Pues así como aún se construye la amistad, también existen procesos que podríamos decir, ha terminado una primera etapa de la amistad, estas personas son mis amigos y durante la dura realización de esta tesis ellos siempre estuvieron presentes apoyándome y guiándome en el proceso, cada día dándome ánimos y no dejándome caer, gracias Ricardo Zamora Orozco y Rosalba Luna Céspedes.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1-4
ANTECEDENTES	11-12
MÉTODO	13-14
RESULTADOS	16-70
DISCUSIÓN	71-78
CONCLUSIONES	79-80
LITERATURA CITADA	81-86
ANEXO	87-101

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1. Características morfológicas de *Ceiba pentandra*__9
Figura 2. Morfología de la corteza de *Ceiba pentandra*__9
Figura 3. Características morfológicas de *Ceiba aesculifolia*__10
Figura 4. Morfología de la corteza de *Ceiba aesculifolia*
Figura 5. Mapa de distribución en México por entidad federativa de *C. pentandra* y *C. aesculifolia*__11
Figura 6. Mapa de muestreo Tonicato, Estado de México y Puebla, Río la Ceiba__15
Figura 7. *Ceiba aesculifolia* ápice 5 mm__17
Figura 8. Rama 3 mm__19
Figura 9. Rama 3 mm origen del agujón__20
Figura 10. Rama 4 mm__22
Figura 11. Rama 6 mm__24
Figura 12. Rama 7 mm__26
Figura 13. Rama 1.0 cm__27
Figura 14. Rama 1.2 cm__29
Figura 15. Rama 1.6 cm__31
Figura 16. Rama 2.0 cm__33
Figura 17. Rama 2.8 cm__34
Figura 18. Rama 4.4 cm__36
Figura 19. Tronco 9 cm__38
Figura 20. Tronco 92 cm__40
Figura 21. Plántula *Ceiba aesculifolia* 1 mm__42
Figura 22. 2 mm__43
Figura 23. 2.5 mm__45
Figura 24. 3 mm__47
Figura 25. *Ceiba pentandra* ápice 5 mm__49
Figura 26. Rama 7 mm__51
Figura 27. Rama 1.1 cm__53
Figura 28. Rama 1.2 cm__55
Figura 29. Rama 1.4 cm__57
Figura 30. Rama 1.5 cm__59
Figura 31. Rama 1.7 cm__61
Figura 32. Rama 2.0 cm__63
Figura 33. Rama 2.5 cm__65
Figura 34. Rama 2.8 cm__67
Figura 35. Tronco 15 cm__69
Figura 36. Tronco 80 cm__71

ÍNDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Diferencias morfológicas de *Ceiba pentandra* y *C. aesculifolia*__5-6
Cuadro 2. Diferentes usos que se les dan a *Ceiba pentandra* y *C. aesculifolia*__7-8
Cuadro 3. Características morfológicas de cuatro individuos: altura, diámetro y espesor de la corteza de *C. aesculifolia* y *C. pentandra*__72

ANEXO

- Cuadro 4. Características anatómicas cualitativas del ápice en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*__88
 Cuadro 5. Ramas de 7mm de diámetro__89
 Cuadro 6. Ramas de 1.1 cm de diámetro__90
 Cuadro 7. Ramas de 1.2 cm de diámetro__91
 Cuadro 8. Ramas de 1.5 y 1.6 cm de diámetro__91-92
 Cuadro 9. Ramas de 2.0 cm de diámetro__92
 Cuadro 10. Ramas de 2.8 cm de diámetro__93
 Cuadro 11. Tronco de 15 y 9 cm de diámetro__93-94
 Cuadro 12. Tronco de 80 y 92 cm de diámetro__94
Cuadro 13. Plántulas de 1 a 3 mm de diámetro en *C. aesculifolia*__95
Cuadro 14. Comparación con otros autores de rasgos anatómicos de la corteza de *C. pentandra*__96
Cuadro 15. Características anatómicas cuantitativas del ápice en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*__97
 Cuadro 16. Ramas de 7mm de diámetro__97-98
 Cuadro 17. Ramas de 1.1 cm de diámetro__98
 Cuadro 18. Ramas de 1.2 cm de diámetro__99
 Cuadro 19. Ramas de 1.5 y 1.6 cm de diámetro__99-100
 Cuadro 20. Ramas de 2.0 cm de diámetro__100
 Cuadro 21. Ramas de 2.8 cm de diámetro__101
 Cuadro 22. Tronco de 15 y 9 cm de diámetro__101-102

RESUMEN

La corteza de *Ceiba* Mill. se emplea en la medicina herbolaria para tratar padecimientos relacionados con el aparato circulatorio, digestivo, cutáneo y renal, entre otros. Varias especies se comercializan con el nombre de “pochote” o “ceiba” y al parecer no se hace diferencia entre las especies. Debido al parecido que presentan sus cortezas y a que no se ha registrado alguna investigación sobre su ontogenia, en este trabajo se estudia la anatomía de la corteza de dos especies ampliamente distribuidas en México, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. y *C. aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f. (Malvaceae), con la finalidad de comparar características estructurales durante su desarrollo y en la corteza madura. Para las observaciones se obtuvieron cortes histológicos por medio de las técnicas convencionales. Este estudio comprende el análisis en secuencia basipétala, de ramas desde el ápice hasta el tronco principal, los resultados se presentan en función de los diferentes diámetros describiendo las características generales del floema secundario y de la peridermis. Ambas especies presentan una peridermis que se desarrolla subepidérmicamente y, por lo tanto, tienen el mismo origen. El córtex desarrolla mayor esclerénquima conforme aumenta el radio del eje y aún en árboles con diámetros mayores a 80 cm esta región se conserva. En la corteza del tallo principal se reconocen peridermis, córtex y floema secundario; sin embargo, en *C. pentandra* se presentan áreas con epidermis incluso en el tallo principal. El córtex se organiza en tres regiones que difieren en ambas especies. Las “espinas” (=aguijón) corresponden a cúmulos de súber y son de gran valor en la diferenciación. Las plántulas de *C. aesculifolia* también siguen el patrón estructural de las ramas de los individuos adultos. En conclusión, la corteza de *C. aesculifolia* y *C. pentandra* muestran características morfológicas y anatómicas muy parecidas a lo largo de las ramas y en sus tallos maduros. Sin embargo, los agujones no estratificados, las áreas de epidermis alrededor de los ejes y la mayor abundancia de drusas de *C. pentandra* pueden contribuir a la diferenciación entre las cortezas de ambas especies.

INTRODUCCIÓN

La corteza se reconoce como la zona que comprende a todos los tejidos que se disponen por fuera del cambium vascular, esto es, floema secundario, córtex y peridermis. Desde un punto de vista funcional se reconocen dos secciones, la corteza interna y la corteza externa. La primera está formada por el floema secundario que presenta tejido conductor y no conductor. El floema conductor está compuesto de elementos cribosos, células acompañantes, células parenquimáticas y generalmente bandas de fibras; mientras que en el floema no conductor las células acompañantes han perdido su citoplasma y los elementos de tubo criboso están desprovistos de contenidos (Angyalossy *et al.*, 2016). La corteza externa, es la parte “muerta” y fisiológicamente inactiva, cumple la función de protección de los tejidos internos, ubicada hacia el lado externo del último felógeno funcional (León, 1995). A pesar de que esta disposición de tejidos en la corteza es universal, existen diferencias significativas entre grupos de plantas, encontrándose literatura referida a la manera en que sus tejidos se organizan (Roth, 1980; Trockenbrodt, 1990; Angyalossy *et al.*, 2016). Los estudios anatómicos de la corteza continúan reportándose en número menor que los de la madera (Angyalossy *et al.*, 2016) y aún quedan grandes lagunas en el conocimiento de sus diferencias estructurales, así como las relacionadas con su desarrollo ontogenético.

En general se sabe que la presión que ejerce la formación de nuevo xilema y floema secundarios debido a la actividad cambial, forma un meristemo periférico al tallo, el felógeno, que comienza a desarrollar dos tejidos: súber o felema hacia fuera y felodermis hacia el interior, hasta llegar un momento en que la epidermis se rompe y es sustituida por esta nueva peridermis. Con el tiempo, al ir avanzando el crecimiento secundario, se suele generar un nuevo felógeno por debajo, a un nivel más profundo del primero que apareció. A su vez, esta segunda peridermis será sustituida por una tercera y así sucesivamente, hasta que el córtex, como proveedor de las peridermis que se van sucediendo, desaparece, dejando tal actividad a

la región periférica del floema secundario (Dickison, 2000; Prance y Prance, 1993). En algunos casos se puede formar un ritidoma a medida que transcurre el tiempo. Si la especie no tiene corteza caediza, quedará la suma de tantas capas de ritidoma como años tenga el árbol. En la superficie del tallo dichas características consiguen mostrar cortezas gruesas, con diferentes morfologías (Junikka, 1994; Pérez-Jiménez y Barajas-Morales, 2011) que hacen la diferencia entre especies (Dickison, 1975). Debido a la función de protección, almacenamiento, conducción de fotosintatos y soporte, los estudios sobre desarrollo de cortezas de árboles ofrecen información sobre posibles adaptaciones ambientales y de supervivencia de diferentes taxa en sus respectivos hábitats. Asimismo, este campo del conocimiento puede proveer datos que ayuden a esclarecer relaciones entre especies taxonómicamente cercanas. Recientemente, se han investigado algunos rasgos estructurales de cortezas maduras en diversas especies de angiospermas en relación con el cambio climático (Rosell, *et al.*, 2014; Rosell, 2016).

Las ramas en toda su gama de diámetros aportan información para entender posibles adaptaciones ambientales y la supervivencia al cambio climático; si los de desarrollo están asociados con dichos cambios ambientales y la adaptación de las especies, entonces es necesario entender dicha variación a lo largo de ramas y troncos.

Estudios sobre el desarrollo de la corteza /floema secundario/peridermis) poco se han abordado en México (Orduño-Cruz, 1998; Orduño-Cruz y Terrazas, 1998; Aguilar-Rodríguez *et al.*, no publicado) y de *Ceiba pentandra* y *C. aesculifolia* no se tienen registros. La importancia de su estudio radica en que estas especies son usadas en la medicina tradicional mexicana y ambas se conocen con el nombre popular de “Pochote”. Lo anterior, aunado a que las características de sus cortezas se desconocen, lleva a una prioridad en su estudio.

El género *Ceiba* Mill. (Gibbs y Semir, 2003)

Árboles de 5-20 m de alto (30-50 m en *C. pentandra*), troncos gruesos con o sin contrafuertes, armados con aguijones fuertes. Hojas pecioladas, digitado-compuestas, con cinco a nueve folíolos, articulados, con margen entero o aserrado, o dentado cerca del ápice; con estípulas caedizas y pequeñas. Inflorescencias en fascículos o flores solitarias, axilares o terminales; de color dorado o rosado, hermafroditas, actinomorfas, algunas veces subzigomorfas, pediceladas, bracteoladas, el receptáculo eglandular; cáliz campanulado a más o menos tubiforme, truncado o irregularmente dividido en tres a cinco lóbulos, persistente o acrescente, usualmente en el exterior glabro y por dentro densamente veloso, con nectarios dispersos en la superficie interna del cáliz; cinco pétalos, obovados, oblongos u oblongo-lineares, adnados a la base de la columna estaminal, densamente pubescentes o lanados, con apariencia aterciopelada, cuando el indumento se encuentra presente puede ser simple o estrellado y a veces varía entre individuos de la misma especie, el color de los pétalos puede ser blanco, marfil, rosa o magenta; estambres cinco, unidos formando un tubo que rodea al pistilo, que luego se divide para dar cinco filamentos y anteras separadas; ovario súpero o subínfero, sésil, cinco locular, cada lóculo con numerosos óvulos; estilo filiforme o dilatado hacia arriba, el estigma capitado ó 5-lobulado. El fruto es una cápsula coriácea a leñosa, con endospermo escaso o nulo, dehiscente por cinco valvas, de forma ovoide u oblongo-elipsoide, columela central alada, persistente; semillas numerosas, redondas, piriformes y reniformes, de 5- 10 mm con testa café obscura a negra, embebidas en abundante fibra sedosa.

En el cuadro 1 y figuras 1 y 2 se muestran diferencias morfológicas entre *C. aesculifolia* y *C. pentandra*.

Crece en los suelos con un pH de entre 4.7 y 6.9, de textura arenosa a arcillosa; adaptados a un suelo bien drenado con un subsuelo profundo. Se ven favorecidos en lugares abiertos; sobre los márgenes de los ríos, pendientes deforestadas, tierras agrícolas abandonadas, claros

en el bosque y en vegetación secundaria, aunque también se encuentran en los bosques naturales cerrados.

Existen alrededor de 20 especies de *Ceiba* que se distribuyen en las zonas tropicales, de las cuales 13 se encuentran en el continente americano. Para México se registran entre tres y seis especies (Carranza-González, 2000; Gibbs y Semir, 2003). De ellas *C. pentandra* es la de mayor distribución en América, llegando incluso hasta el continente Africano (Carranza-González, 2000). En la figura 3 se muestra la distribución en México por entidad federativa para *C. aesculifolia* y *C. pentandra*.

Las especies de este género tienen diversos usos como ornamental, medicinal, comestible y religioso, así como para relleno de almohadas o para proporcionar sombra en potreros (Nicolson, 1979 y Gibbs, 2003). En el cuadro 2 se sintetizan los usos registrados para *C. aesculifolia* y *C. pentandra*.

Cuadro 1. Diferencias morfológicas de *Ceiba aesculifolia* y *C. pentandra*. (Tomado de Pagaza-Calderón y Fernández-Nava, 2004)

Características morfológicas	<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Ceiba pentandra</i>
Árbol (Altura)	15 m	20 a 50 m (70 m)
Tronco	Delgado, pocas o abundantes agujones	Robusto, abundantes agujones
Morfología de corteza	Corteza externa: a veces ligeramente fisurada Color: gris a gris plomizo Lenticelas: conspicuas Corteza interna: rosa a rojiza Grosor total: 5 a 20 mm	Corteza externa: fisurada Color: gris plomizo a verdoso Lenticelas protuberantes suberosas Grosor total: 18 mm
Hojas	Forma de folíolos: elípticos oblanceolados u ovados Tamaño: 3.5 a 10 cm de largo por 1.3 a 4.5 cm de ancho Tricomas: cara adaxial glabra o casi glabra Color: cara abaxial verde grisácea o pálida Nervadura central: finamente tomentosa en ambas superficies Margen: aserrado Ápice: acuminado, base cuneada o atenuada Pecíolos: 4.5 a 12.5 cm	Forma de folíolos: angostamente elípticos a angostamente oblongos Tamaño: 5 a 18.5 cm de largo por 1.5 a 4 cm de ancho Tricomas: simples alargados Color: cara abaxial verde pálido Nervadura central: escasos tricomas estrellados Margen: entero Ápice: ligeramente acuminado o agudo, base cuneada o aguda Pecíolos: pulvinados en la base de 5 a 25 cm
Flores	Terminales, solitarias o en pares Tamaño: 12 a 14 cm de largo	Fascículos, en las axilas de las hojas Tamaño: 4 a 8 cm de largo
Cáliz	Forma: Infundibuliforme Tamaño: 1 a 4.5 cm de largo Margen: irregular, ocasionalmente glabro en la superficie externa, sedoso-afelpado en la parte interna	Forma: Cupuliforme Tamaño: 1.5 a 2cm de largo Margen: truncado a ligeramente lobado de forma irregular Grueso y carnoso
Pétalos	Color: blancos, amarillos o cafés cremosos Forma: oblongo-lineares Tamaño: 10 a 14 cm de largo	Color: amarillos o dorados Forma: obovados Tamaño: 2.5 a 4 cm de largo
Estambres	Filamentos rosado a rojo púrpura o blancos	Filamentos rojos
Ovario	Súpero a subínfero	Súpero, globoso
Estilo	Color: rosado	Color: rojo

Estigma	Color: crema Forma: capitado o clavado	Color: pardusco Forma: papiloso
Fruto	Forma de las cápsulas: elipsoides Tamaño: 10 a 19 cm de largo por 6 a 8.7 cm de ancho	Forma de las cápsulas: ovoides dehiscentes Tamaño: 8 a 14 cm de largo y 4.5 a 7 cm de ancho
Semillas	Color: café oscuro Forma: subglobosas Tamaño: 8.5 a 9 mm de largo por 7.2 a 7.6 mm de ancho Inmersas en fibra algodonosa de color blanco	Color: negro Forma: ovaladas a redondas Tamaño: 0.5 a 0.8 mm de largo por 0.5 de ancho Inmersas en fibra algodonosa dorada o gris plateada

Cuadro 2. Usos que se les da a *C. aesculifolia* y *Ceiba pentandra*. (Sistema nacional de información forestal. Recuperado de:

<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/899Ceiba%20pentandra.pdf>; Aguilar, 1994; Avendaño et al., 2006; Canales et al., 2005; Orozco, 2010)

	<i>Ceiba aesculifolia</i>	<i>Ceiba pentandra</i>
Medicinal	La corteza utilizada para trastornos renales e infecciones de la piel y disminución de los niveles de azúcar en la sangre, Actividad antimicrobiana; Semillas como tratamiento contra la gastritis. Picadura de cualquier animal y hemorroides.	La corteza utilizada para trastornos renales, contra la diabetes y en el tratamiento de procesos inflamatorios, heridas, granos, reumatismo, antiespasmódico, emético y diurético el exudado del tronco se usa para enfermedades intestinales. El tallo se usa para desinflamar postemas y tumores y contra dolor de muelas; la flor en cocción se usa como emoliente.
Comestible	La raíz y flor se comen para quitar la sed.	Las semillas cocidas o tostadas, así como las hojas, flores y frutos tiernos también cocidos.
Forraje	---	La pasta residual se usa como forraje para el ganado, especie melífera de gran valor.
Uso ornamental	++	++
Maderable	Comederos de cerdos	Artículos torneados y deportivos, instrumentos musicales, juguetes, construcciones rurales, canoas, balsas, acuaplanos, aeromodelos, cajas de empaque, lápices, chapa, boyas, aisladores de sonidos y vibraciones, acabados de interiores, cabos para cerillos, lambrín, carrocerías, puentes, durmientes, postes, ebanistería y aros para

		barriles, aunque la madera es ligera y no duradera.
Otros	Antiguamente la fibra sedosa del fruto se utilizaba en algunas regiones como relleno de cojines y almohadas.	El aceite de las semillas se usa para la fabricación de margarinas y jabones, como sombra de potreros, la fibra sedosa del fruto se emplea como relleno de almohadas y de cojines y por sus propiedades aislantes se usa en la confección de chalecos salvavidas, aislante en cámaras frigoríficas y aviones. Especie como potencialmente útil para reforestación. Extracción de pulpa para papel, papel secante y productora de etanol.

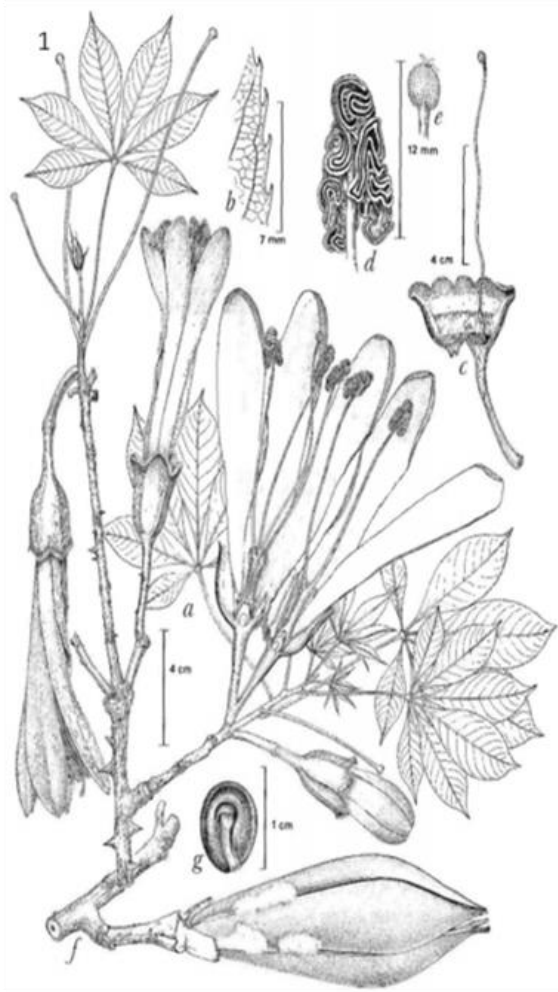


Figura 1. Características morfológicas de *Ceiba aesculifolia* (H.B.K.) Britten y Baker: A, ramas con inflorescencia; B, detalle del margen de la hoja; C, cáliz y gineceo; D, anteras; E, estigma; F, fruto; G, semilla (Tomado Avendaño-Reyes, 1998 del fascículo 107 de la Flora de Veracruz. Ilustrado por E. Saavedra). Figura 2. Morfología de la corteza (Foto tomada por la Dra. Aguilar Rodríguez Silvia).

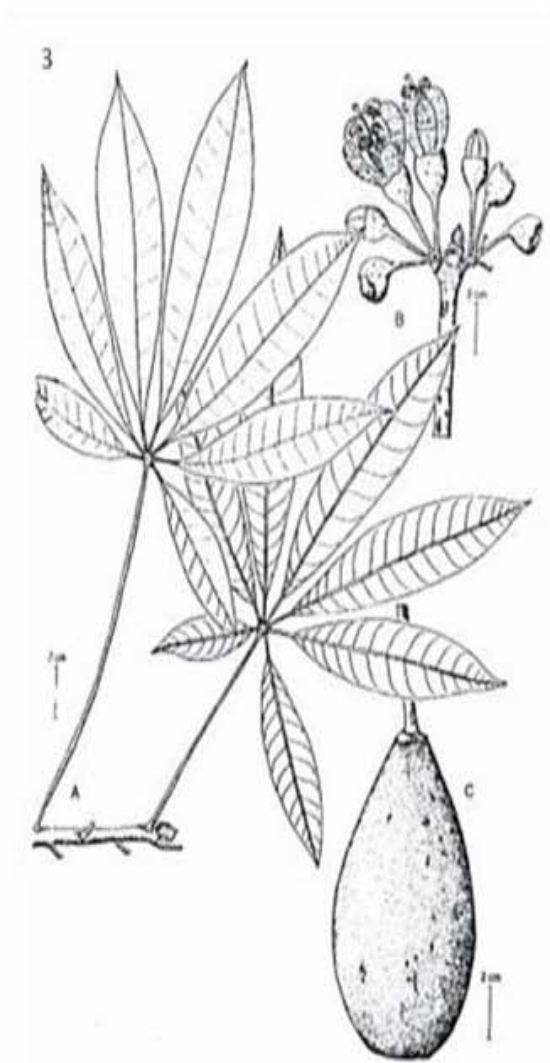


Figura 3. Características morfológicas de *Ceiba pentandra* (L.) Gaerth: A, ramas con hojas; B, inflorescencia; C, fruto (Tomado de Pennington y Sarukhán, 1998). Figura 4. Morfología de la corteza (Foto tomada por la Dra. Aguilar Rodríguez Silvia).



Figura 5. Mapa de distribución en México por entidad federativa de *C. esculifolia* ● y *C. pentandra* ▲ (Modificado de Gibbs y Semir, 2003)

ANTECEDENTES

A pesar de que estudios anatómicos de la corteza se han dado a conocer desde hace mucho tiempo (Ross, 1966), son los que menos se han abordado a nivel mundial si se comparan con los de la madera (Angyalossy et al., 2016). En México también es evidente esta situación (Gómez 2009; Martínez et al., 2003; Paredes et al., 2001; Quintanar et al., 2004; Yáñez y Terrazas, 2001).

Para el caso de la familia Malvaceae (=Bombacaceae) Roth (1972) reporta la descripción anatómica de la corteza de tres especies venezolanas: *Catostemma commune* Sandw., *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. y *Eriotheca* sp. Sobre desarrollo, para esta familia, Kotina et al. (2017) describen en detalle la estructura de la corteza de *Adansonia digitata* L., desde ramas jóvenes hasta la corteza madura. Algunos estudios de este tipo existen en otros grupos taxonómicos;

por ejemplo en Fabaceae Orduño- Cruz y Terrazas (1998) estudiaron anatómicamente el origen y desarrollo de la corteza de tres especies de Fabaceae: *Pithecellobium dulce*, *Acacia cochliacantha* y *A. farnesiana*; Aguilar-Rodríguez et al. (no publicado), identificaron el origen y desarrollo de las células externas y el tejido cortical de *Parkinsonia praecox* y su relación con posibles adaptaciones a ambientes áridos.

Estudios anatómicos de *Ceiba*, no existen; sin embargo, Muñoz-Cazares et al. (2017) realizaron una comparación anatómica general entre las cortezas del tallo principal de *C. pentandra* y *C. aesculifolia*, con la finalidad de identificar metabolitos con actividad inhibidora del sistema de censado de quórum bacteriano. Tomando en cuenta el interés que se tiene por sus principios químicos y para entender posibles contrastes en diferentes estadios de crecimiento, es necesario hacer énfasis en el desarrollo de la corteza en ambas especies. Los datos que de este estudio se generen, servirán para que se continúe avanzando en los campos sobre anatomía ecológica, los de la fitoquímica y en el control de calidad de estos taxa. Es evidente que los estudios sobre desarrollo de corteza/peridermis son sumamente escasos en el país. Si tomamos en cuenta que la corteza representa un recurso forestal sumamente importante en múltiples disciplinas de la ciencia y la industria y que la proporción y tipo de tejidos puede variar en diferentes momentos de su desarrollo, entonces un estudio anatómico sobre la corteza de especies de *Ceiba* de amplia distribución en México, aportará información relevante en los campos de la anatomía funcional y taxonómica, así como en los relacionados con los de la fitoquímica.

La presente investigación tiene como objetivo principal estudiar el desarrollo de la corteza en *C. aesculifolia* (Kunth) Britten & Baker f y *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. en la búsqueda de caracteres que permitan diferenciar a estas dos especies, así como sus posibles adaptaciones ecológicas.

MATERIAL Y MÉTODO

Ceiba aesculifolia y *C. pentandra* se recolectaron en Tonicato, Estado de México y en Río la Ceiba, en el estado de Puebla. Para cada especie se seleccionaron dos individuos adultos, sanos y sin daño aparente. Se obtuvieron las cortezas de ramas de distintos diámetros en sentido basipétalo, desde el ápice hasta el tronco principal. Los ápices de las ramas más distales se dividieron en tres porciones, basal, media y apical; de los diámetros más angostos se obtuvo la totalidad del eje, mientras que de aquellos con mayor diámetro se obtuvo solo la corteza con parte de la madera más externa. De cada región se cortaron segmentos de 1 cm de espesor. Con el fin de observar el origen de la peridermis en plántulas, también se llevó a cabo un estudio del tallo en sentido basipétalo (hasta la base del hipocótilo; Fig. 21-24) de individuos de 15 cm de alto, de *C. aesculifolia*. Las plántulas se obtuvieron del campo, en Tonicato, Estado de México.

Todas las muestras se colocaron por separado en bolsas de plástico; con una etiqueta de identificación para su posterior fijación en FAA (Berlyn y Miksche, 1976). Después de 2 ó 3 días las muestras se almacenaron en GAA en un periodo de 20 a 30 días para ablandarlas hasta su procesamiento histológico. Se hicieron cortes transversales, radiales y tangenciales seriados de madera a corteza, de 20 a 35 μm en grosor con un micrótopo de deslizamiento. En todos los casos las secciones se tiñeron con safranina-verde rápido y se montaron en resina sintética.

La descripción anatómica de la corteza, se dividió en tres regiones peridermis, córtex y características generales floema secundario. Además se muestran características del agujón a partir del diámetro en que este se presenta. Para comprender la ontogenia de la corteza se utilizaron cortes transversales y longitudinales. Las mediciones e imágenes de los elementos de tubo criboso, cutícula, células de la epidermis, córtex y fibras, se obtuvieron empleando el

analizador NIS-elements BR 2.33 (Nikon Corporation 1991-2006). Para las descripciones se tomó como base la terminología de Trockenbrodt (1990) y la de Angyalossy *et al.* (2016).

El material herborizado se encuentra depositado en el herbario de la Facultad de Estudios Superiores de Iztacala (IZTA) con los números de registro 44070 y 44071 para *C. aesculifolia* y 44068 y 44069 para *C. pentandra*.

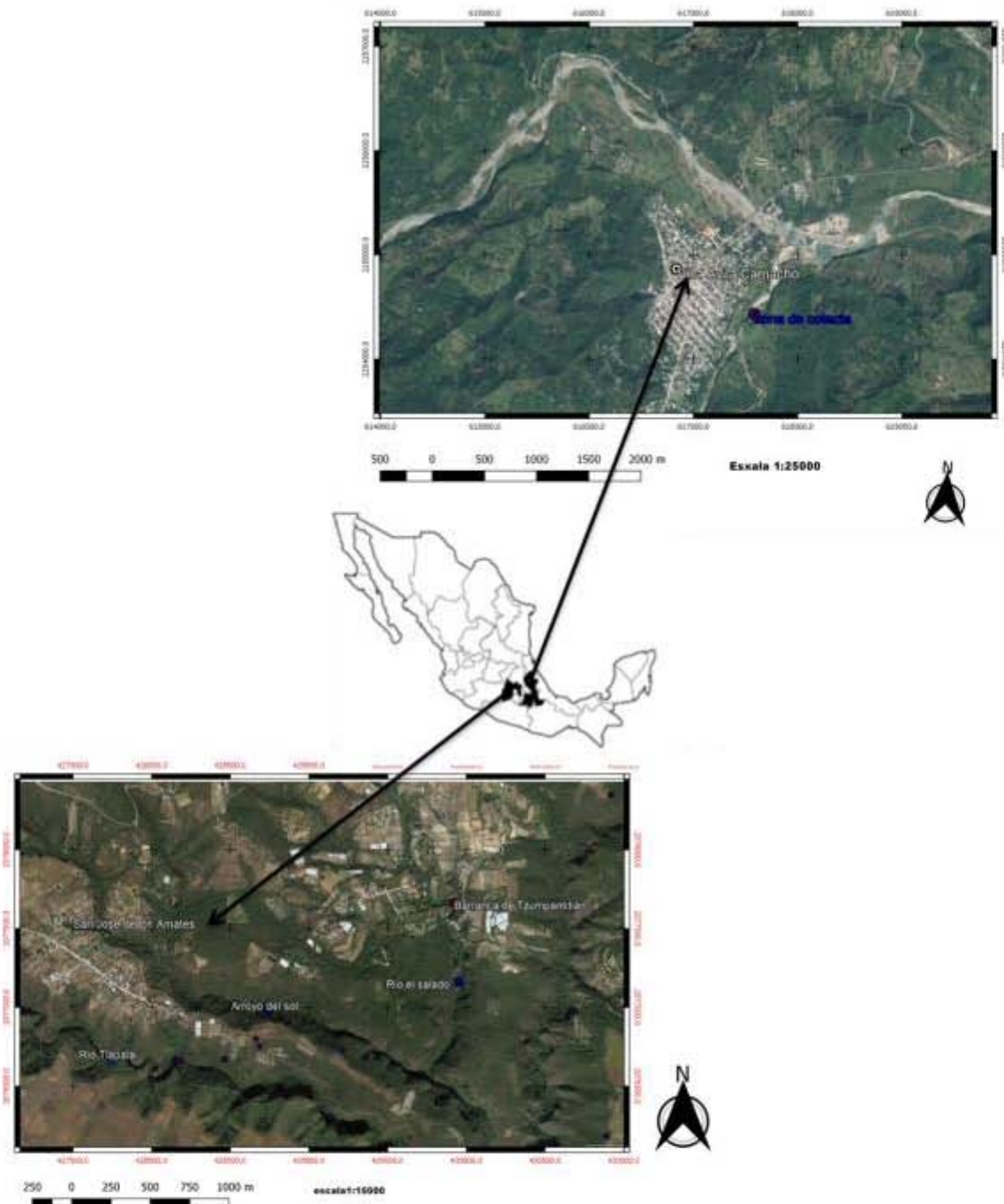


Figura 6. Ubicación de zona de estudio, Rio la Ceiba Puebla y Tonicaco Edo. Méx (Fuente: Google Earth. Image 2018 Digital).

RESULTADOS

Se describen las características anatómicas de las especies con base en sus diferentes diámetros, desde el ápice hasta el tronco principal.

Ceiba aesculifolia

Ápice 5 mm de diámetro (Fig. 7)

En vista transversal la cutícula es delgada, la epidermis es simple, con células de forma cuadrangular a rectangular (Fig.7B). Subyacente a la epidermis se distingue la hipodermis formada por un estrato de células de forma cuadrangular a rectangular que se alternan con células de forma ovoide; algunas células se encuentran lignificadas y/o con taninos, otras con drusas ocupando la mitad del lumen celular. Por debajo se origina una peridermis, la cual se muestra incipiente, con 4 a 5 estratos de células rectangulares, las más externas corresponden a las de felema, éstas presentan engrosamientos de la pared en forma de U invertida (Fig. 7C). A continuación se distinguen tres regiones la más externa (PR) presenta un banda más o menos continua y de forma irregular de células de parénquima con taninos y algunas drusas, por debajo (SR) células en proceso de esclerificación rodean a la región más interna (TR), formada por canales, entre los que se intercalan células de parénquima (Fig. 7A); alrededor al cilindro vascular el parénquima tiene abundantes drusas.

El cilindro vascular presenta 4 haces de tipo colateral, cada haz es de forma ligeramente elíptica, en xilema secundario los vasos se organizan radialmente formando pequeñas hileras; en cada haz vascular, el floema se asocia un casquete de células de parénquima con taninos, entre éstas se distinguen algunas células de esclerénquima (Fig. D).

En la médula se localizan periféricamente grupos de células con taninos; hacia el centro las células de parénquima son semejantes a las del córtex, con abundantes canales y drusas.

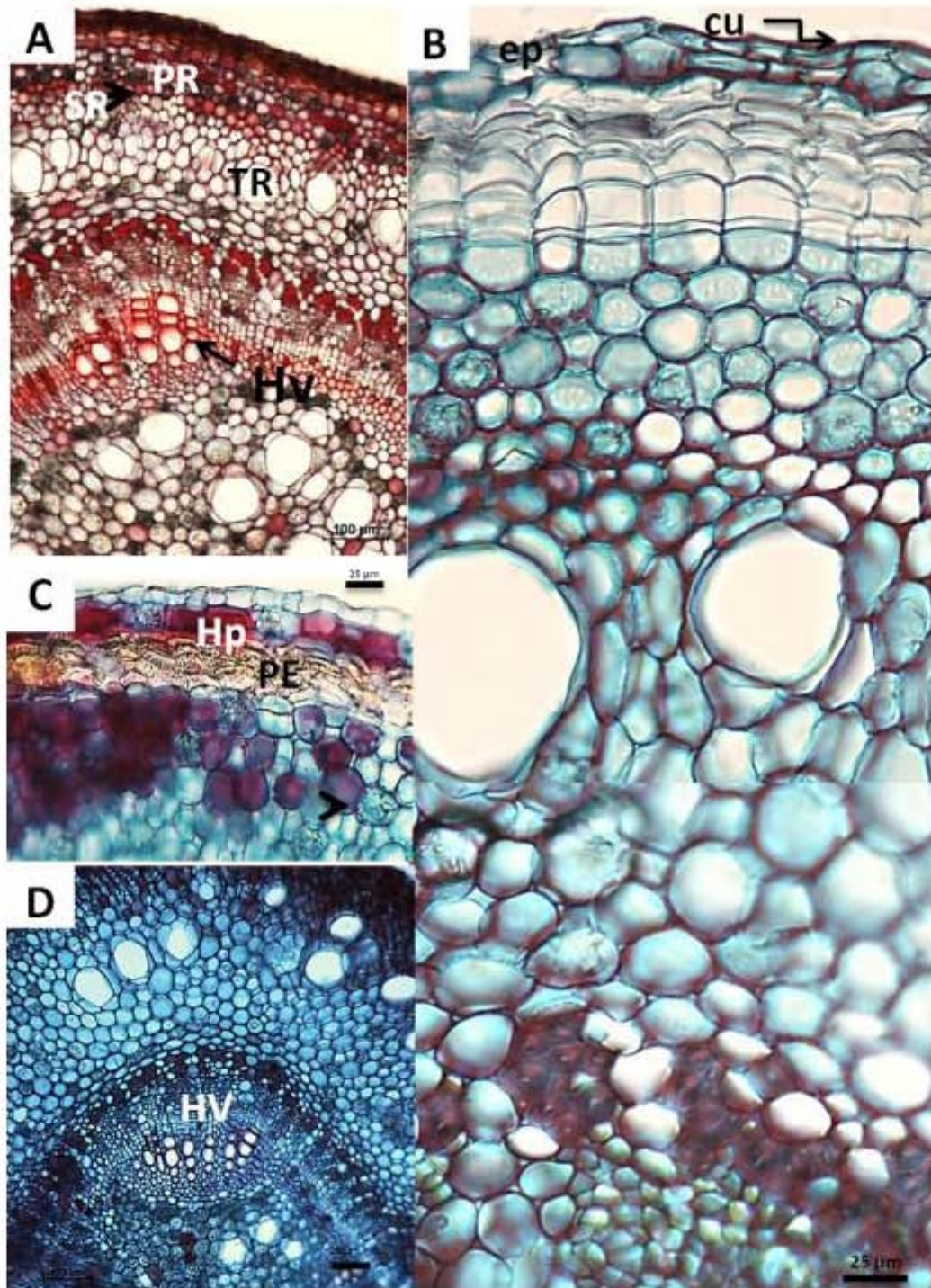


Figura 7. Corte transversal del ápice de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 5 mm. A (4X): vista general. Tres regiones del córtex: primera región (PR), segunda región (SR), tercera región (TR). B (40X): cutícula (cu), epidermis (ep). C (40X): hipodermis (Hp), peridermis (PE). D (40X): cilindro vascular. Haz vascular ligeramente elíptico (Hv).

Rama 3 mm de diámetro (Fig. 8):

En vista transversal no se distingue peridermis e hipodermis como en el ápice, la cutícula no muestra cambios y las células de la epidermis son de forma ovoide (Fig. 8B).

En el córtex la primera región (PR), por debajo de la epidermis, se existen de 6-7 estratos de células de forma redonda a elíptica y de pared delgada, células escasas presentan taninos. La siguiente región (SR) se constituye de 4-5 estratos de células de paredes gruesas con varios grados esclerificación. En la tercera región (TR) se forman canales, éstos forman una banda más o menos continua que se interrumpe por células de parénquima, las cuales se continúan hasta los paquetes de fibras floemáticas. Células con contenidos se encuentran en el borde externo, o se encuentran entre los paquetes de fibras (Fig. 8A,B).

En el tejido vascular las fibras floemáticas, rodean a los tejidos de conducción; éstas se separan por los radios, los cuales generalmente contienen células de diferentes tamaños y formas, con gran cantidad de taninos. El floema secundario forma una banda continua en vista transversal, (Fig. 8A). Los elementos de tubo criboso (ETC) son de forma irregular, se distribuyen en bandas radiales; son solitarios o en grupos de 2-3, con una célula acompañante lateral (Fig. 8C). Cambium vascular formado por 5 estratos de células de forma rectangular que se apilan radialmente.

La médula se compone de células de parénquima más grandes que las del córtex, con algunos taninos y canales.

Aguijón (origen; Fig. 9A). En vista transversal se observa una pequeña protuberancia; en esta zona las células epidérmicas son “empujadas hacia el exterior” por varias capas de felema, que se han diferenciado de la zona cortical; en ésta las células de la peridermis se alinean radialmente, son de pared delgada y de forma rectangular; esta peridermis ha separado algunos grupos de células del córtex; son de contorno anguloso y de forma más o menos isodiamétrica, algunas con citoplasmas densos y otras con taninos. Hacia el interior la

segunda región (SR) todavía conserva células de colénquima (Fig. 9B), En la TR, los canales y cavidades (no se observan células epiteliales alrededor) se encuentran en grupos y en mayor cantidad, además algunos se dilatan tangencialmente.

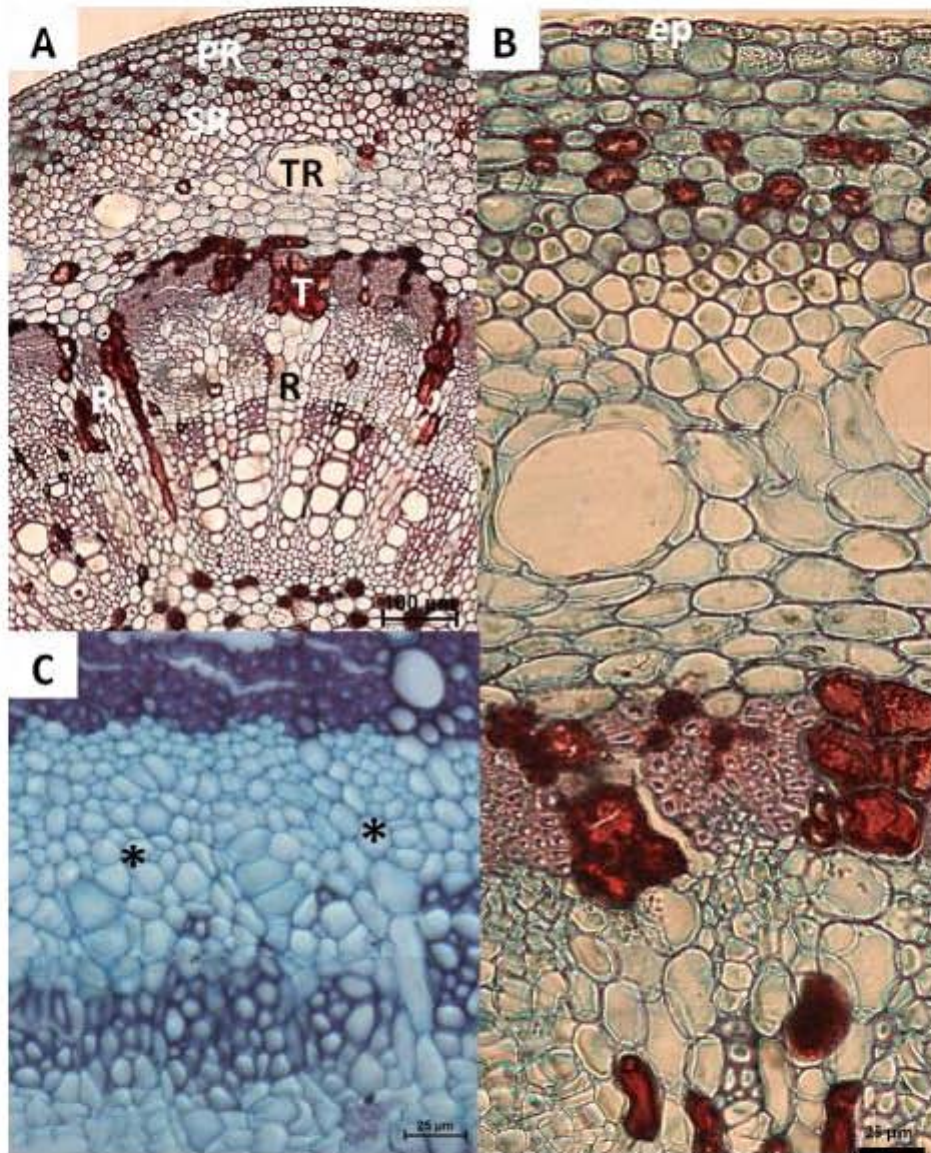


Figura 8. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 3 mm. A (4X) vista general. Regiones del córtex: PR, SR y TR, radios (R), células con taninos que se encuentran en el borde externo o entre los paquetes de fibras (T). B (40X): cutícula, epidermis (ep). C (40X): asteriscos, elementos del tubo criboso.

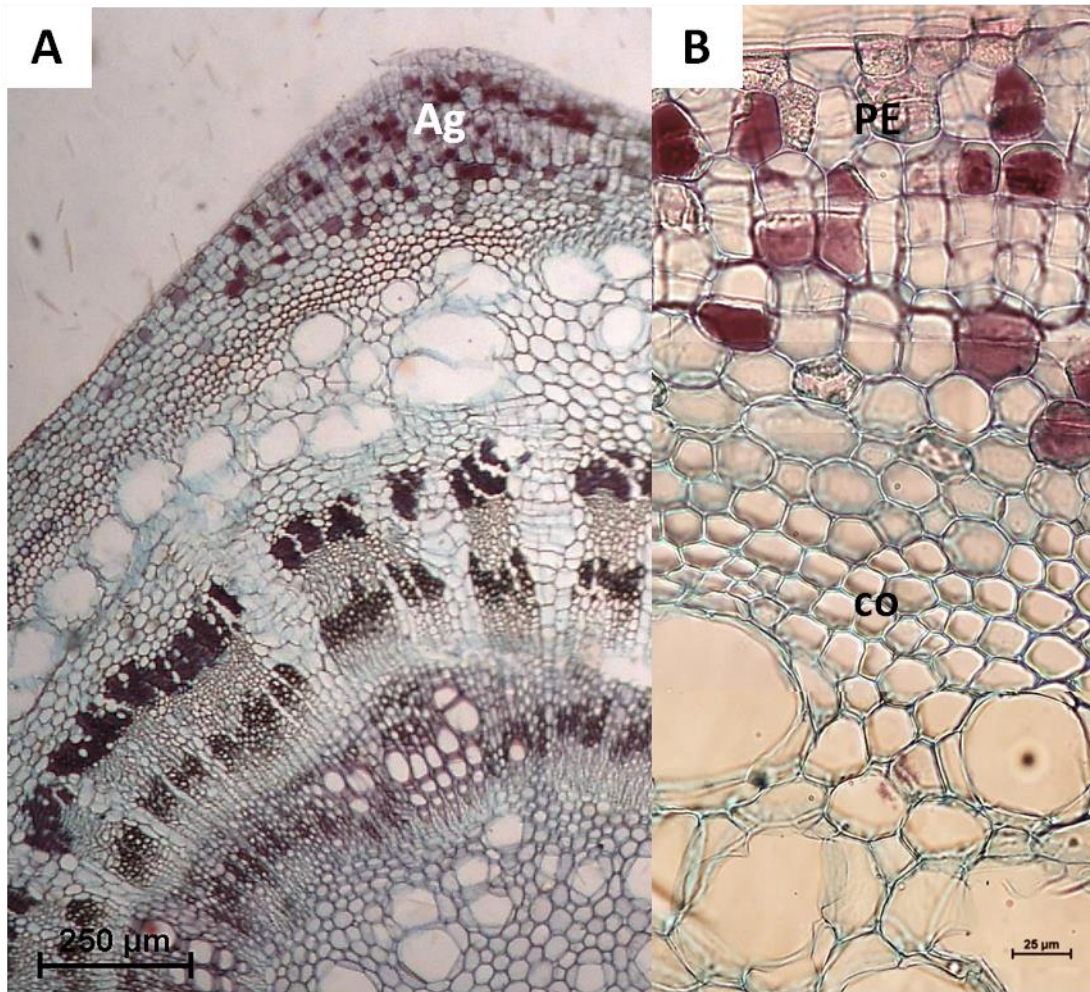


Figura 9. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 3 mm. D (4X) vista general. Origen del aguijón (Ag). E (40X): células de la peridermis alineadas radialmente (PE), taninos (T), citoplasmas (Ci), segunda región con células de colénquima (Co).

Rama 4 mm de diámetro (Fig. 10):

En vista transversal se observan restos de epidermis (Fig. 10C), inmediatamente por debajo se organiza una peridermis formada por 6-11 estratos de células; las paredes de las células del felema se alargan tangencialmente y se aplanan, sus paredes forman ondulaciones; tienen contenidos, pero las más externas se aprecian hialinas (Fig. 10D).

En el córtex, la PR 5-8 estratos de células mantienen su forma redonda a elíptica y pared delgada, frecuentemente contienen taninos. En algunas ocasiones en la SR se pierde la

continuidad de la banda de esclerénquima, cuyas células se encuentran dispersas, solitarias o en pequeños grupos, e interrumpidas por la formación de cavidades, así como por parénquima (Fig. 10A).

En el tejido vascular el floema consta de 1-3 hileras de paquetes de fibras, mientras que los radios floemáticos se dilatan ampliamente hacia la peridermis, encontrando su límite superior en el anillo de canales ubicados en el córtex (Fig. 10A, C). En el floema no conductor (FNC) la mayoría de células de parénquima axial se distinguen colapsadas al igual que los ETC (Fig. 10A).

Aguijón. En vista transversal está formado por células de felema, alargadas radialmente, con contenidos de color anaranjado; por debajo de esta zona se encuentran células de felodermis dividiéndose periclinalmente. Un cambio evidente en el córtex (por debajo del aguijón) es la interrupción de la continuidad de las células de esclerénquima de la SR y la hilera de canales es uniforme (Fig. 10B).

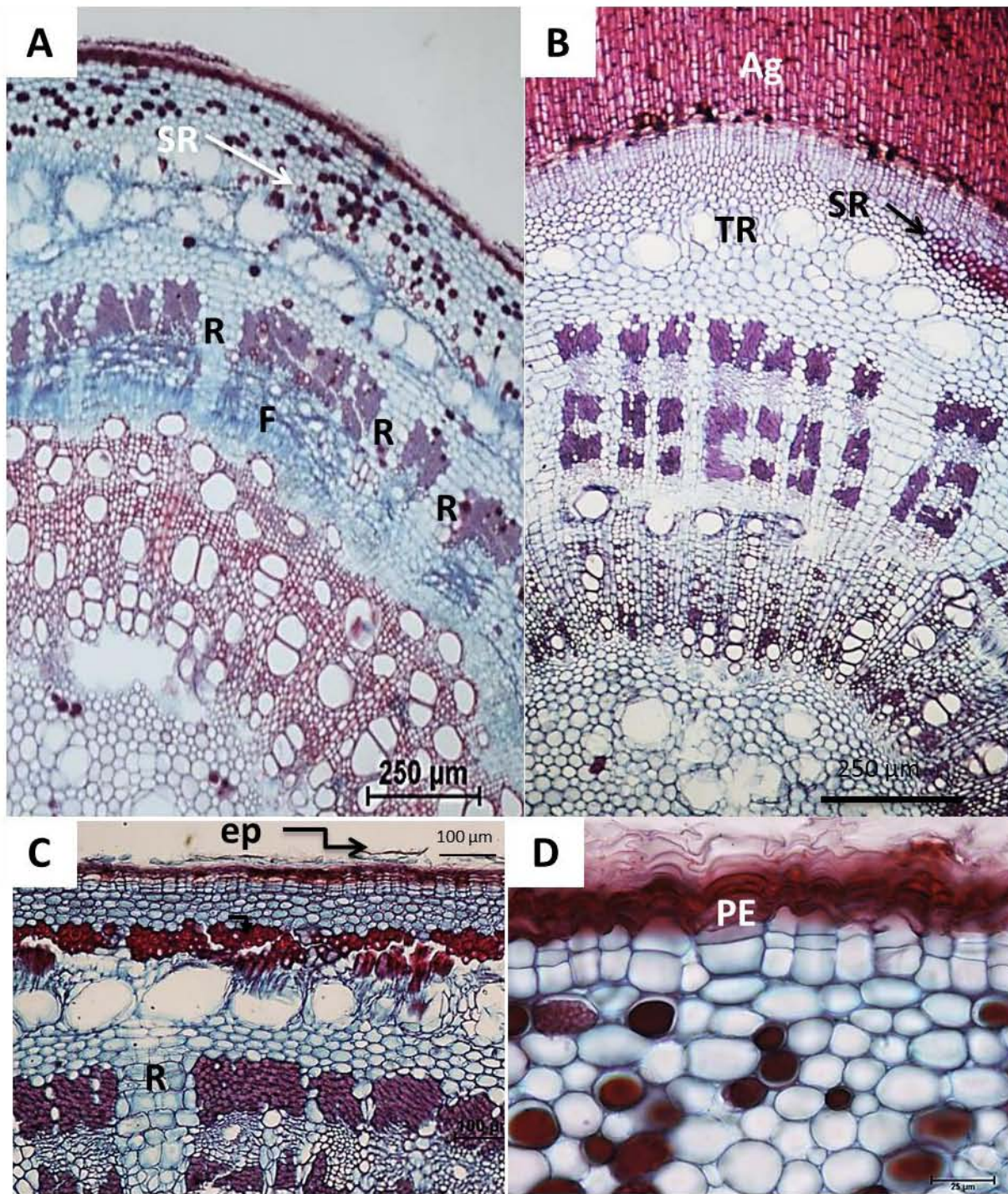


Figura 10. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 4 mm. A (4X): vista general. SR células solitarias o en grupos, radios (R) dilatados ampliamente, células colapsadas del floema no conductor (FNC). B (4X): aguijón (Ag), interrupción de la banda de esclerénquima (SR), hilera de canales (TR). C (10X): restos de epidermis (ep). D (40X): células de la peridermis (PE) las internas con contenidos y las externas hialinas..

Rama 6 mm de diámetro (Fig. 11):

Peridermis con 8-12 estratos de células con las mismas características que las del diámetro anterior, los estratos más internos (3-4) corresponden al felógeno y a la felodermis, (Fig.11C).

En el córtex, la PR sin cambios, excepto porque algunas células se encuentran dividiéndose anticlinalmente. En la SR la banda de esclerénquima se hace más angosta; algunas de éstas rodean en parte a pequeñas cavidades que se diferencian para formar un continuo con los canales de la TR, por lo que ambas zonas ya no se distinguen con claridad; algunas de las células de parénquima que separaban a la SR y a la TR han disminuido en tamaño y se han colapsado (Fig. 11B).

En el floema secundario se han formado 3(4) hileras horizontales de paquetes de fibras, los más internos se encuentran en formación. Algunos radios se observan ampliamente dilatados.

En la zona donde se encuentra el aguijón las células de la PR presentan varios taninos, debajo hay mayor cantidad de cavidades dispersas y algunas áreas con células colapsadas (Fig. 11A).

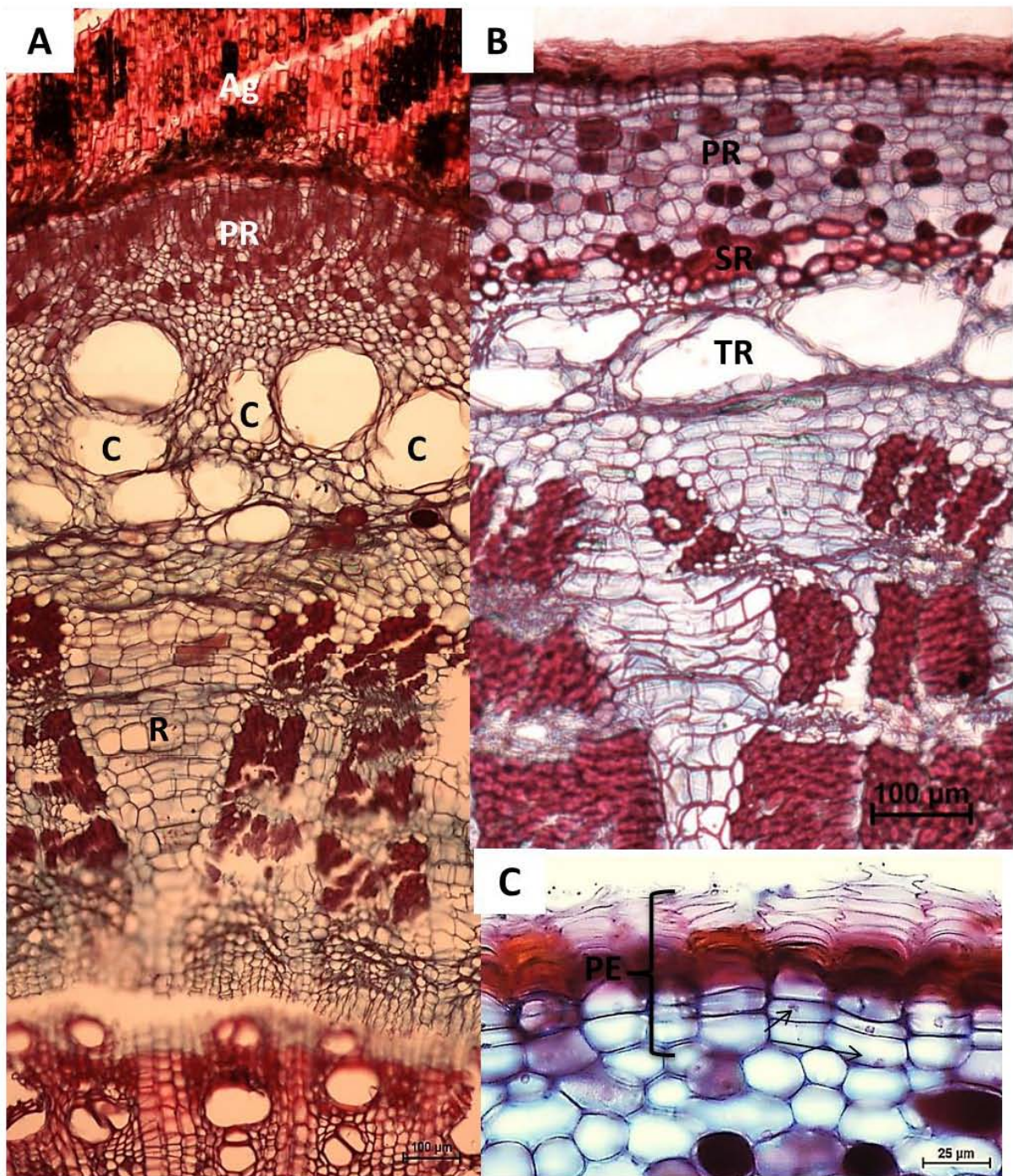


Figura 11. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 6 mm. A (4X): vista general. Aguijón (Ag), PR con gran cantidad de taninos, cavidades dispersas de la TR, radios (R) ampliamente dilatados. B (10X): regiones del córtex. Células de la PR con divisiones anticlinales, banda de esclerénquima de la SR angosta y con pequeñas cavidades, tercera región (TR). C (40X): peridermis (PE), células del felógeno y felodermis con núcleos (flechas).

Rama 7 mm de diámetro (Fig. 12):

Peridermis con 7-8 estratos de células (Fig. 12B).

La PR se forma de 3-4 estratos, algunas de las células con pared gruesa. La banda de células de esclerénquima de la SR es más amplia y uniforme, debajo de ésta se observan células de parénquima de mayor tamaño que las de la región anterior que interrumpen la hilera de cavidades de la TR, entre ellos o debajo se encuentran áreas de células colapsadas. En la región del floema los radios, llegan hasta la zona de las células colapsadas de la TR; éstos se dilatan ampliamente hacia el córtex (Fig. 12C), pero otros siguen un curso más o menos recto. Se forman 4-5 hileras horizontales de paquetes de fibras, las cuales son más amplias en la base y angostas hacia los extremos distales de los radios.

El agujón no presenta cambios en forma y contenidos de las células; en su base se distingue una peridermis con 4-5 estratos de células de felodermis. En el córtex se aprecian diferencias con respecto a las zonas que no están asociadas con los agujones; células de esclerénquima solitarias o en grupos, por debajo de ellas las cavidades están más dispersas y separadas por células de parénquima, algunas de éstas se colapsan; a nivel del floema, los radios pueden presentar mayor dilatación (Fig. 12A).

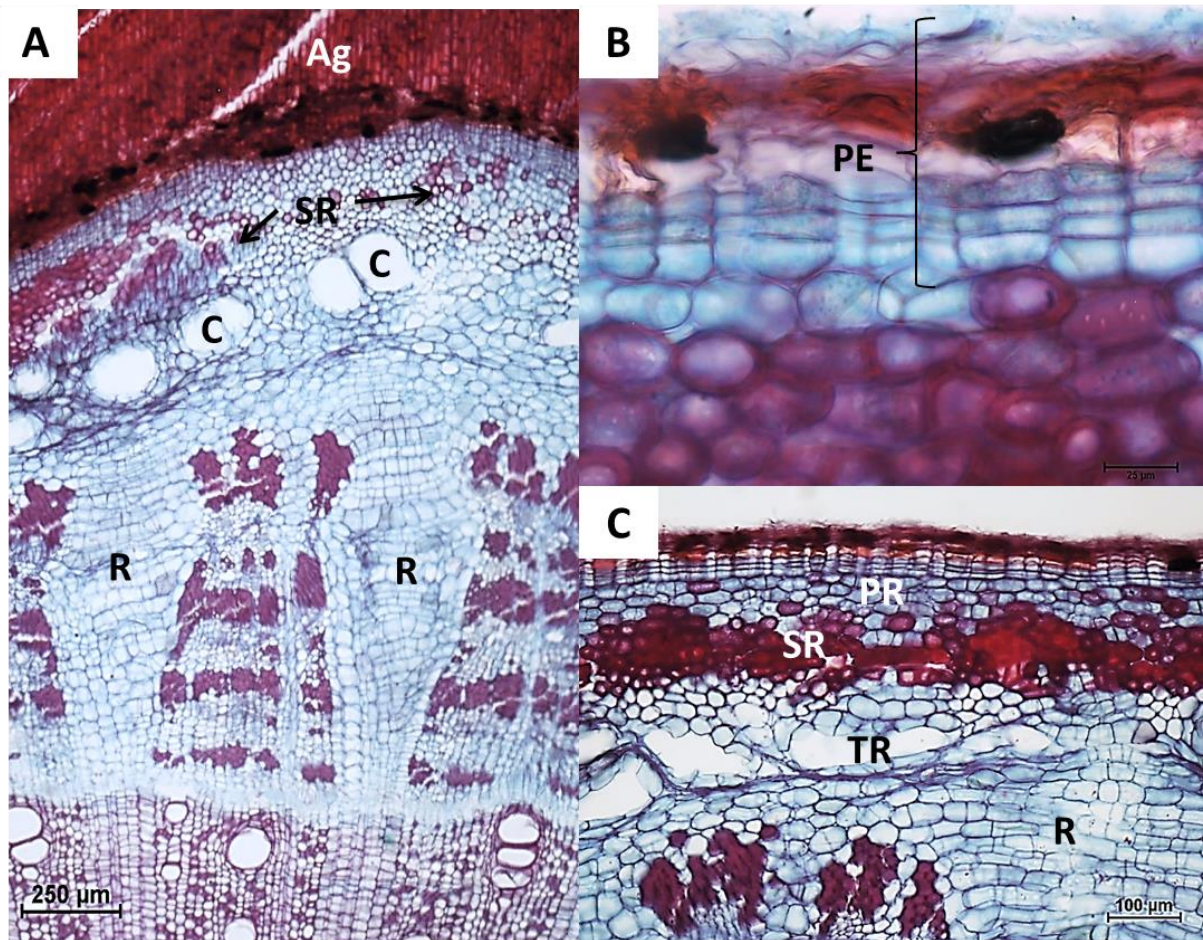


Figura 12. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 7 mm. A (4X): vista general. Aguijón (Ag), células de esclerenquima (SR) solitarias o en grupos, cavidades (C) de la TR dispersas, radios (R) con mayor dilatación que en la zona sin aguijón. B (40X): peridermis (PE). C (10X): regiones del córtex. PR con células esclerosadas, SR amplia y uniforme, cavidades de la TR, radios (R) dilatándose ampliamente hacia el córtex.

Rama 1.0 cm de diámetro (Fig. 13):

Peridermis con 9-10 estratos de células (Fig.13 B).

En el córtex la PR con 7-8 estratos de células con escasas divisiones anticlinales. En la SR la banda de células de esclerenquima es menos evidente y rodea en parte a algunas cavidades de menor tamaño; como en el diámetro de 6 mm. En la TR las caviades forman 1-2 hileras (Fig. 13 C).

En el floema se han formado 5-6 filas horizontales de paquetes de fibras. En los extremos laterales de los radios empiezan a desarrollarse hileras de células esclerosadas, escasas células de parénquima se colapsan (Fig. 13 A).

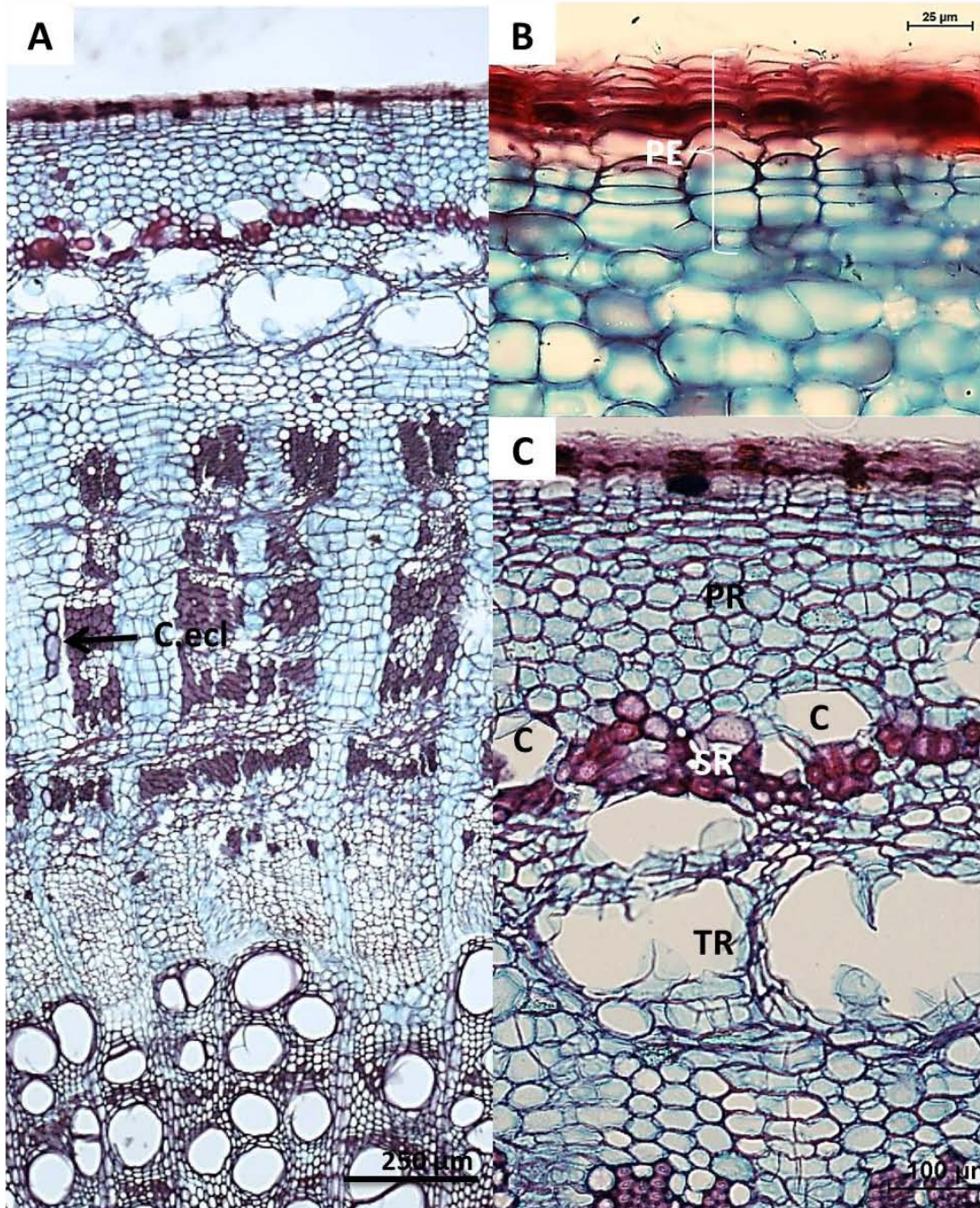


Figura 13. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 1.0 cm. A (4X): vista general. Células esclerosadas (C. ecl). B (40X): peridermis (PE). C (10X): regiones del córtex. Células de la PR con divisiones anticlinales, banda de esclerénquima de la SR poco evidente, cavidades de la TR .

Rama 1.2 cm de diámetro (Fig. 14):

La peridermis se hace más amplia, con 11-12 estratos de células (Fig. 14 B).

En el córtex las células de esclerénquima de la SR se encuentran solitarias o en pequeños grupos. La TR ha aumentado su amplitud, las cavidades se encuentran más dispersos y con diferente grado de desarrollo, inmersos en una matriz de parénquima. En el floema los radios continúan expandiéndose hacia la zona del córtex; algunos llegan a las cavidades más internas (Fig. 14A).

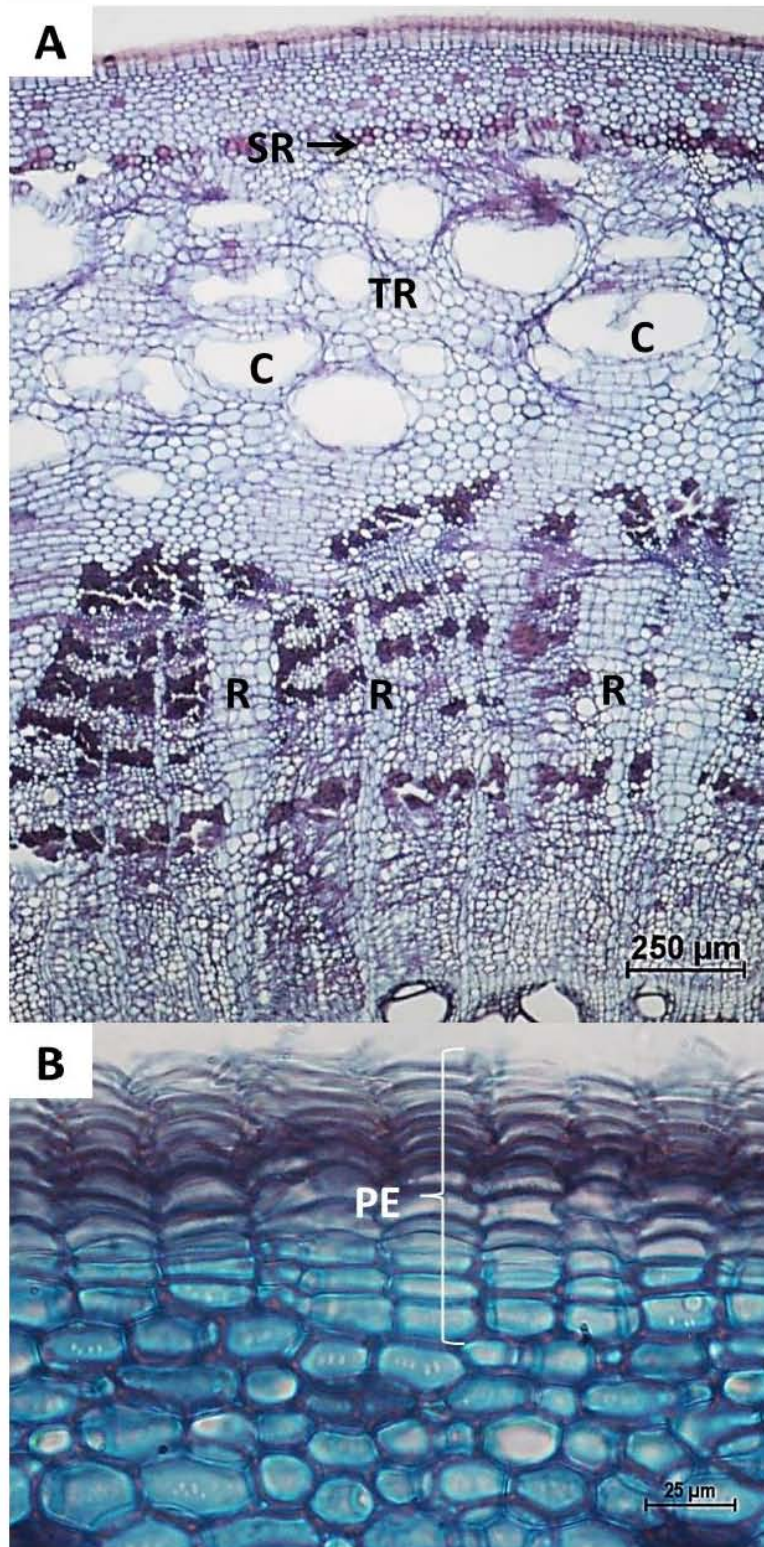


Figura 14. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 1.2 cm. A (4X): vista general. Regiones del córtex. células de esclerénquima de la SR solitarias o en grupos pequeños, TR amplia, cavidades (C) dispersas de diferente tamaño. B (40X): peridermis (PE).

Rama 1.6 cm de diámetro (Fig. 15):

Peridermis sin cambios.

En el córtex la PR con 3-4 estratos de células, en algunos individuos puede aumentar la cantidad de células de esclerénquima y formar una banda continua en la SR; en estos casos las pequeñas cavidades se encuentran completamente inmersos en dicha banda. Por debajo (en la TR) se forma de 2 hileras de caviades que se alargan tangencialmente.

En el floema se ha formado la sexta hilera horizontal de paquetes de fibras. Los radios continúan dilatándose hacia la periferia. La cantidad de células esclerosadas que se encuentran en los extremos laterales de los radios forman filas radiales (Fig. 15 A).

Por debajo del agujijón, en la SR se observan células de esclerénquima aisladas o en grupos, éstas pueden rodear a las caviades más externas. La TR aumenta en amplitud, esto es, existe mayor cantidad de parénquima y de caviades (Fig.15 B).

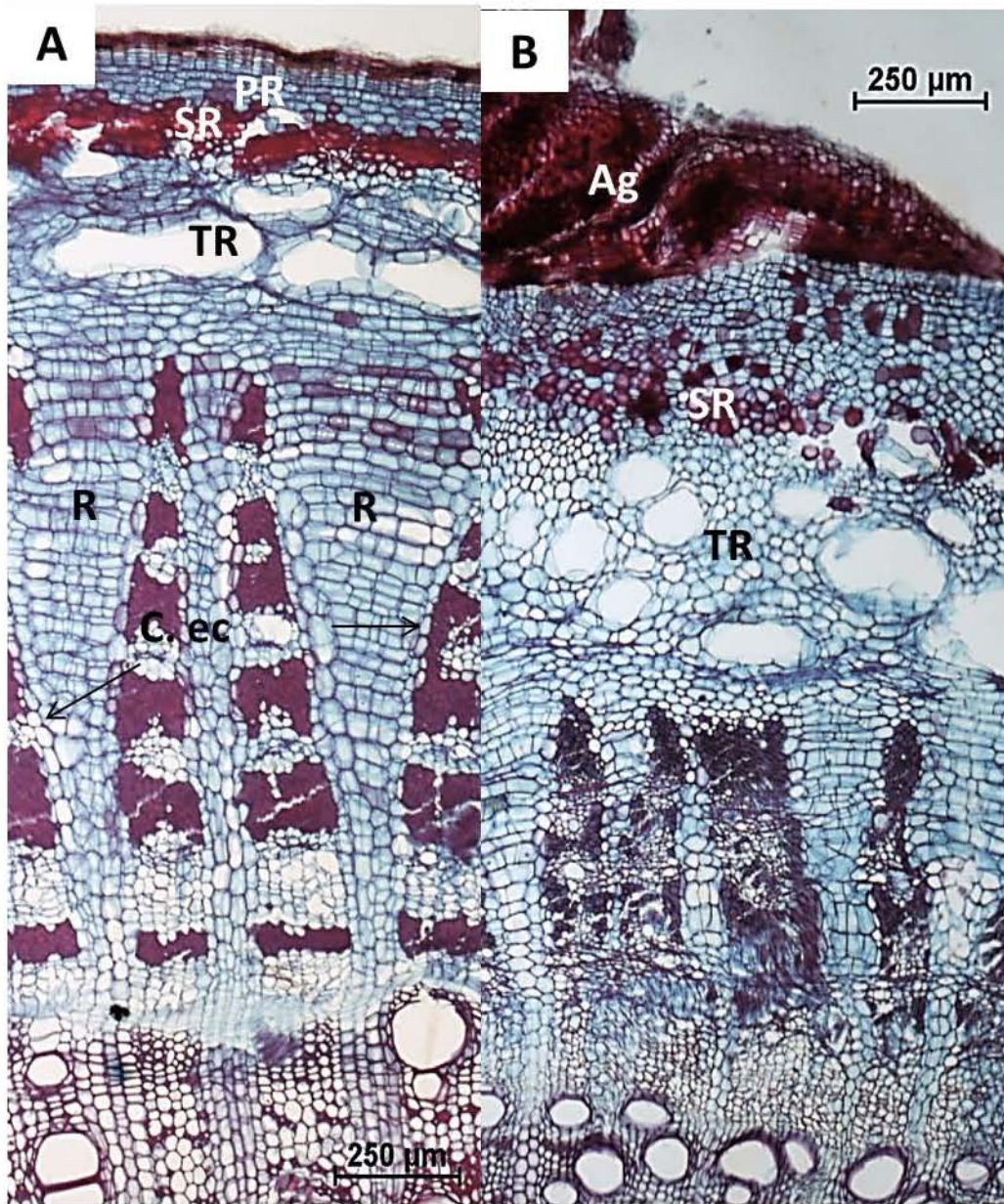


Figura 15. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 1.6 cm. A (4X): vista general. Regiones del córtex en la zona sin aguijón: PR con células de esclerénquima, banda continua (SR) con pequeñas cavidades, hileras de cavidades en la TR, radios (R) dilatados, filas radiales de células esclerosadas (C. ecl). B (4X): aguijón (Ag), células de esclerénquima (SR) aisladas o en grupos, TR amplia con gran cantidad de cavidades.

Rama 2.0 cm de diámetro (Fig. 16):

Peridermis con 13-14 estratos de células (Fig. 16 B).

En el córtex la PR con 9-10 estratos de células, la mayoría con divisiones anticlinales; algunas esclerosadas. La cantidad de canales de la TR ha disminuido notoriamente, debido a que los radios se han dilatado hasta la banda de esclereidas (SR) (Fig. 16 A). En el floema se han formado nueve hileras horizontales de paquetes de fibras.

En el aguijón se observa una clara estratificación, las células de felógeno se alargan radialmente formando una banda, dando origen de 2-3 peridermis, debajo de la más interna se encuentran de 4-5 estratos de células de felodermis, enseguida la banda de células de esclerénquima que constituyen la SR es sinuosa y continua, rodea en su totalidad algunas de las caviades más externas de la TR. La TR ha disminuido su amplitud, con caviades que se alargan tangencialmente y células de parénquima que los separan (Fig. 16C).

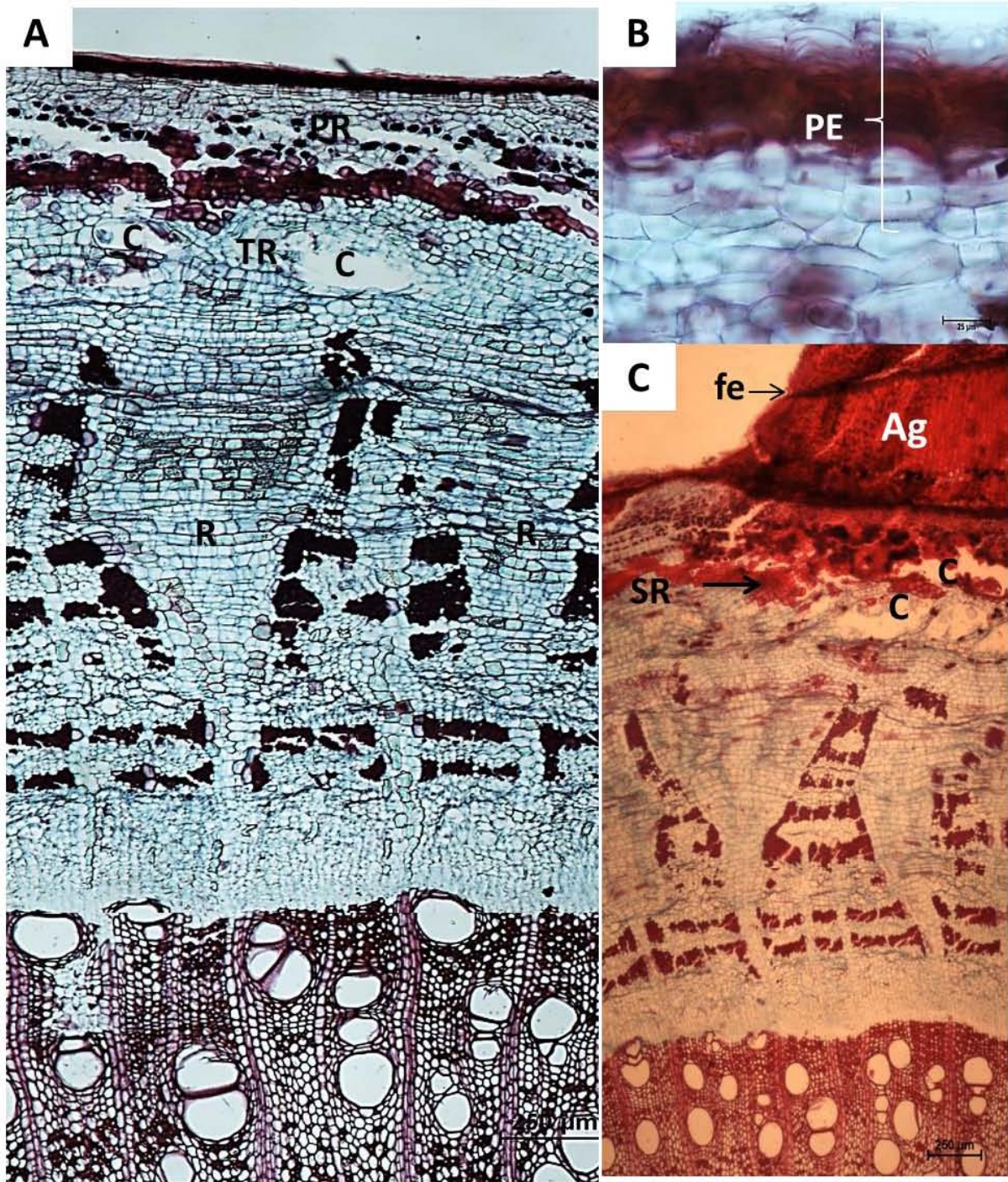


Figura 16. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 2.0 cm. A (4X): vista general. Regiones del córtex: en la PR algunas células con divisiones anticlinales y otras esclerosadas, escasas cavidades en la TR. B (40X): peridermis (PE). C (4X): agujón (Ag), banda de felógeno (fe), SR sinuosa y continua, algunas cavidades (C) de la TR.

Rama 2.8 cm de diámetro (Fig. 17):

En la SR/TR del córtex, por debajo del agujón, las células de esclereidas no rodean a las cavidades de la TR.

En el floema se presentan 10 hileras horizontales de paquetes de fibras. El ensanchamiento de los radios disminuye en su extremo distal y las células de pared gruesa que se encuentran en los extremos laterales de éstos han aumentado en número para formar hileras más largas.

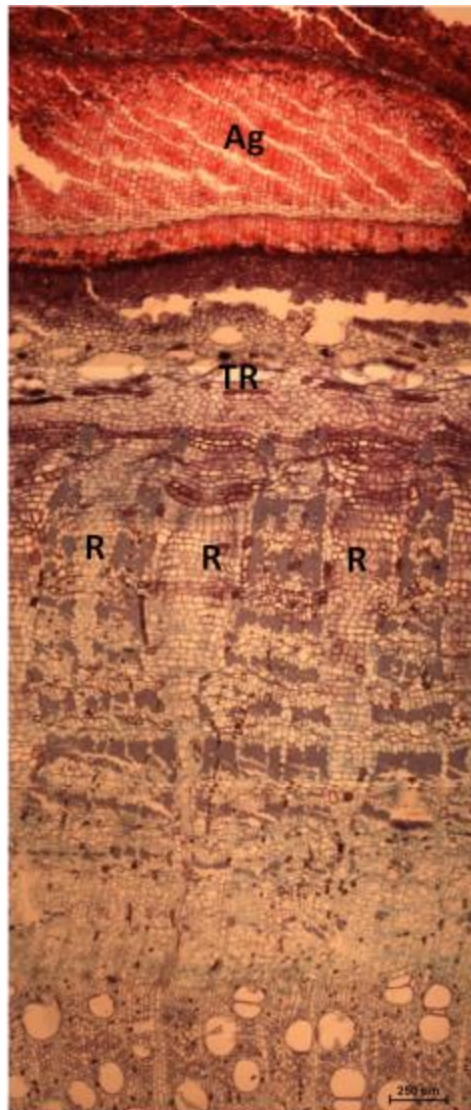


Figura 17. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 2.8 cm. A (4X): vista general. Agujón (Ag) estratificado, regiones del córtex SR y TR , radios (R) con células esclerosadas.

Rama 4.4 cm de diámetro (Fig. 18):

Peridermis formada por 17-18 estratos.

En el córtex, la zona donde no se presenta aguijón la TR presenta grupos de esclereidas.

Por debajo de la zona del aguijón el córtex es más amplio con 15-16 estratos celulares, con mayor contenido de taninos, drusas y cristales prismáticos. En la SR se forman grupos de esclereidas. La TR sin cavidades, debido a la dilación de los radios floemáticos (Fig. 18 B).

En el floema se reconocen once hileras horizontales de paquetes de fibras. Los radios presentan varios grados de dilatación, los que no se dilatan tienen un curso irregular; algunas de sus células tienen taninos, drusas; también se forman paquetes de esclereidas (Fig. 18 A).

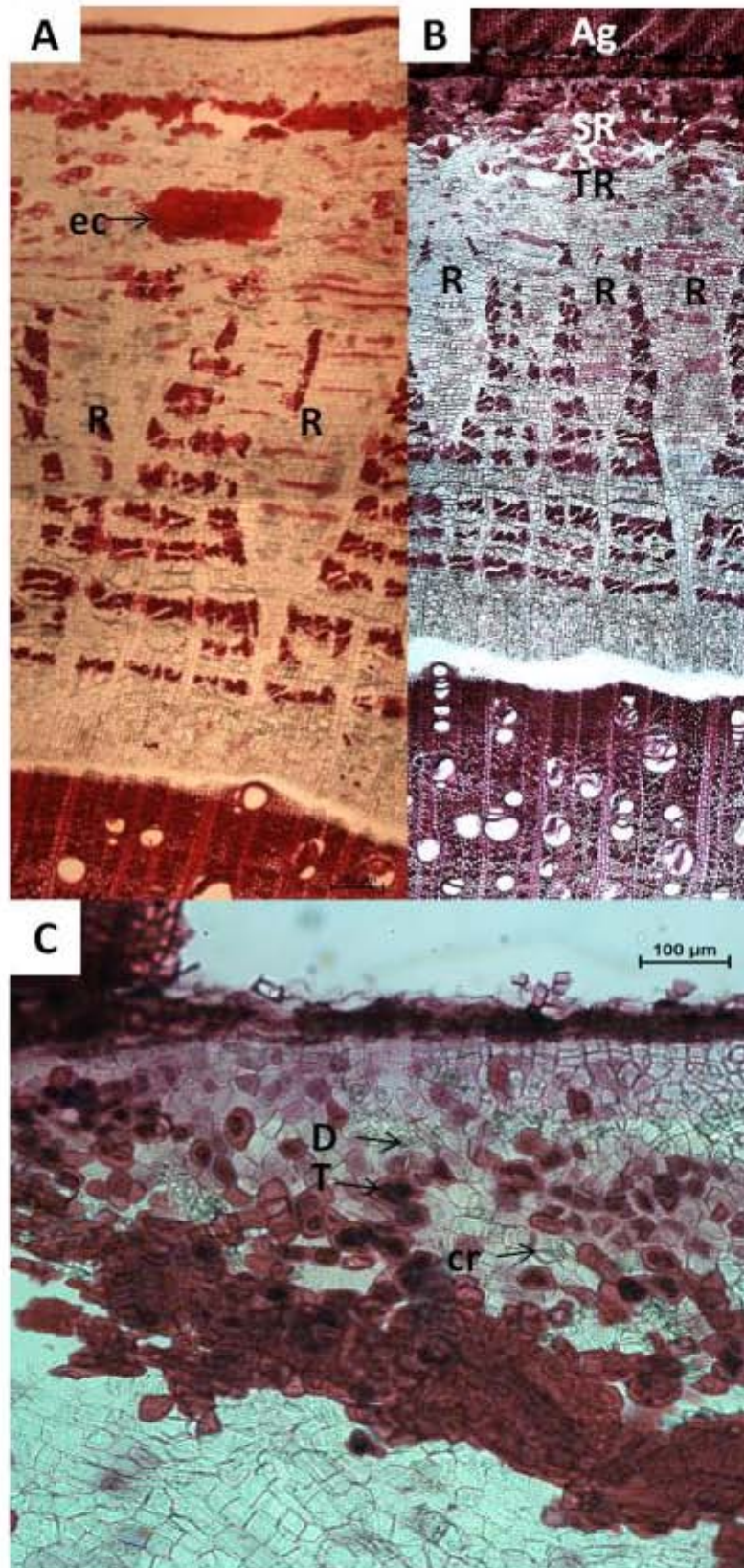


Figura 18. Corte transversal de rama de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 4.4 cm. A (4X): vista general. Regiones del córtex en la zona sin aguijón. Grupos de esclereidas (ec), radios (R) dilatados. B (4X): aguijón (Ag), SR amplia, TR sin canales, radios (R) irregulares. C (10X): zona del córtex con drusas (D), taninos (T) y cristales prismáticos (cr).

Tronco 9 cm de diámetro (Fig. 19):

La peridermis se forma de 15-16 estratos de células, en algunas zonas difícilmente se distingue el córtex, frecuentemente en la PR escasas células de parénquima de pared delgada se entremezclan con abundantes células de esclerénquima (Fig. 19 B). Por debajo del agujón en la zona cortical, las células de parénquima son de pared delgada con taninos, seguidas hacia el interior de escasas cavidades. Radios con gran cantidad de taninos y células esclerosadas (Fig. 19 A).

En el floema se han formado de 13-14 hileras de paquetes de fibras, las más externas se encuentran colapsadas. A partir de la mitad de sus extremos distales, los radios dilatados muestran en su mayoría células con diferentes grados de esclerosamiento.

En el agujón con 6-7 estratos.

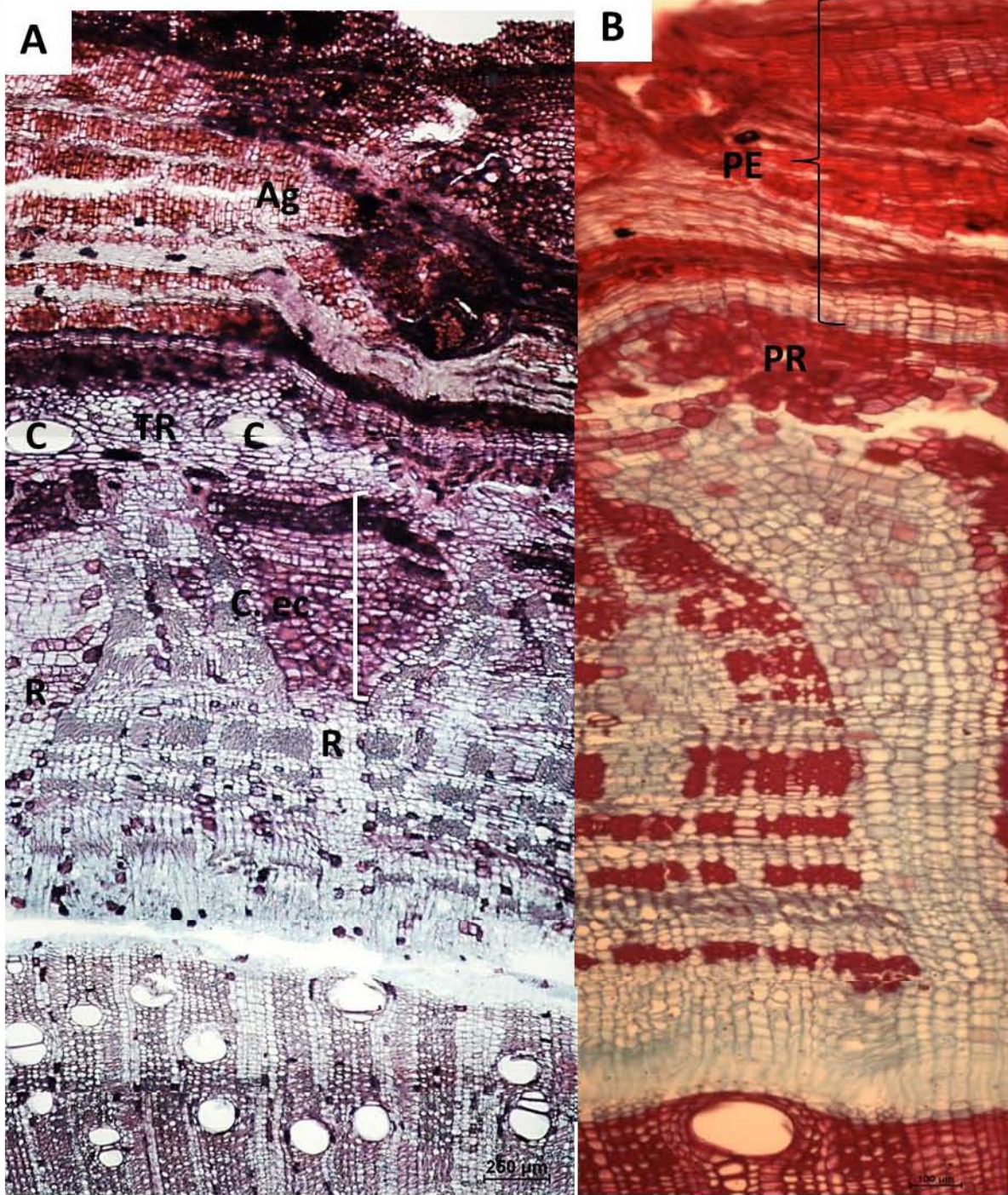


Figura 19 . Corte transversal tronco principal de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 9.0 cm. A (4X): vista general. Agujón (Ag), escasas cavidades en la TR, radios (R) con taninos y células esclerosadas (C. ec). B (10X): peridermis (PE), células de la PR esclerificadas.

Tronco 92 cm de diámetro (Fig. 20):

Peridermis 18-20 estratos de células.

La PR con pocas células de parénquima de pared delgada y con 12-13 estratos de células esclerosadas que se alargan tangencialmente, con una gran cantidad de drusas ($50-60/\text{mm}^2$) y en menor proporción cristales prismáticos ($10-15/\text{mm}^2$); no se distinguen SR/TR (Fig. 20 B).

El floema se encuentra inmediatamente por debajo; los radios se ondulan y se prolongan más allá de los paquetes de fibras distales, encontrando su límite superior en la región cortical, contienen varios grupos de esclereidas, drusas y en menor cantidad cristales y taninos. Se forman 37-38 hileras de paquetes de fibras.

El aguijón con formación de 11-12 estratos, algunas células tienen contenidos oscuros que llegan a ocupar la totalidad de sus lúmenes. Debajo de la peridermis a nivel del córtex existen esclereidas, que colindan hacia el interior con células de pared delgada que se alargan tangencialmente, con taninos, drusas y en algunas áreas grupos de esclereidas (Fig. 20 A).

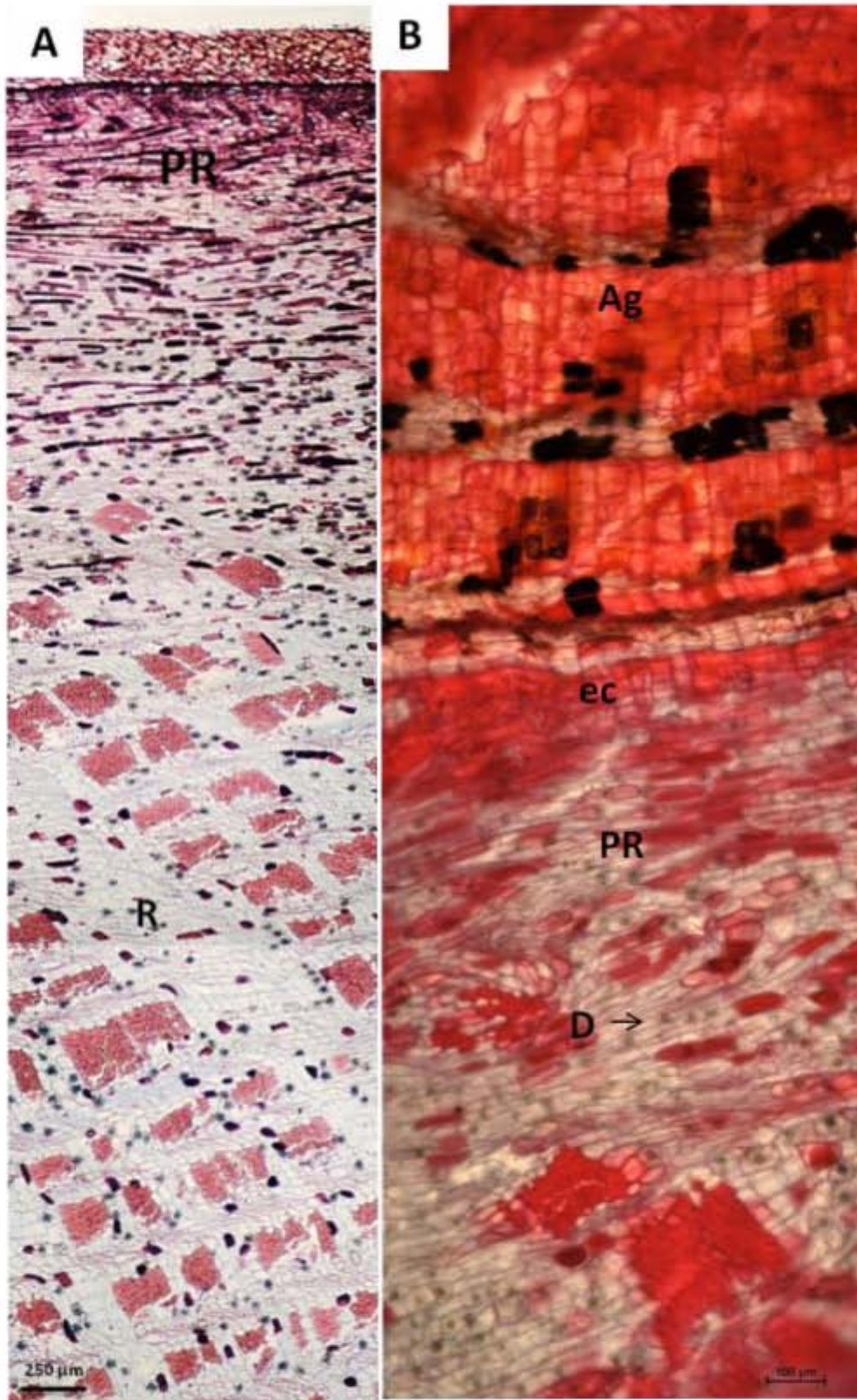


Figura 20. Corte transversal tronco principal de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 92 cm. A (4X): vista general. PR con células esclerosadas, radios (R) ondulados. B (10X): aguijón (Ag) con contenidos oscuros, PR con gran cantidad de células esclerosadas (ec), drusas (D).

Plántulas de *Ceiba aesculifolia*

Debido a que en ningún caso se obtuvieron ramas menores a 3 mm de diámetro en los individuos adultos, éstas sólo se pudieron comparar con la base del tallo de las plántulas (base del hipocótilo), en el nivel de los 3 mm. La diferencia más sobresaliente se observa en la presencia/ausencia de esclerénquima en la segunda región (SR) del córtex: el hipocótilo muestra una banda bien desarrollada de esclerénquima; en contraste, la rama no la ha formado aún.

A continuación se detallan las características de la zona cortical/corteza de las plántulas a diferentes niveles; desde el epicótilo (1 mm de diámetro) hasta el hipocótilo (con 3 mm).

En el primer diámetro (1 mm; Fig. 21) se observa la presencia de una epidermis con células que se alargan tangencialmente y entre ellas existen células de mayor tamaño, de forma redonda que interrumpen o levantan algunas de las células de la epidermis. Por debajo se aprecia una hipodermis con células más alargadas rectangularmente que las de la epidermis. Subepidérmicamente se desarrolla una peridermis con 7 estratos de células (Fig. 21 B). En este diámetro ya se encuentran desarrolladas las tres regiones del córtex, la más externa (PR) compuesta por células de parénquima con 2-3 estratos, la forma de las células es redonda-ovalada y tienen paredes delgadas. Enseguida la SR se compone de células de colénquima; mientras que TR está formada por una hilera de canales con células epiteliales de forma redonda-ovalada; separados por células de parénquima (Fig. 21A).

El tejido vascular forma un cilindro continuo. En el floema existe una banda periférica de esclerénquima más o menos continua, que generalmente se interrumpe por la salida de los radios; éstos están poco desarrollados, tienen un curso recto y aún no se han dilatado. Los elementos de tubo criboso (ETC) son angulosos de forma irregular, se distribuyen en bandas

radiales; son solitarios o en grupos de 3-5, con 2-3(1) células acompañantes laterales (Fig. 21C).

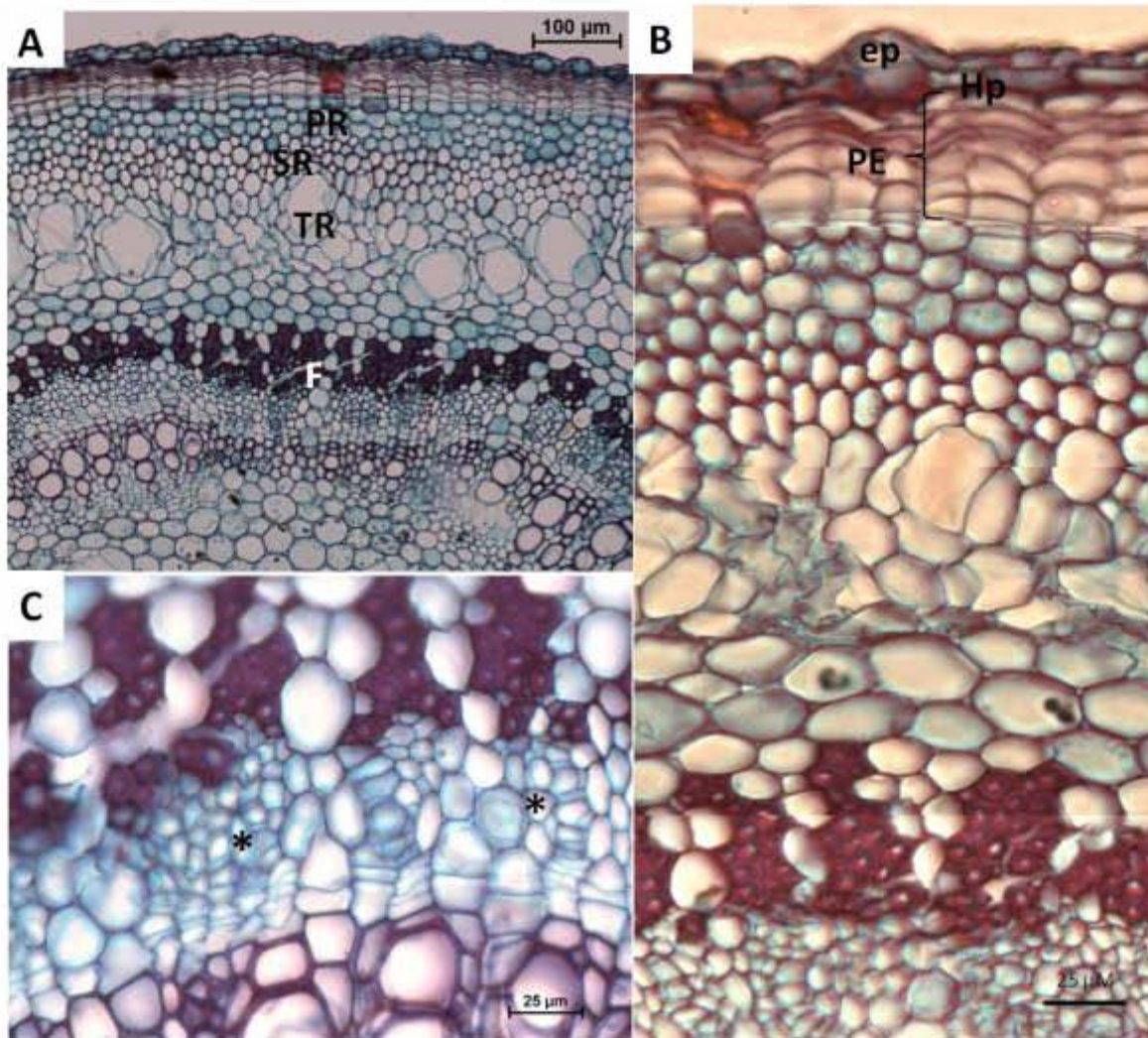


Figura 21. Corte transversal de la Plántula de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 1 mm. A (4X): vista general. Regiones del córtex: células de la PR, células de colénquima de la SR, canales de la TR, floema (F) con una banda de esclerénquima. B (40X): células de la epidermis (ep) alargadas tangencialmente, hipodermis (Hp), peridermis (PE). C (40X): asteriscos-ETC.

Para el siguiente diámetro (2 mm; Fig. 22). La epidermis y peridermis sin cambios (Fig. 22 B). En la SR algunas células de esclerenquima comienzan a desarrollarse. En la TR hay más zonas de células colapsadas entre los canales. En el floema se desarrolla una segunda hilera de paquetes de fibras en la zona más interna, que es interrumpida por los radios floemáticos, algunos de éstos son más anchos (Fig. 22 A).

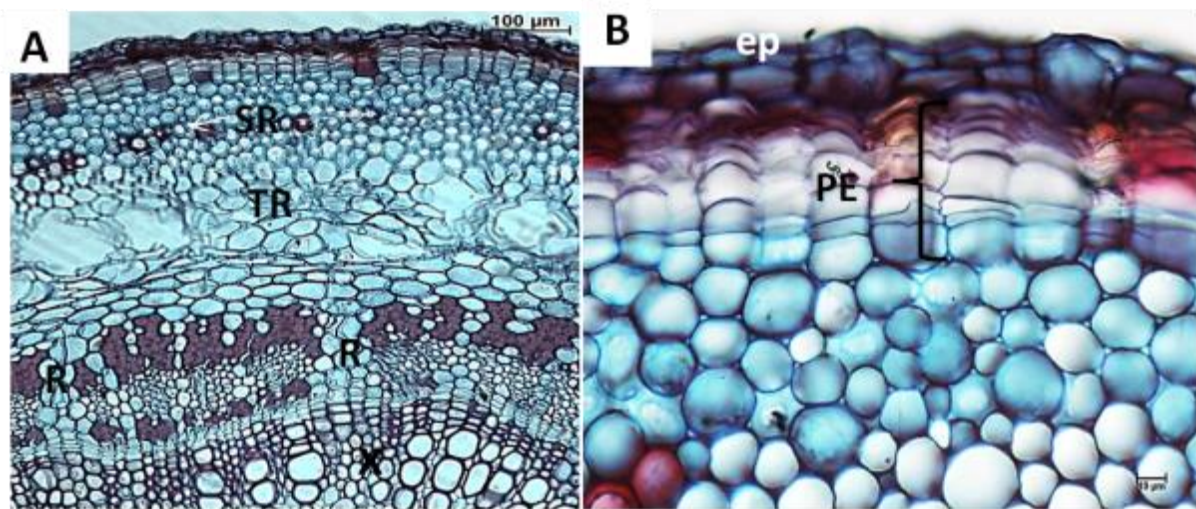


Figura 22. Corte transversal de la Plántula de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 2 mm. A (4X) vista general. Escasas células de esclerenquima de la SR, células de parénquima colapsadas en la TR, radios (R) comienzan a dilatarse. B (40X): epidermis (ep) y peridermis (PE).

En el diámetro 2.5 mm (Fig. 23), las células de la epidermis e hipodermis se alargan más tangencialmente (Fig. 23 B). La cantidad de canales y las áreas de células colapsadas de la TR ha disminuido. En el floema se comienza a desarrollar la tercera hilera de paquetes de fibras y los radios se dilatan hacia la periferia (Fig.23 A).

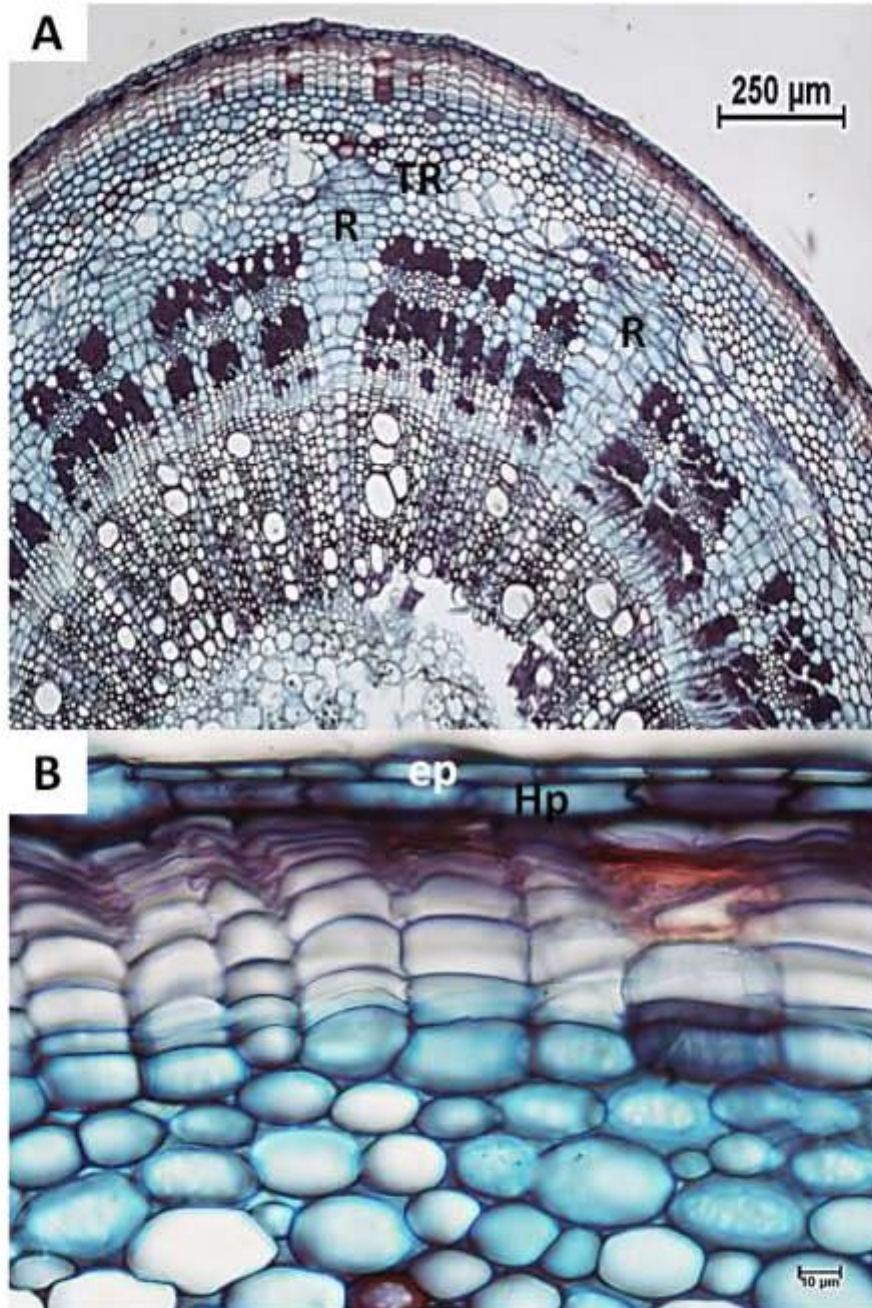


Figura 23. Corte transversal de la Plántula de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 2.5 mm. A (4X): vista general. Canales de la TR, radios (R) dilatados. B (40X): células de la epidermis (ep) y peridermis (PE).alargadas tangencialmente

En el diámetro de 3 mm, que corresponde a la base del eje (hipocótilo; Fig. 24), la epidermis todavía se encuentra presente y por debajo la peridermis, como diámetros menores (Fig. 24 B). La PR tiene 3-4 estratos de células de parénquima, algunas con divisiones anticlinales y otras con taninos. En la SR la banda de células de esclerénquima es continua, excepto en los

sitios donde sale un agujón. En la TR algunas de las cavidades se colapsan y otras se alargan tangencialmente. En el floema, los radios muestran mayor dilatación hacia la periferia, por lo que se aprecian de forma triangular (Fig. 24 C).

El agujón es pequeño y se encuentra cubierto por la epidermis. En su base se distingue que la peridermis está formada por 4-5 estratos de células alargadas tangencialmente que se apilan radialmente; en el felema (que forma el cuerpo del agujón) las células se alargan radialmente, proyectándose hacia afuera y empujando a la epidermis, que todavía lo cubre. En la SR, la continuidad de la banda de células de esclerénquima, se interrumpe y en la TR se observan canales en grupo y de forma redonda (Fig. 24 A).

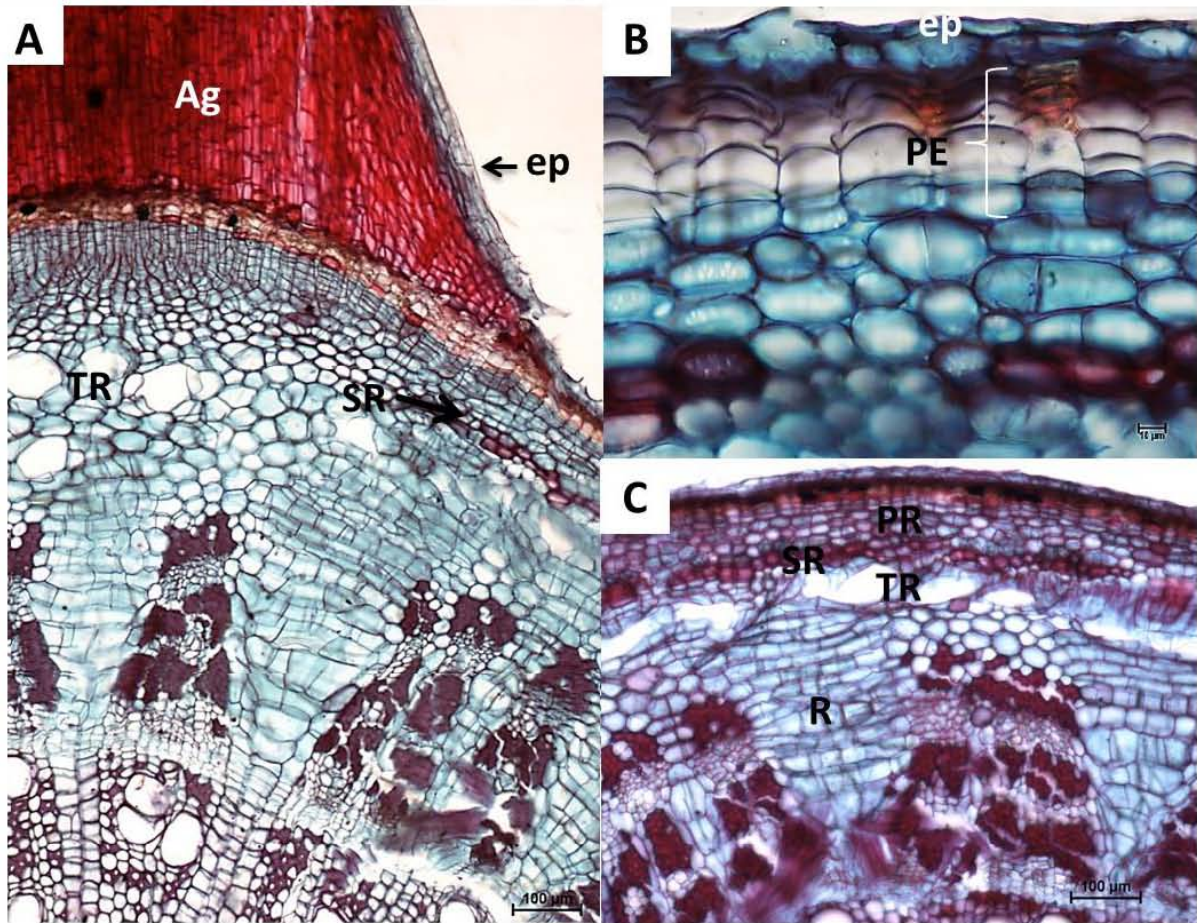


Figura 24. Corte transversal de la Plántula de *Ceiba aesculifolia*. Diámetro 3 mm. A (4X): vista general. Aguijón (Ag) cubierto por células de epidermis (ep), banda de esclerénquima de la SR se interrumpe, canales redondos en la TR. Regiones del córtex: banda de la SR se interrumpe, canales dispersos en la TR. B (40X): epidermis (ep) y peridermis (PE). C (10X): regiones del córtex: células de la PR, banda de esclerénquima de la SR continua, algunas cavidades de la TR alargadas tangencialmente, radios (R) con mayor dilatación.

Ceiba pentandra

Ápice 5 mm de diámetro (Fig.25):

En corte transversal del ápice la cutícula es delgada, la epidermis presenta células de forma ovalada a redonda, con pared delgada, algunas células con divisiones anticlinales (Fig. 25C).

En el córtex se distinguen tres regiones, la primera (PR, subepidérmica) constituida de 2-3 estratos de células de parénquima, en la SR hay 5-6 estratos de colénquima angular; ambas regiones con drusas que ocupan la totalidad del lumen celular (Fig. 25 C). La tercera región (TR), está formada por células de parénquima, algunas con taninos y cavidades y canales redondos y dispersos (Fig. 25 B).

El cilindro vascular presenta 4 haces de tipo colateral, cada uno es de forma elíptica a redondeada (Fig. 25 A); los vasos xilemáticos se organizan radialmente formando pequeños cordones; el floema en cada paquete vascular muestra un casquete de células con paredes engrosadas.

La médula presenta células de parénquima de mayor tamaño que las del córtex, con taninos, cavidades, canales y drusas en menor cantidad.

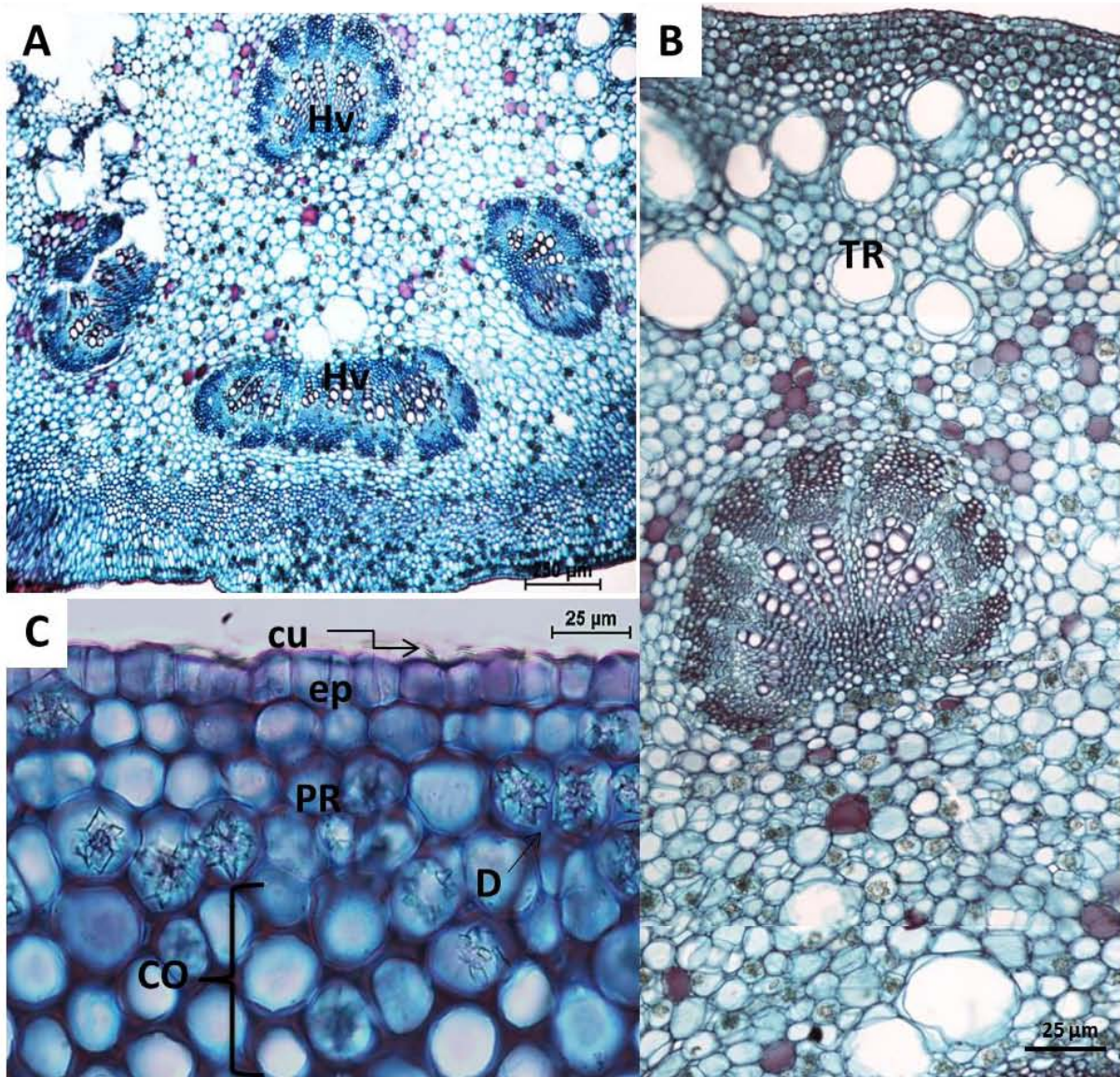


Figura 25. Corte transversal del ápice de *Ceiba pentandra*. Diámetro 5 mm. A (4X): vista general. Haces vasculares (Hv). B (10X): cavidades y canales dispersos de la TR. C(40X): cutícula (cu), epidermis (ep) con divisiones anticlinales, células de parénquima de la PR, colénquima angular (SR), drusas (D).

Ramas 7 mm de diámetro (Fig. 26):

Sin cambios en la cutícula, las células de la epidermis ligeramente alargadas en dirección tangencial. En el córtex se encuentran tres regiones; la primera (PR) es una región subepidérmica constituida de 4-5 estratos de células de parénquima, con forma redonda-ovalada, pared delgada, algunas con divisiones anticlinales, el primer estrato de células con drusas y los dos siguientes con menor cantidad, también con algunos cristales prismáticos y taninos. La siguiente región (SR) con 3-4 estratos de células de esclerénquima de forma circular, más pequeñas que las de la primera región. En la tercera región (TR) se distinguen de 1-2 hileras de cavidades, alargadas tangencialmente, entre ellos células de parénquima de forma irregular algunas de ellas colapsadas (Fig. 26 B,C). Algunos radios floemáticos se dilatan ampliamente hacia la base de la TR colapsándola.

En el floema se han formado 3-4 hileras de paquetes de fibras, los más internos en desarrollo; varias células de parénquima del floema conductor (FC) con drusas (Fig. 26 A). Los ETC de forma redonda, angular o irregular, en bandas radiales, algunos solitarios o en grupos de 2-3, con una célula acompañante lateral al ETC (Fig. 26 D). Cambium vascular formado por 2-3 capas de células de forma rectangular que se apilan radialmente.

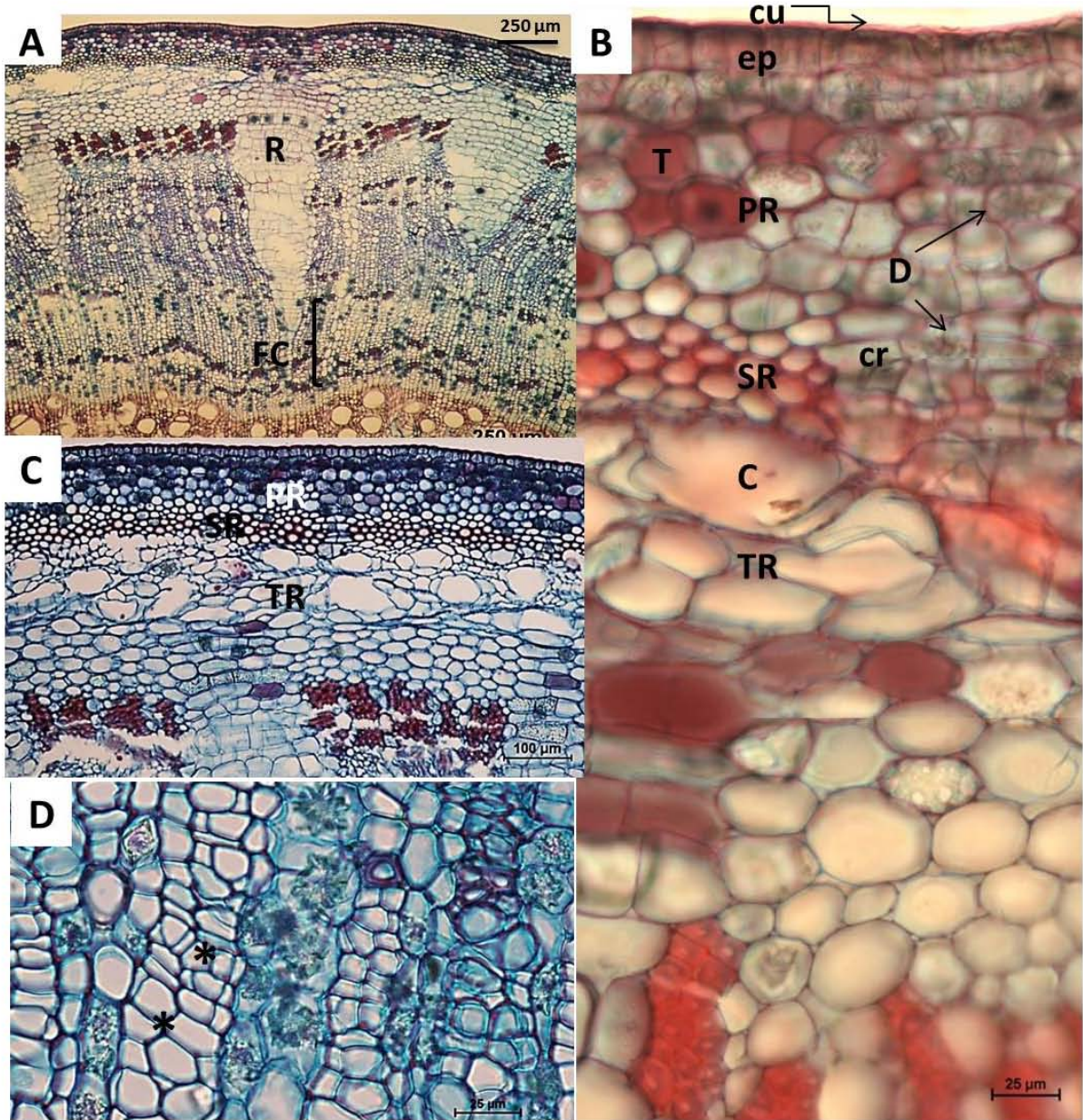


Figura 26. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 7 mm. A (4X): vista general. Floema conductor (FC) con drusas, radio (R) dilatado hacia la base de la TR. B (40X): cutícula (cu), células de la epidermis (ep) alargadas tangencialmente, células de la PR, drusas (D), cristal prismático (cr), tanino (T), células de esclerenquima de la SR, cavidades (C) de la TR. C (10X): regiones del córtex: primera región (PR), segunda región (SR), tercera región (TR). D (40X): asteriscos- elementos del tubo criboso (ETC).

Ramas 1.1 cm de diámetro (Fig. 27):

Algunas zonas con cutícula y epidermis (Fig. 27 C) y otras además con parches de peridermis con 10-11 estratos (Fig. 27 D).

En el córtex la PR con 5-6 estratos de células de parénquima. En la SR la banda de células de esclerénquima es más sinuosa, algunas rodean la parte externa de las cavidades de la TR. La TR aumenta su amplitud, con pocas cavidades dispersas, de forma redondeada (Fig. A, B).

En el floema se han formado de 4-5 paquetes de fibras que se colapsan. Los radios son estrechos y de curso sinuoso, con varias células colapsadas; algunos radios se abren de forma irregular hacia la peridermis, alcanzando hasta la PR (Fig. 27 A). En el FC se observa menor cantidad de drusas que en el de diámetros más angostos.

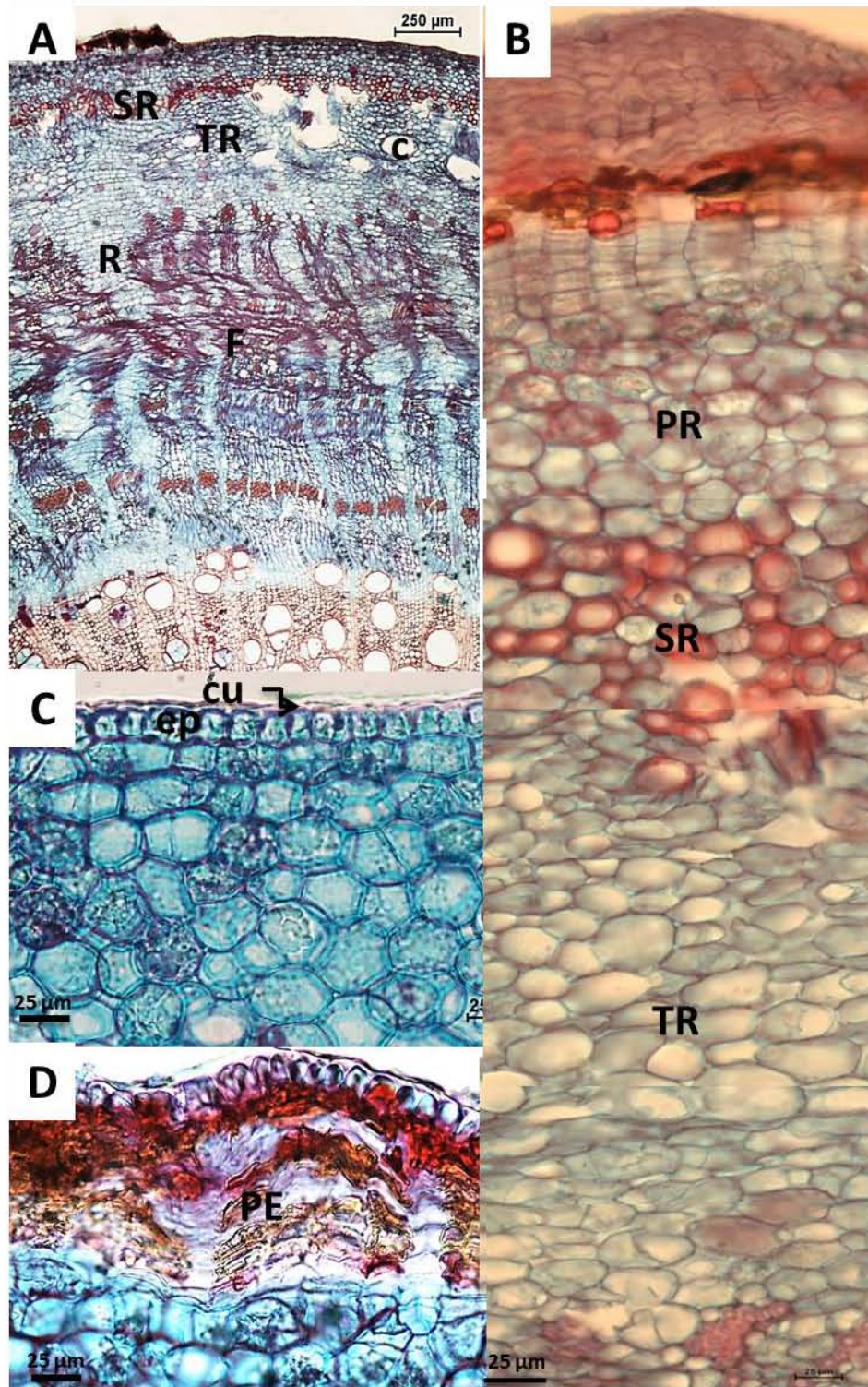


Figura 27. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 1.1 cm. A (4X): vista general. Banda de esclerénquima de la SR sinuosa, TR amplia con pocas cavidades (C), radios (R) estrechos, fibras del floema (F) colapsadas. B (40X): regiones del córtex. C (40X): cutícula (cu) y epidermis (ep). D (40X): peridermis (PE).

Ramas 1.2 cm de diámetro (Fig. 28):

Se aprecian similitudes con el diámetro anterior, pero los parches de peridermis tienen mayor número de estratos.

En la SR del córtex, existe mayor cantidad de células de esclerénquima, algunas con cristales prismáticos y otras con taninos (Fig. 28 B). La TR con abundantes cavidades dispersas de forma redonda, algunos rodeados de células de esclerénquima, no se aprecian células de parénquima colapsadas (Fig. 28 A).

En el floema se han formado 6-7 hileras paquetes de fibras; los externos más evidentes debido a que se observan más compactados entre ellos dando la apariencia de organizarse en filas radiales. Los radios con algunas células esclerosadas y otras con taninos. Sin drusas en el FC.

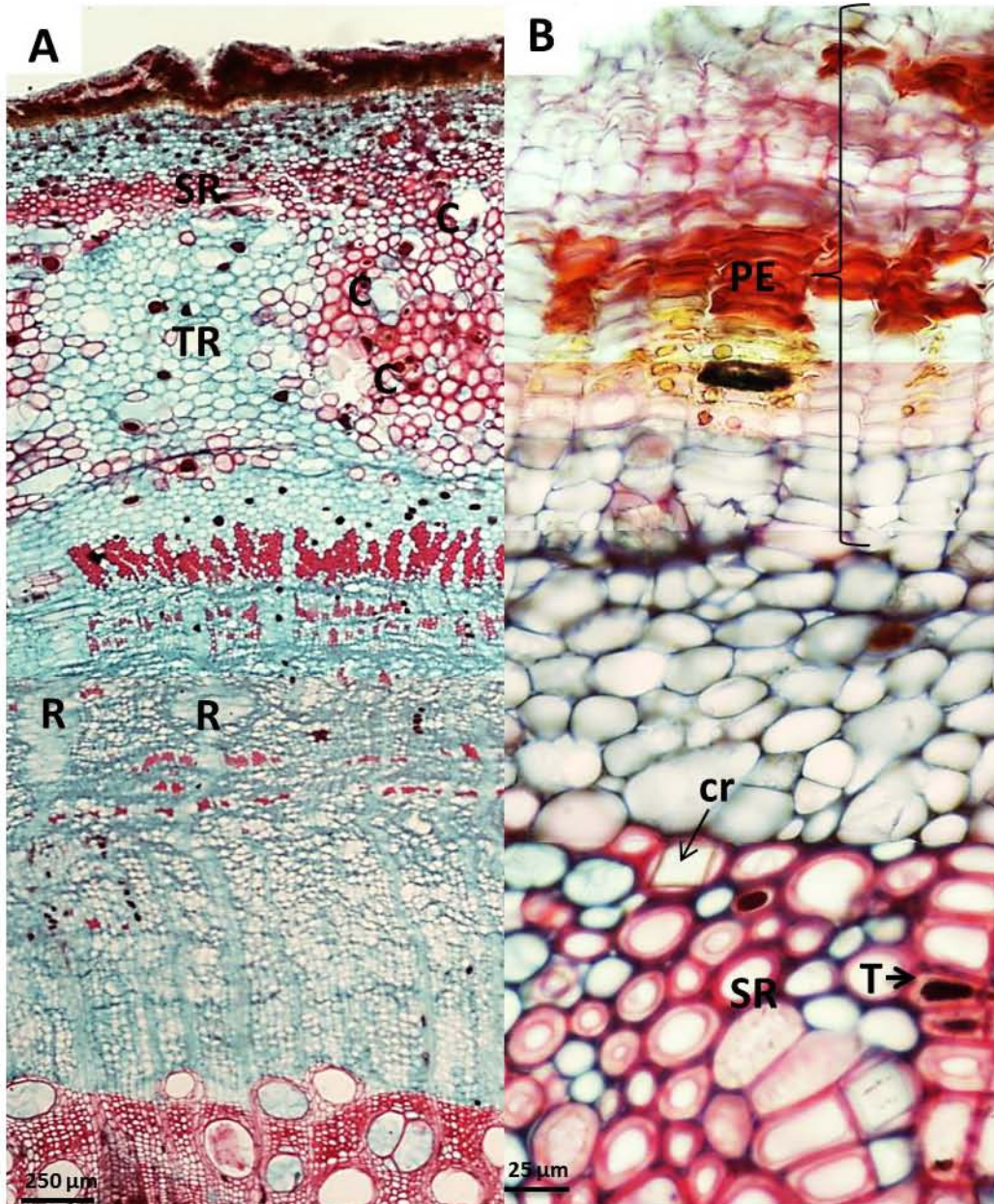


Figura 28. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 1.2 cm. A (4X): vista general. SR con gran cantidad de células de esclerénquima, TR con abundantes cavidades (C), radios (R). B (40X): peridermis (PE), cristal prismático (cr) y tanino (T) en la SR.

Ramas 1.4 cm de diámetro (Fig. 29):

Parches de peridermis con 13-14 estratos de células (Fig. 29 B).

La PR del córtex se forma de 6-7 estratos de células de parénquima con numerosas drusas. La SR sin cambios; en la TR se encuentran algunas esclereidas, menor cantidad de drusas y cristales (Fig. 29 C), algunas zonas de esta región comienzan a colapsarse cerca de las cavidades más internas debido a la dilatación de los radios floemáticos que llegan hasta esta zona.

En el floema se han formado de 12-13 hileras de paquetes de fibras. Los radios que están ligeramente dilatados se alternan con los que se dilatan irregularmente, en algunas de estas zonas las células del parénquima se colapsan y otras tienen sus paredes esclerosadas (Fig. 29 A).

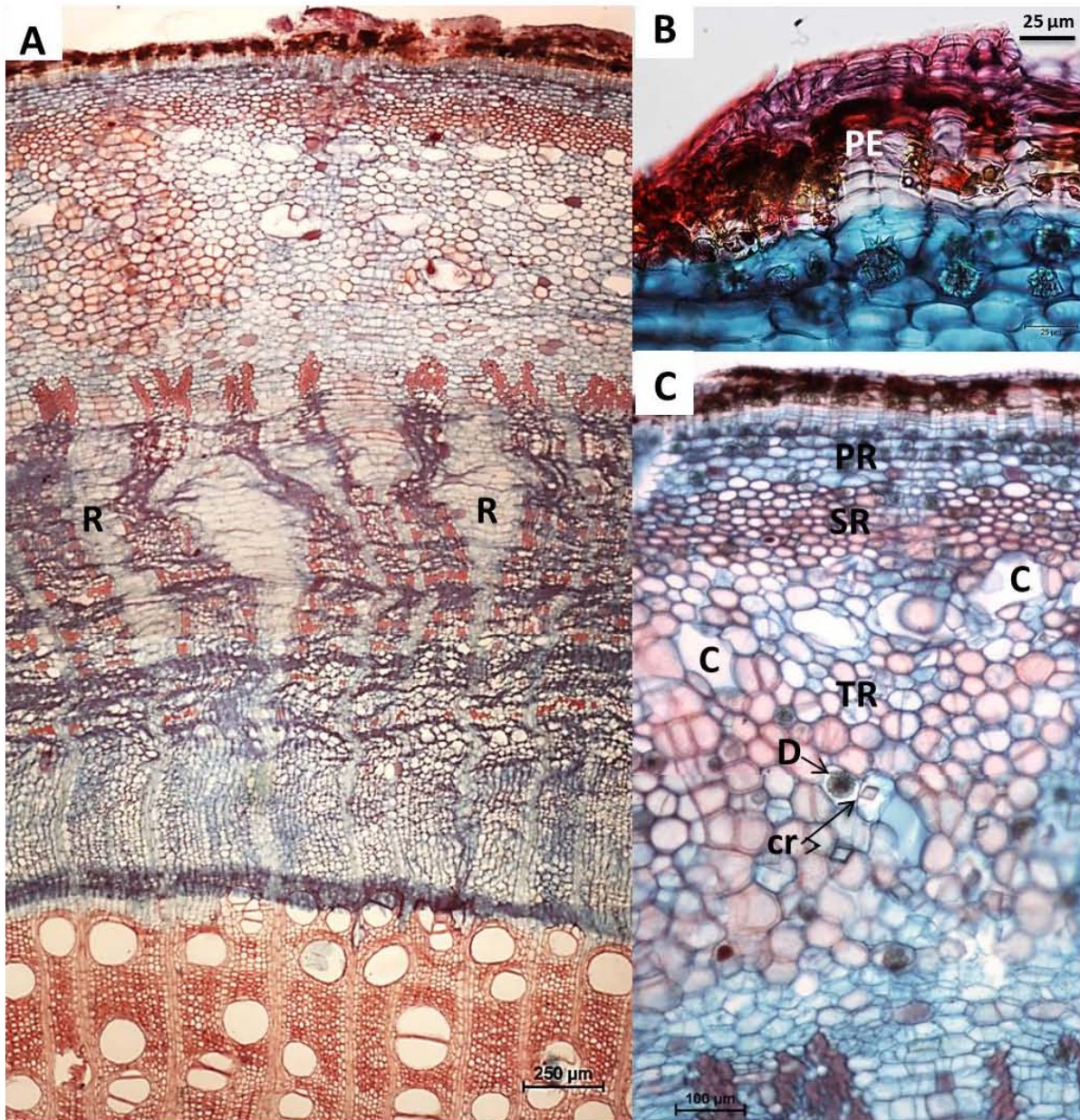


Figura 29. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 1.4 cm. A (4X): vista general. Radios (R) ligeramente e irregularmente dilatados. B (40X): peridermis (PE). C (10X): regiones del córtex: células de parénquima de la PR con varias drusas, células de esclerénquima de la SR, cristales prismáticos (cr), cavidades (C) y drusas (D) de la TR.

Ramas 1.5 cm de diámetro (Fig. 30):

En algunos casos se aprecia una epidermis, pero en otros solo existe peridermis. En el córtex también se observan diferencias entre ramas del mismo diámetro (Fig. 30A, B); en algunas ocasiones (Individuo A), las células de esclerénquima de la SR se encuentran solitarias o en grupos, mientras que la TR ha disminuido su amplitud y no existen canales o cavidades (Fig. 30A). En contraste, en otros individuos el esclerénquima de la SR forma una banda uniforme y continua y en la TR existen varias cavidades (Fig. 30 B). En el floema se han formado de 8-9 paquetes de fibras; los radios se dilatan de diversas formas, los que lo hacen de forma triangular hacia la periferia, los irregularmente dilatados y los que no se dilatan y que siguen un curso recto.

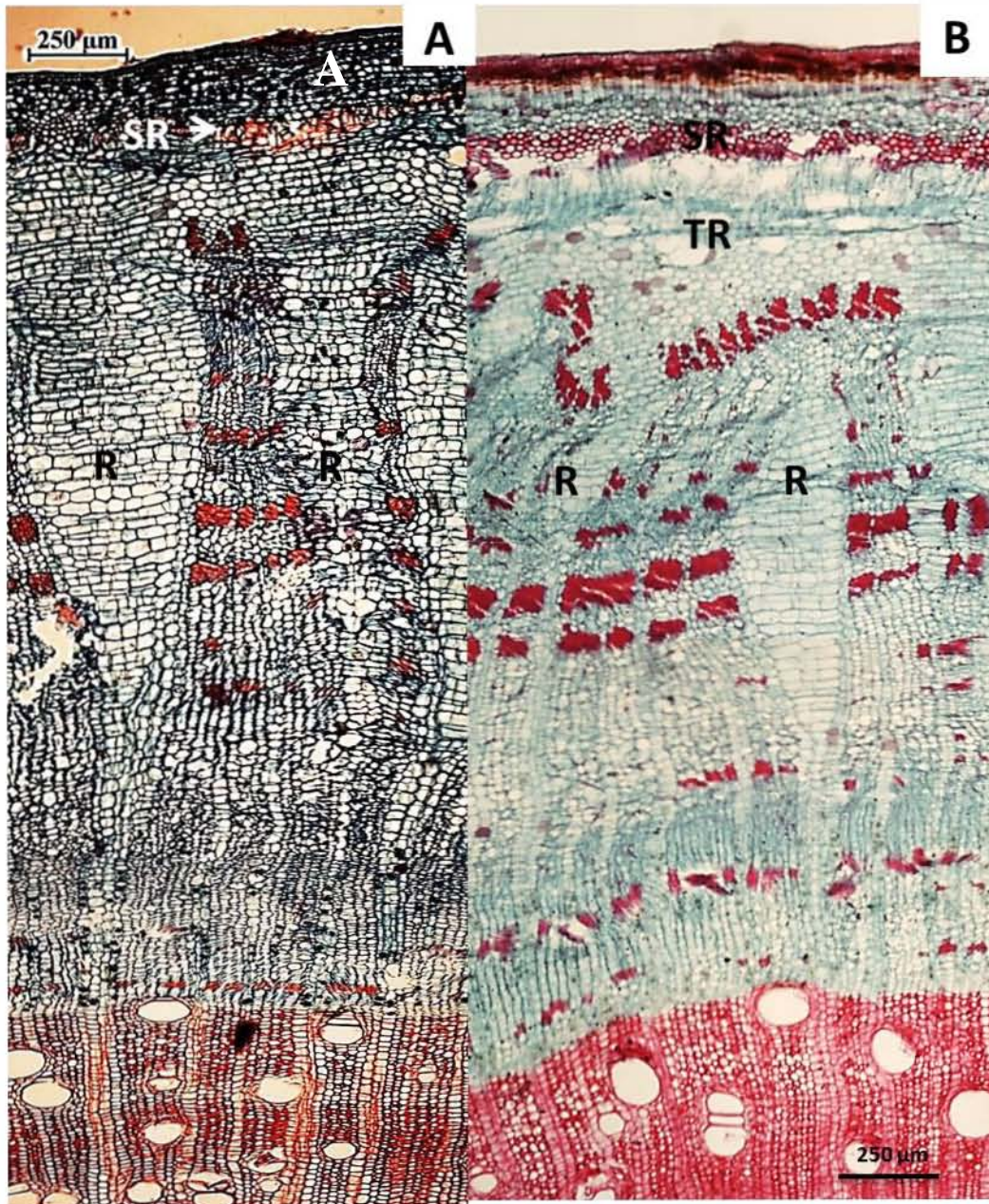


Figura 30. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 1.5 cm. A (4X): vista general. Individuo A: células de esclerénquima de la SR solitarias o en grupos, TR sin canales o cavidades, radios (R) dilatados. B (4X): vista general. Individuo B: banda de esclerénquima de la SR continua, TR con cavidades, radios (R) irregulares y no dilatados.

Ramas 1.7 cm de diámetro (Fig. 31):

Peridermis sin cambios.

La PR con 7-8 estratos de células parénquima, la mayoría con división anticlinal y varios taninos. En la SR se han formado algunas esclereidas y con algunas células contienen cristales prismáticos; por debajo se observan algunas zonas de células de parénquima que se colapsan. Debido a la dilatación de los radios floemáticos, la TR se puede colapsar (Individuo A), o las cavidades se encuentran en pequeños grupos (Fig. 31 C).

En el floema existen de 10-11 hileras de paquetes de fibras; con drusas en el FC.

El aguijón es una protuberancia de células de felema, de forma rectangular y alargada radialmente. En esta zona y en la zona del córtex se encuentran numerosas esclereidas, algunas presentan drusas y cristales prismáticos; enseguida, en estratos inferiores, se reconoce una banda formada de células de esclereidas, al interior un grupo de cavidades dispersas están rodeados por células de parénquima colapsadas (Fig. 31A, B).

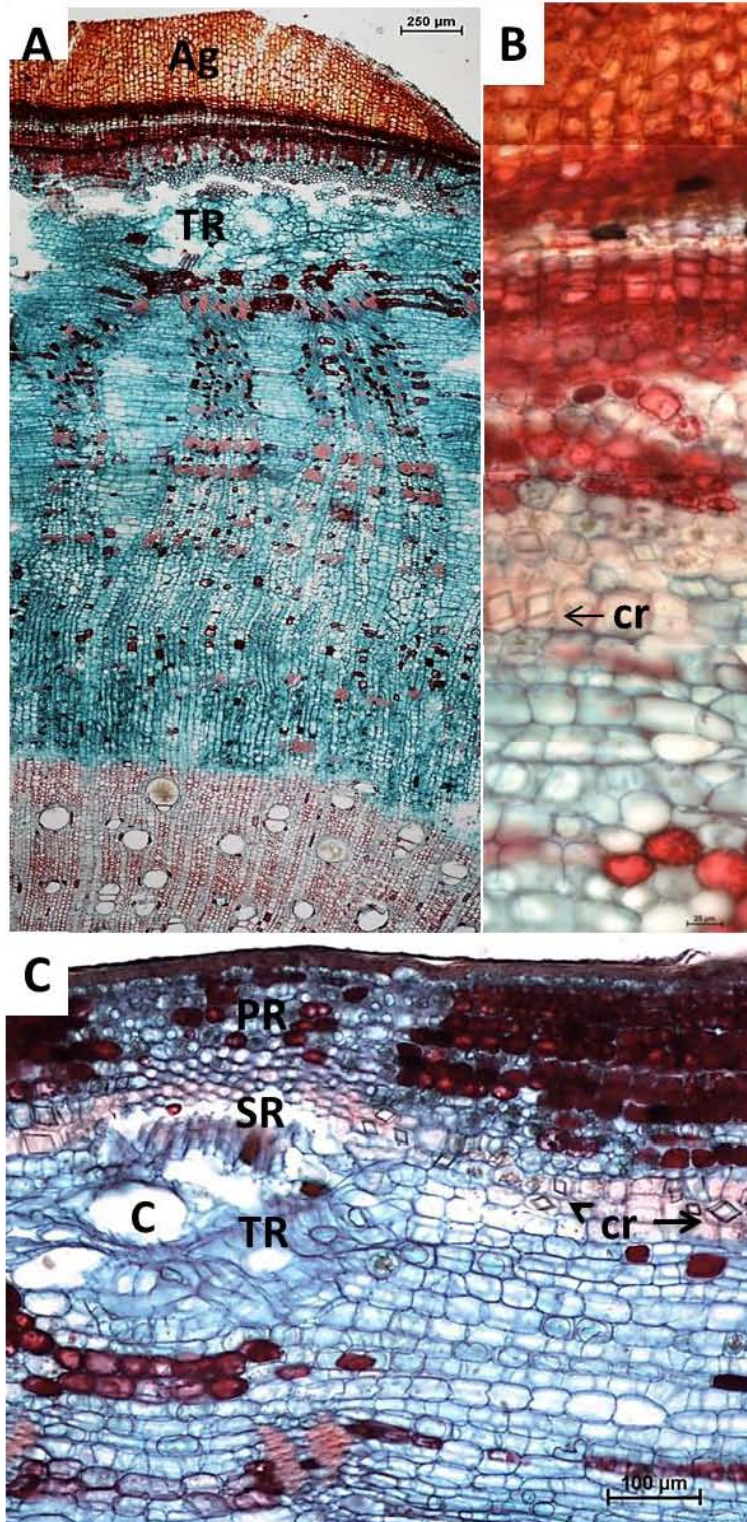


Figura 31. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 1.7 cm. A (4X): vista general. Aguijón (Ag), cavidades de la TR. B (40X): esclereidas del córtex con cristales prismáticos (cr). C (10X): regiones del córtex. Células de la PR con varios taninos, SR con cristales prismáticos (cr), TR con pocas cavidades (C).

Ramas 2.0 cm de diámetro (Fig. 32):

Algunas ramas de los individuos A y B, solo presentan epidermis con cutícula, mientras que otras ramas la epidermis se alterna con parches de peridermis con 12-13 estratos de células.

En el córtex las células de la PR pueden o no estar en división; cuando éstas se presentan son anticlinales y periclinales. En la SR ya existe una banda constituida por fibras y esclereidas en formación (Fig. 32 B), además del parénquima con cristales, que rodean la parte externa de la TR, con cavidades escasas. En las ramas del individuo B la TR muestra de 4-5 hileras de cavidades rodeadas de células de parénquima que se colapsan y que se separan por los radios floemáticos (Fig. 32 A); en otros casos (ramas del individuo A) la TR carece de dichas cavidades y no se distingue esta región.

En el floema se han formado de 12-13 hileras de paquetes de fibras. Los radios con mayor dilatación presentan grandes grupos de esclereidas (Fig. 32 C) con áreas de células de parénquima colapsadas; otros radios presentan un curso sinuoso.

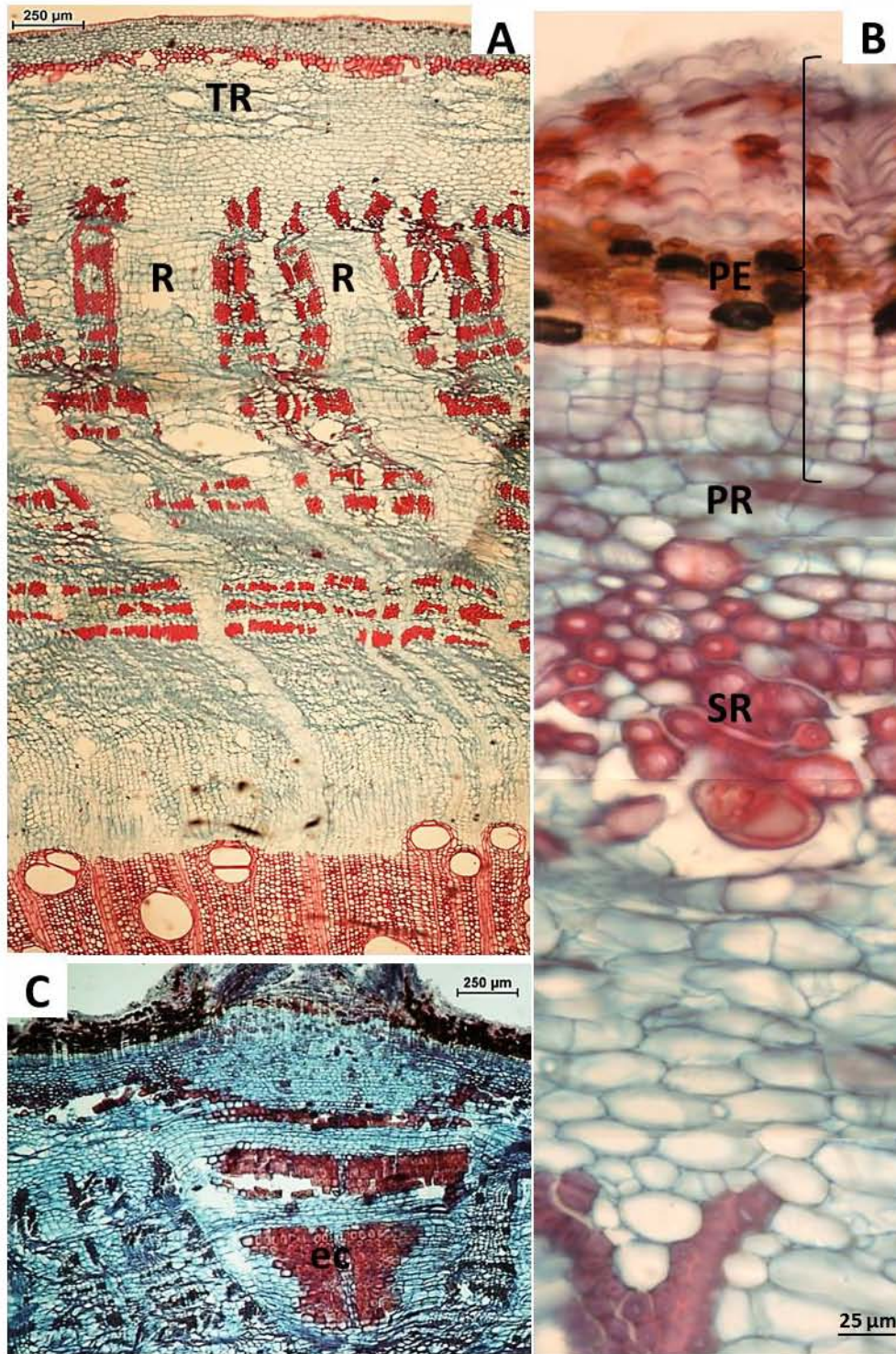


Figura 32. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 2.0 cm. A (4X): vista general. Individuo B, cavidades de la TR, radios (R). B (40X): peridermis (PE), células de la PR con divisiones anticlinales y periclinales, banda de esclereidas y fibras de la SR. C (4X): radio (R) con grupos de esclereidas (ec).

Ramas 2.5 cm de diámetro (Fig. 33):

Acumulación de 2 peridermis.

Varias células de la PR se han esclerosado lo que la vuelve difícilmente distinguible de la SR, las células son de forma cuadrada a rectangular, algunas dividiéndose anticlinalmente, con drusas y cristales prismáticos. La TR con 14-15 estratos de células de parénquima, algunas alargándose tangencialmente y dividiéndose anticlinalmente, enseguida cavidades escasas (Fig. 33 B,C).

En ocasiones (Individuo A) en el floema, se pueden formar de 9-10 hileras de paquetes de fibras. Los radios tienen un curso sinuoso, no se dilatan y son irregulares, con varias zonas de células colapsadas, por lo que no se distingue claramente su continuidad a lo largo de toda el área de floema (Fig. 33 A).

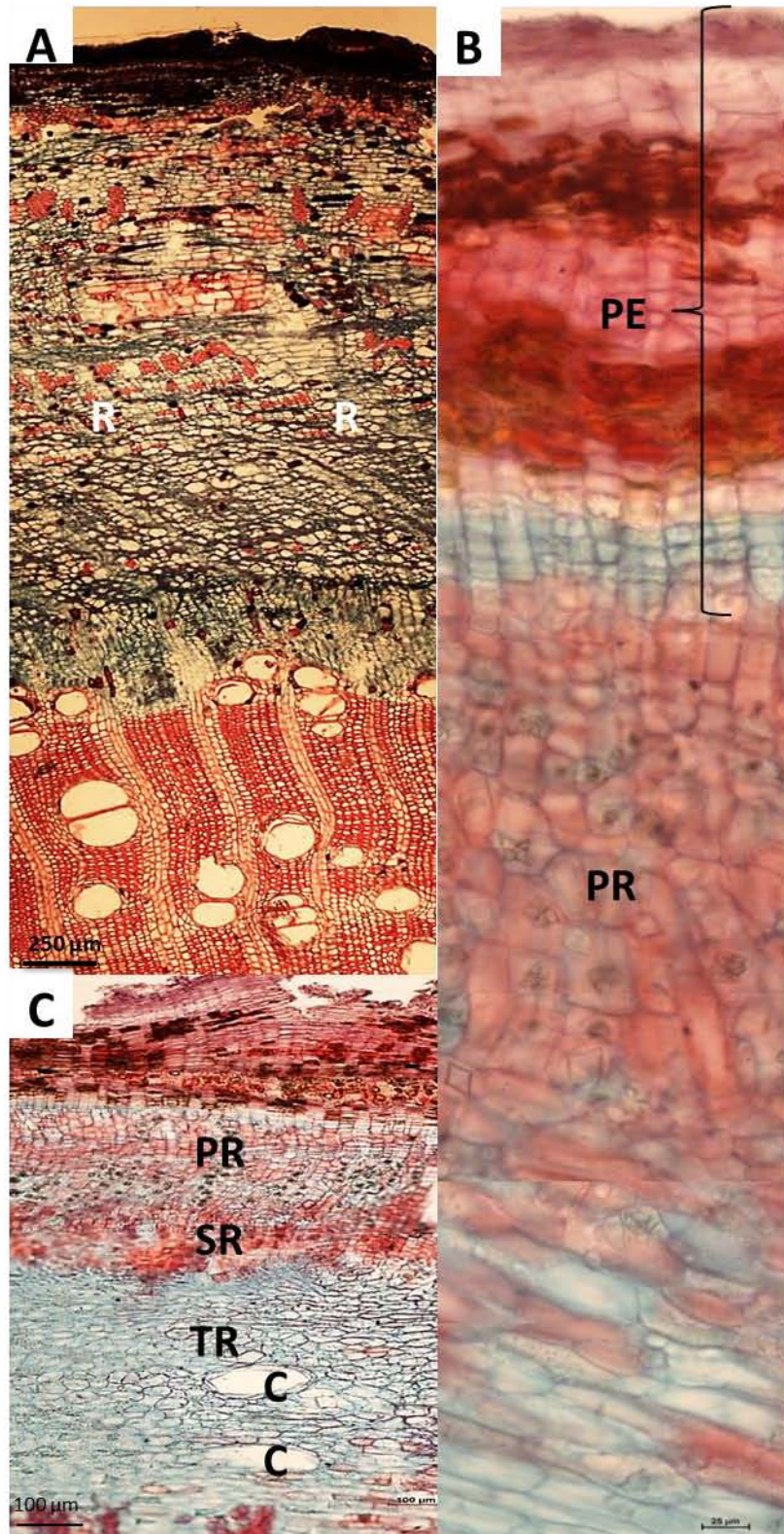


Figura 33. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 2.5 cm. A (4X): vista general. Radios (R) sin dilatación e irregulares. B (40X): peridermis (PE), células esclerosadas de la PR. C (10X): regiones del córtex: PR, SR y TR con cavidades(C) escasas.

Ramas 2.8 cm de diámetro (Fig. 34):

Formación de 3 a más peridermis (Fig. 34 B), algunas células de felema con cristales y drusas. La mayoría de las células de las tres áreas del córtex se han colapsado y en otras áreas se esclerificaron.

En el floema se han formado de 19-20 hileras de paquetes de fibras, los más internos están en desarrollo. Los radios se encuentran fuertemente dilatados hacia la periferia, en algunas zonas se continúan hasta la base de la peridermis, mientras que en otras áreas los paquetes de fibras llegan hasta la base de una zona cortical, dando la apariencia de una ondulación en el floema secundario (Fig. 34 A,C).

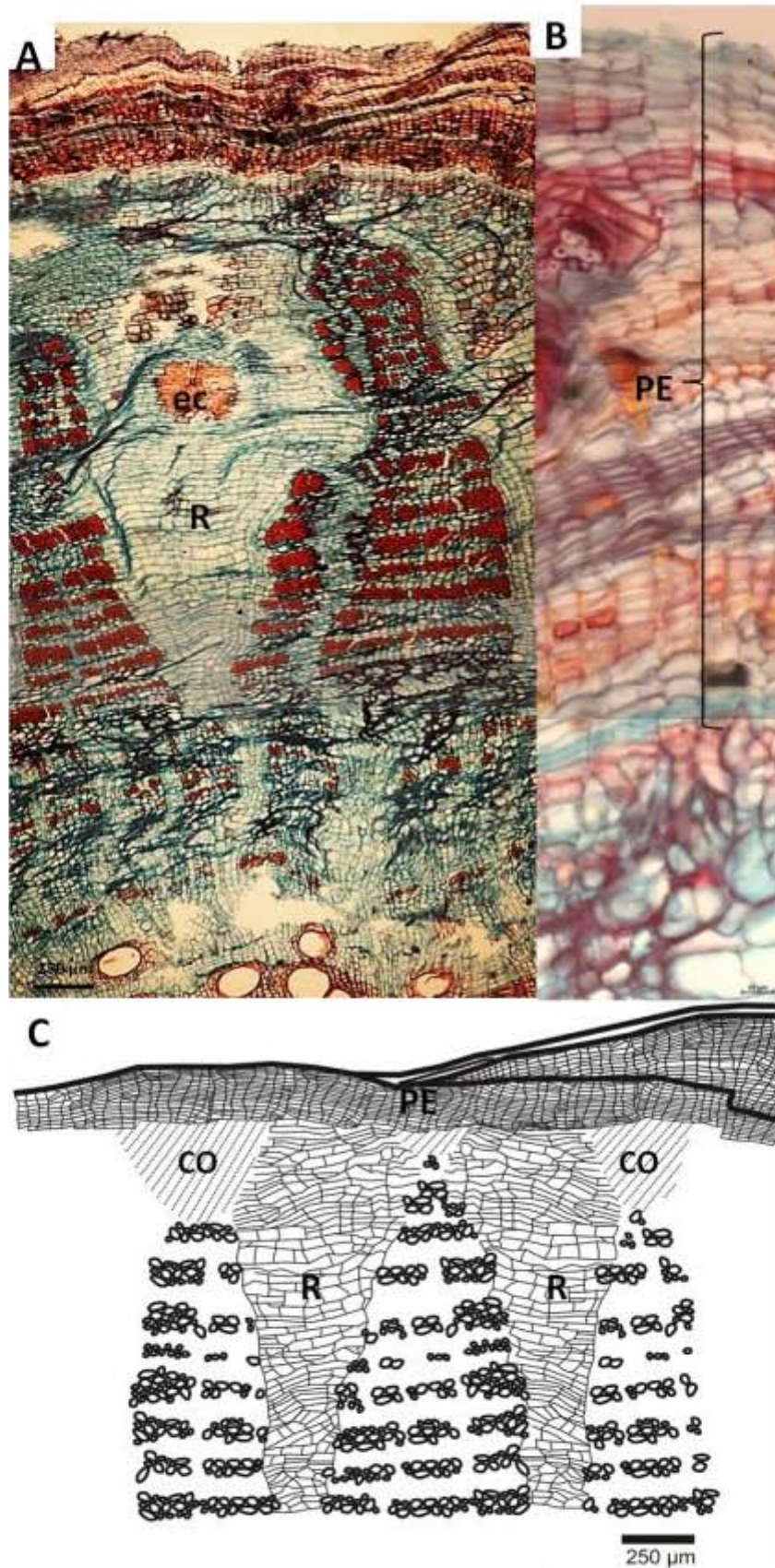


Figura 34. Corte transversal de rama de *Ceiba pentandra*. Diámetro 2.8 cm. A (4X): vista general. Radios (R) fuertemente dilatados con grupos de esclereidas (ec). B (40X): peridermis (PE). C (4X): córtex (CO), zonas con apariencia de ondulación.

Tronco 15 cm diámetro (Fig. 35):

Continúan existiendo zonas con epidermis y parches de peridermis, las cuales conservan las características descritas para las ramas.

La PR del córtex se compone de 19-20 estratos de células de parénquima, las más externas de forma ovalada y se van alargando tangencialmente hacia el interior del córtex, con pared delgada, dividiéndose anticlinalmente, con varios contenidos de taninos y algunas drusas (15-20/mm²). La SR presenta dos estratos de esclereidas, algunas con cristales prismáticos (1-5/mm²). Enseguida (TR) existen de 57-58 estratos de células de parénquima de forma redonda-ovalada, pared delgada, con taninos y drusas en menor cantidad que en la PR (Fig. 35 A). Por debajo del agujón, a nivel del córtex, existe un cambio evidente; la banda de esclereidas es más amplia, algunas de estas células con taninos y cristales prismáticos, enseguida la mayoría de las células se encuentran esclerosadas y tienen menor cantidad de taninos, drusas y cristales prismáticos (Fig. 35 C).

En el floema se han formado de 24-25 hileras de paquetes de fibras. Los radios se aprecian sin dilatación y son de curso sinuoso; en la periferia con grupos pequeños de esclereidas (Fig. 35 B)

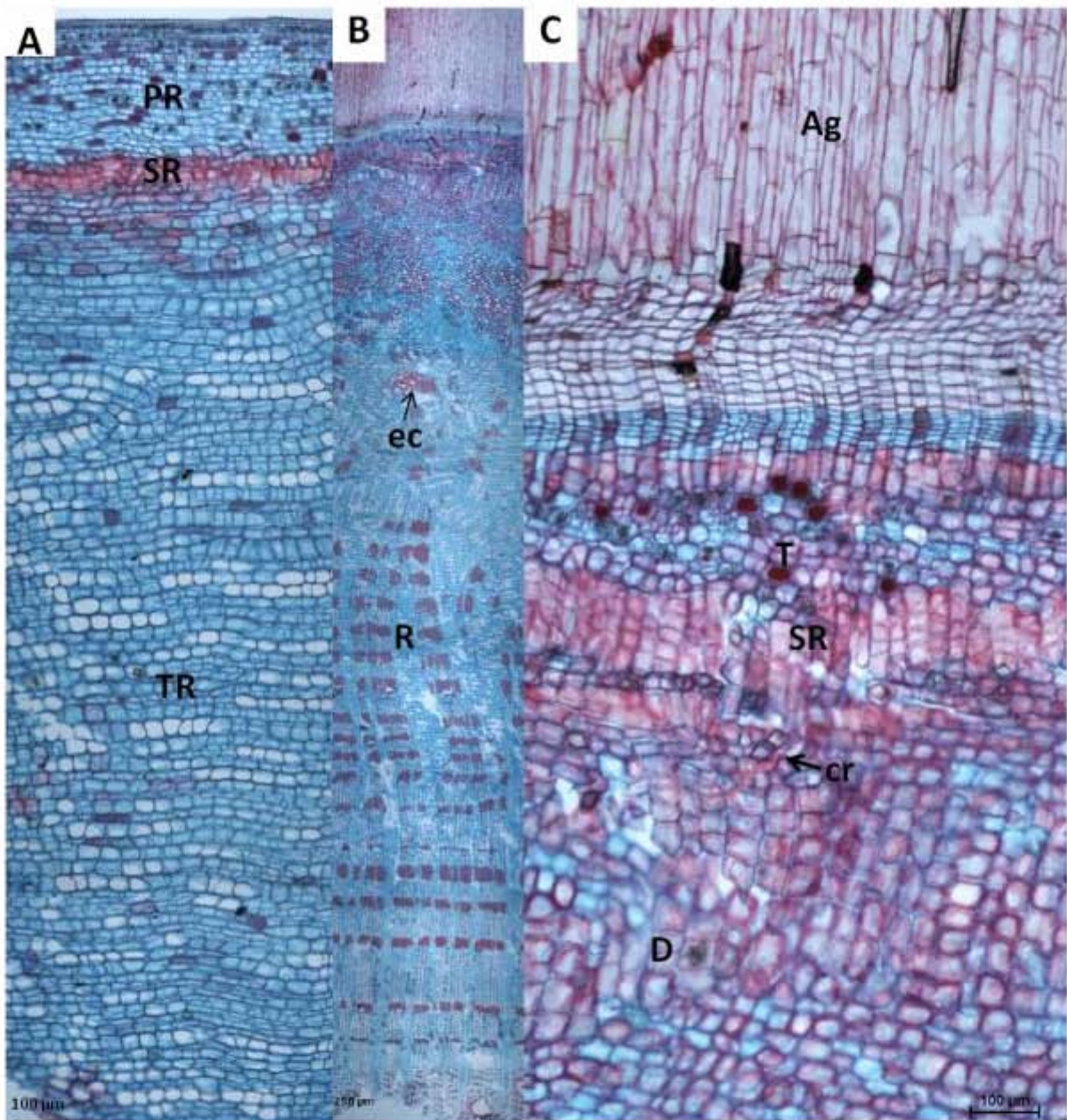


Figura 35. Corte transversal de tronco principal de *Ceiba pentandra*. Diámetro 15 cm. A (10X): vista general. Células de la PR, estratos de esclereidas de la SR, TR amplia. B (4X): radios (R) sin dilatación, en la periferia pequeños grupos de esclereidas (ec). C (40X): aguijón (Ag), banda de esclereidas de la SR amplia, Tanino (T), cristal prismático (cr), drusa (D).

Tronco 80 cm diámetro (Fig. 36):

Formación de 5 peridermis, algunas células del felema con cristales prismáticos (Fig. 36 B).

La mayoría de las células de la PR presentan una fuerte esclerificación, son de forma cuadrada-ovalada, con algunas con divisiones anticlinales; se observan taninos y drusas (15-20/mm²); La TR se ha colapsado.

En el floema se han formado de 39-40 hileras de paquetes de fibras; los paquetes más externos se colapsan. Los radios se encuentran dilatados irregularmente, son de forma ondulada, con grupos de esclereidas (Fig. 36 A) y algunos cristales prismáticos (1-5/mm²) en ellos.

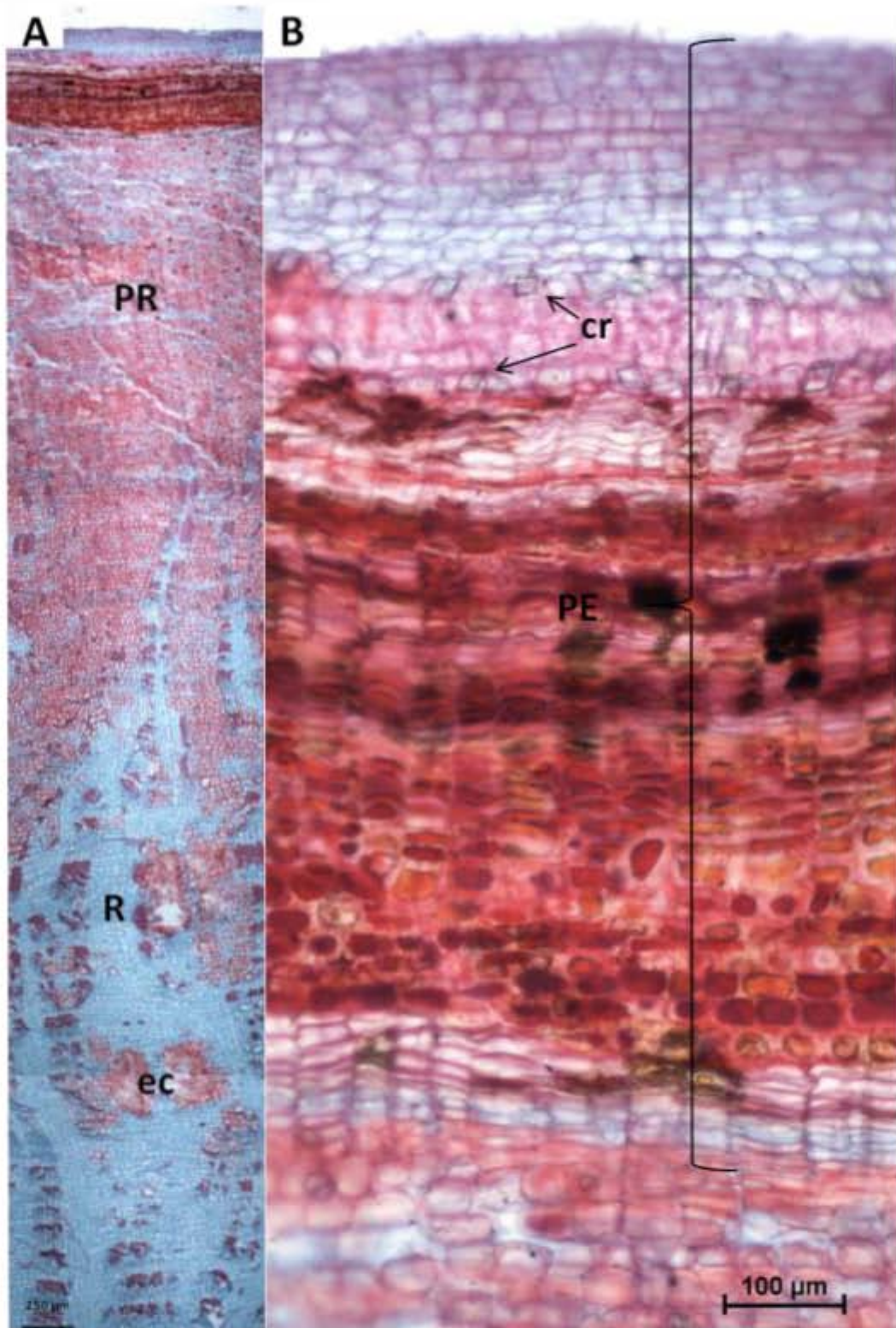


Figura 36. Corte transversal de tronco principal de *Ceiba pentandra*. Diámetro 80 cm. A (4X): vista general . Células esclerosadas de la PR, radios (R) ondulados y dilatados irregularmente con grupos de esclereidas (ec). B (40X): peridermis (PE) con cristales prismáticos (cr).

Cuadro 3. Características morfológicas de cuatro individuos: altura, diámetro y espesor de la corteza de *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

<i>Individuo</i>	<i>Altura</i> (<i>m</i>)	<i>Diámetro</i> (<i>cm</i>)	<i>Espesor de la corteza</i>
<i>C. aesculifolia</i>			
Tonatico, Edo. Méx.			
<i>1</i>	<i>3</i>	<i>9</i>	<i>0.3 mm</i>
<i>2</i>	<i>14</i>	<i>92</i>	<i>2.5 cm</i>
<i>C. pentandra</i>			
Río la Ceiba, Puebla			
<i>1</i>	<i>4</i>	<i>15</i>	<i>1.1 cm</i>
<i>2</i>	<i>10</i>	<i>80</i>	<i>1.7 cm</i>

DISCUSIÓN

Como ha ocurrido en numerosos grupos de plantas, las clasificaciones actuales se han modificado a la luz de análisis filogenéticos basados en datos moleculares. Sin embargo, muchos de ellos toman parte de los estructurales para mejor resolución de dichas relaciones filogenéticas. En este sentido, el género *Ceiba* (Bombacoideae) de un linaje de Malvaceae; es de interés por pertenecer a un grupo de árboles con una importancia ecológica en los trópicos (Jefferson et al., 2016). Recientemente Jefferson et al. (2016), evaluaron la evolución de rasgos morfológicos; entre ellos los de la corteza, con la finalidad de encontrar sinapomorfias que ayuden en la identificación de clados mayores. A partir de estudios anatómicos de la corteza de *Ceiba*, Roth (1972), menciona que los diferentes géneros de la subfamilia Bombacoide, comparten características muy parecidas. Lo anterior, junto con la importancia medicinal que tienen *Ceiba aesculifolia* y *C. pentandra*, ha motivado a la comparación entre la corteza de ambas especies. El presente estudio mostró que *Ceiba aesculifolia* y *C. pentandra* presentan gran similitud estructural en su corteza, dicha semejanza habría de esperarse en especies tan cercanas. Sin embargo, se evidenciaron algunas diferencias notorias a través de este estudio, como son los parches de epidermis en *C. pentandra* y la abundancia

en cristales que a continuación se discuten; no menos importantes son otras características que se observan durante su desarrollo y que también se mencionan. En el ápice de ramas de 5 mm de diámetro de ambas especies, se aprecia una epidermis simple con células de forma ovalada y pared delgada; en algunas ocasiones, estas células se intercalan con células redondas de gran tamaño en *C. aesculifolia*; por debajo, en el córtex, esta especie muestra una hipodermis. Esta característica se ha reportado en tallos de otras Malvaceae (*Chorisia* y *Pseudobombax*), así como en algunas fabáceas; por ejemplo, *Cercidium praecox*, *C. microphyllum*, *Hoffmanseggia microphylla* y *Parkinsonia aculeata* (Roth y Delgado 1968; Roth 1981; Gibson 1983). Esta característica de la presencia de hipodermis es frecuente en linajes que se desarrollan en climas secos (Gibson, 1983). Su función está relacionada con la disminución de la transpiración (Roth y Delgado 1968) o ejercer el papel de un felógeno (Reed, 1910). Por debajo de la hipodermis de *C. aesculifolia* se forma la peridermis, mientras que un poco más tarde en el desarrollo de la rama de *C. pentandra* (1.1 cm de diámetro), dicha peridermis se forma inmediatamente por debajo de la epidermis. Es común que el felógeno tenga un origen subepidérmico (Esau, 1988; Fahn, 1978; Mauseth, 1988; Roth, 1981; Su-Hwa, 1978).

Por otro lado, frecuentemente el felógeno se establece cerca del ápice en las ramas de plantas leñosas, debido a la necesidad de protección mediante suberificación, la cual se ha observado en tanto en gimnospermas como angiospermas; por ejemplo, en *Pinus* spp., *Pithecellobium dulce*, *Acacia cochliacantha* y *A. farnesiana* (Lev-Yadun y Liphshitz, 1989; Orduño-Cruz y Terrazas, 1998). Para el caso de las tres leguminosas mencionadas, Orduño-Cruz y Terrazas (1998) argumentan que debido al ambiente en donde ellas crecen (selva baja caducifolia), desarrollan una rápida formación de peridermis cerca del ápice en ramas. De acuerdo a Lev-Yadun y Liphshitz (1989) dicha suberificación temprana se debe a que las últimas ramas formadas durante la época favorable se exponen a un periodo corto de humedad, por lo que el felógeno debe completar la suberificación en poco tiempo; esto permitirá que esas zonas en

las ramas soporten altas temperaturas e intensidades luminosas. También Bonzani *et al.* (2003) reconocen para algunas Verbenaceae (*Aloysia gratissima*, *Lippia turbinata* y *L. integrifolia*) características xerofíticas asociadas con un desarrollo temprano de la peridermis en sus tallos.

Una vez que se ha formado la primer peridermis las siguientes se originan sucesivamente en capas más profundas por debajo de la primera, en *C. pentandra* en el diámetro de 2.8 cm el córtex colapsó y el floema secundario llegó hasta la base de la primera peridermis. El número de estratos de peridermis es una aproximación debido a que algunos de ellos pueden perderse durante el tratamiento histológico.

Sin embargo, es de notar que *C. pentandra* (en diámetros menores a 2.8 cm) muestra parches de peridermis y epidermis que se alternan entre ellas (Fig. 27). Esto está relacionado con su morfología, la cual se reconoce con fisuras leves, que corresponden a zonas con peridemis; frecuentemente la corteza en esta especie, se muestra de una tonalidad gris-verdoso y fisurada. Mientras que en el ápice y a partir de la rama de diámetro de 4 mm en *C. aesculifolia* la peridermis es uniforme alrededor del eje.

En la corteza de las especies estudiadas los contenidos reconocidos también se han reportado como taninos en otras plantas, por ejemplo, en las ramas jóvenes de *Acacia raddiana* y *Robinia pseudacacia* (Arzee *et al.*, 1970; Arzee *et al.*, 1968). Estos contenidos se continúan observando diferencialmente a lo largo de los ejes en ambas especies; en *C. pentandra*, existe una disminución de ellos conforme el eje va aumentando en diámetro, mientras que en *C. aesculifolia* dichos contenidos se observan en el ápice y en tallos maduros. La función de estos compuestos orgánicos dentro del metabolismo de las plantas no está claramente establecida. Sin embargo, su aprovechamiento abarcan la actualidad diversos usos, como la curtiembre de cuero, medicinales (antioxidantes), textiles (colorantes), formulación de adhesivos y síntesis de nuevos materiales, entre otros y desde el punto de vista biológico con

fines antisépticos o de conservación (Saravia *et al.*, 2002). En muchas plantas los compuestos polifenólicos además de la corteza, están presentes en otros tejidos vegetales de flores, frutos, semillas, hojas, raíces, madera (Rosales *et al.*, 2002; Cano *et al.*, 2002; Kim, 2009).

Conforme el eje aumenta, en ambas especies de *Ceiba* las células de la felodermis experimentaran una mayor acumulación de capas. Debajo de ellas (en el córtex) se desarrollan células de parénquima y colénquima que darán origen a una banda de esclerénquima, como se reporta para *Adansonia digitata* (Malvaceae); algunas de esas células se encuentran esclerosadas (Kotina *et al.*, 2017). En otras especies, como en ramas de *Acacia raddiana* las células de la felodermis dan origen a la banda de esclerénquima (Arzee *et al.*, 1970). Dicha banda en *C. aesculifolia* se observa más tempranamente que en *C. pentandra*, observándose en ramas de 4 mm para el primer caso y en 1.2 cm para el segundo. Otro aspecto que diferencia a las dos Ceibas es la presencia/ausencia y abundancia de cristales en los troncos principales. En *C. aesculifolia* el número de drusas (50-60/mm²) y cristales prismáticos (10-15/mm²) son abundantes en diámetros de 92 cm, mientras que en *C. pentandra* las drusas y cristales prismáticos son más escasos (15-20 y 1-5 /mm² respectivamente) en diámetros de 15 y 80 cm. Sin embargo, se observan variantes en otro trabajo reportado para las mismas especies; en la descripción anatómica que Muñoz-Cázares *et al.* (2018) hacen en ejes maduros, mencionan que *C. aesculifolia* presenta drusas y cristales prismáticos abundantes y regulares y en *C. pentandra* registran drusas escasas a regulares y abundantes cristales prismáticos. En el trabajo que Roth (1972) reporta para cortezas tropicales, no menciona la presencia de algún tipo de cristal en *C. pentandra*. Los cristales son una característica muy común en cortezas tropicales, los cuales pueden estar presentes en células de parénquima axial y radial o en las células de esclerénquima. Por su parte, Esau (1969) observó que los cristales (rafidios, drusas, prismáticos o estiloides) se desarrollan frecuentemente en esclereidas y que los más comunes eran los cristales prismáticos, como se puede constatar en

ambas especies de *Ceiba*. La función de los cristales de oxalato de calcio en las plantas aún no ha sido bien determinada, pero se ha propuesto que pueden desempeñar un papel funcional para el mantenimiento de los niveles de calcio dentro de la planta (Volk *et al.*, 2002). También pueden actuar como mecanismos de defensa en la planta (Molano-Flores, 2001), o actuar como depósitos inertes para metales pesados, como Zn, Cd, Sr, Pb y Al (Mazen y Maghraby, 1998). Otras funciones se han reportado para ayudar a la formación de cámaras aéreas, actuar como soporte estructural o bien como dispersores o concentradores de los rayos luminosos (Franceschi, 2001). En la tercera región (TR) se observan canales y cavidades de mucílago en ambas especies, los cuales son evidentes en ramas jóvenes (3 mm en *C. aesculifolia* y 7 mm en *C. pentandra*), mientras que en ejes de mayor diámetro éstos son escasos, o no son evidentes. No obstante, su presencia se cita como un carácter común en este grupo de plantas, por lo que es uno de los que apoyan en el reconocimiento de los Malvales como grupo monofilético (Judd y Manchester, 1997). Algunas de sus funciones que se le atribuyen a este mucílago son el almacenamiento de agua, la reducción de la transpiración, la protección contra la radiación intensa por dispersión de la luz o contra la herbivoría (Gregory y Bass, 1989). La presencia de cavidades de mucílago desde el ápice, parecen explicar protección desde los brotes. Por ejemplo, en otras Malvaceae, como *Tilia cordata*, las cavidades de mucílago dentro de las escamas de yemas producen poliaminas que facilitan la tolerancia a la congelación (Appendino *et al.*, 2010). Por otro lado, en las Malvaceae el origen de estos canales puede ser diferente, pues en las Ceibas estudiadas es de origen esquizógeno, mientras que en *Adansonia digitata* se describen como lisígenas (Kotina *et al.*, 2017). En el floema existen semejanzas entre ambas especies. Sin embargo, algunas diferencias se pueden observar. En general el arreglo del floema en ambas especies de *Ceiba* sigue el arreglo general reportado para varios miembros de la familia (Kotina *et al.*, 2017; Ramírez-Ferreiro, 2015; Roth, 1981), pero los elementos de tubo criboso y las células del parénquima axial en

FC y FNC de las Ceibas, se obliteran desde temprana edad (*C. aesculifolia* en la rama de 3 mm y *C. pentandra* en la rama de 7 mm). Dicha característica se registra también en *A. digitata*, pero solo en el FNC (Kotina *et al.*, 2017); por otra parte Roth (1972) menciona que en *C. pentandra* las fila radiales de parénquima del floema a veces se ven interrumpidas por capas de elementos del tubo criboso obliterados. Este colapso de los ETC provocan una contracción del floema en dirección radial que puede mostrar la curvatura o ondulación de los radios, como en *C. pentandra* (Malvaceae; Roth, 1972), *Carapa guianensis* (Meliaceae; Roth, 1971), *Spondias mombin* y *Loxopterygium sagotii* (Anacardiaceae, Roth, 1971) y *Ficus* sp. (Moraceae; Roth y Cova, 1969).

Las características anatómicas de la corteza, semejantes a las Malvaceae (=Bombacaceae *sensu* Roth, 1981) y que las dos especies estudiadas presentan, son los radios en forma de embudo, la formación de grupos de esclereidas en radios y fibras en paquetes formando una cuadrícula; este último rasgo se describe para *Malvabiscus arboreous* (Ramírez-Ferreiro, 2015). De acuerdo a Roth (1981), las Malváceas forman un grupo muy homogéneo, pues su floema estratificado, tomando forma de cuadrícula, se reconoce en todos los casos estudiados (Kotina *et al.*, 2017; Ramírez-Ferreiro, 2015; Roth, 1981); así como en las Ceibas descritas en este trabajo. Con base en nuestras observaciones abundancia de los paquetes de fibras (en forma de placas superpuestas) varía entre las dos Ceibas. Estas fibras se van lignificando y conforme aumenta el diámetro del tallo, los paquetes de éstas también aumentan en número. En diversos estudios se explica que las nuevas fibras se originan a partir de células de parénquima que se dividen y crecen intrusivamente para contribuir al ensanchamiento de la banda de esclerénquima; el arreglo y la distribución de las fibras en el floema secundario contribuyen a distinguir anatómicamente especies (Iqbal y Ghouse, 1982; Iqbal y Ali-Khan, 1988; Iqbal, 1995; Malan y Van-Wyk, 1993; Roth, 1981), situación que se pudo corroborar en este trabajo. Por ejemplo, en ramas a un diámetro de 2.8 cm, se muestra un claro contraste; en

C. aesculifolia existen 10 hileras de paquetes de fibras, mientras que en *C. pentandra* su número aumenta (19-20). Sin embargo, en los ejes principales, de mayor diámetro, esta diferencia no es evidente (*C. aesculifolia*=37-38 hilera de paquetes de fibras; *C. pentandra*=39-40). Conforme va creciendo el eje, los radios de *C. aesculifolia* presentan una forma de embudo y además contienen en sus márgenes (vista transversal) grupos de células que se esclerifican. Este último carácter no se presenta en *C. pentandra* y la forma de cuña de los radios es menos definida; además, en algunos de sus diámetros (1.5, 2.0 y 2.8 cm) los radios, que están fuertemente dilatados, se alternan con los que están ligeramente, irregularmente o con los no dilatados, originando un patrón en zig-zag, como lo indica Metcalfe y Chalk (1950) y Esau (1969) para esta especie. Los grupos de esclereidas en los radios dilatados se encuentran presentes en ambas especies de *Ceiba* a partir de las ramas con aprox. 2.0 cm de diámetro. La altura y anchura de los radios, así como la presencia/ ausencia de contenidos en sus células, esto es, cristales prismáticos, drusas, taninos, así como los grupos de esclereidas, pueden considerarse distintivas de Malvaceae; como se expone en el trabajo de Kotina *et al.* (2017) para *A. digitata* que se observan radios dilatados fuertemente, con algunos taninos y drusas, pero sin células esclerosadas.

Aguijones

El origen del aguijón es a partir del felógeno en ambas especies, dicho felógeno se origina a partir del córtex, como se describió para la rama joven de 3 mm (*C. aesculifolia*); sin embargo, una diferencia que distingue claramente a *C. aesculifolia* de *C. pentandra* son las características del aguijón; el cual se reconoce como estratificado en la primera especie. El aguijón es un órgano superficial endurecido y puntiagudo, sin tejido vascular. Los aguijones se diferencian de las espinas en que éstas se encuentran lignificadas y poseen tejido vascular, por tal motivo las espinas no pueden separarse del órgano que las lleva sin desgarrar el tejido

subyacente. Usualmente los árboles del trópico húmedo no tienen espinas en su tronco (Jiménez, 1967). La función en ambos casos es crear una especie de escudo para evitar que los animales herbívoros puedan escalar por el follaje, las flores o los frutos. Aguijones estratificados se distinguen en la familia Rutaceae, con tres géneros con esa característica; mientras que en especies de *Chorisia* (Malvaceae) y *Hura crepitans* (Euphorbiaceae) los aguijones son no estratificados, como en *Ceiba pentandra*.

Plántulas

Se hicieron descripciones anatómicas de plántulas de *C. aesculifolia* del epicótilo hasta el hipocótilo, con 3 mm de diámetro en su base. Esto se llevó a cabo con la finalidad de conocer si se encuentran contrastes con las ramas jóvenes de los individuos adultos en diámetros similares. Se observó que la estructura en plántulas a lo largo del eje, es muy similar en cuanto a su epidermis, hipodermis, las regiones del córtex y el floema. Sin embargo, a diferencia de las ramas de los individuos adultos, en las plántulas fue posible observar aguijones en formación. Éstos se van a reconocer como primarios, pues el felógeno que los forma tiene su origen en el córtex; además todavía están protegidos por la epidermis. En contraste las ramas de 3 mm y las que le siguen en diámetro, muestran aguijones en formación a partir del felógeno periférico, debido a que ya en estos diámetros existe una peridermis que rodea a todos los tejidos internos del eje. Este tipo de aguijones se establecen por un exceso en la formación de felema en ciertos puntos alrededor del tallo (Angyalossy et al., 2016). Debido a que se forman cuando ya solo existe peridermis en las ramas, en este trabajo se reconocen como secundarios. Otros caracteres que están presente en plántulas, es el desarrollo uniforme de la banda de células de esclerénquima de la SR y la mayor dilatación de los radios.

CONCLUSIONES

En *C. aesculifolia* y *C. pentandra* la epidermis es simple, pero en *C. aesculifolia* las células de la epidermis se intercalan con otras de forma redondeada de gran tamaño. El desarrollo de la peridermis es de origen subepidérmico; en *C. aesculifolia* ésta se desarrolla por debajo de una hipodermis (ausente en *C. pentandra*). A diferencia de *C. pentandra*, *C. aesculifolia* presenta una pronta formación de peridermis en el ápice. Otros caracteres varían a lo largo de los ejes como son: presencia/ ausencia de taninos, drusas, cristales prismáticos, canales y cavidades de mucílago y células que se esclerifican en los márgenes de los radios.

El origen de los aguijones en ambas especies es a partir del felógeno, pero en *C. aesculifolia* son estratificados y en *C. pentandra* son homogéneos. En esta última el tejido periférico se organiza en parches de cutícula/epidermis que se alterna con otros de peridermis, aún en los ejes mayores.

En las plántulas de *C. aesculifolia* la estructura a lo largo del eje con respecto a diámetros similares de las ramas de individuos adultos, es similar en las características de la epidermis, las regiones del córtex y el floema, pero hubo diferencias en la formación de los aguijones, la lignificación de las células que forman la banda de esclerénquima en la segunda región del córtex y la dilatación de los radios.

En general, la corteza madura de las dos especies de ceiba muestra un patrón general descrito para otras Malvaceae; como son la presencia de grupos de esclerénquima en radios, las fibras en paquetes formando una cuadrícula y la forma obliterada de los elementos del tubo criboso y parénquima axial. En *C. pentandra* los radios que se dilatan fuertemente (forma de embudo) se alternan con otros que apenas se dilatan y con los que lo hacen irregularmente o con los no dilatados, originando un patrón en zig-zag.

LITERATURA CITADA

- Angyalossy V., Pace MR., Evert RF., Marcati CR., Oskolski AA., Terrazas T., Kotina E., Lens F., Mazzoni-Viveiros SC., Angeles G., Machado S., Crivellaro A., Rao KS., Junikka L., Nikolaeva N. y Baas P. 2016. IAWA list of microscopic bark features. *IAWA Journal* 37: 517-615.
- Appendino G., Fontana G., Pollastro F., Lew M. y Hung-Wen L. 2010. Natural products drug discovery. *Comprehensive natural products II*. Oxford : Elsevier 205-36.
- Avendaño A., Casas A., Dávila P. y Lira R. 2006. Use forms, management and commercialization of “pochote” *Ceiba aesculifolia* (H.B. & K.) Britten y Baker f. subsp. *Parvifolia* (Rose) P.E. Gibbs y Semir (Bombacaceae) in the Tehuacán Valley, Central, México. *Journal of Arid Environments* 67: 15-35.
- Arzee T., Arbel E. y Cohen L. 1977. Ontogeny of periderm and phellogen activity in *Ceratonia siliqua* l. *Botanical Gazette* 138(3): 329-333.
- Arzee T., Liphschitz N. y Waisel Y. 1968. The origin and development of the phellogen in *Robinia pseudacacia* l. *New Phytologist* 67: 87.
- Arzee T., Waisel Y. y Liphschitz N. 1970. Periderm development and phellogen activity in the shoots of *Acacia raddiana savi*. *New Phytologist* 69: 395-398.
- Berlyn GP. y Miksche JP. 1976. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. Iowa State University Press, Ames.
- Bonzani NE., Filippa EM. y Barboza GE. 2003. Estudio anatómico comparativo de tallo en algunas especies de Verbenaceae. *Anales del Instituto de Biología* 74 (1): 31-45.
- Canales M., Hernández T., Caballero J., Romo de Vivar A., Ávila G., Duran A., y Lira R. 2005. Informant consensus factor and antibacterial activity of the medicinal plants used by the people of San Rafael Coxcatlán, Puebla, México. *Journal of Ethnopharmacology* 97: 429-439.
- Cano E., Cano T., Quezada O., Quiñonez B. y Saravia J. 2002. Extracción y caracterización de taninos en corteza de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, Pino ocote (*Pinus oocarpa* Schiede), Encino negro (*Quercus brachystachys* Benth) y Aliso común (*Alnus jorulensis* HBK). Una alternativa

- de desarrollo agroindustrial para el uso de taninos naturales. Guatemala: Carolina Academia Coactemalensis inter Caeteras Orbis Conspicua, pp. 5-6.
- Carranza-González E. 2000. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Bombacaceae. Instituto de ecología. 1-13 p.
- Carvalho-Sobrinho J., Alverson S., Alcántara S., Queiroz P., Mota C. y Baum A. 2016. Revisiting the phylogeny of Bombacoideae (Malvaceae): Novel relationships, morphologically cohesive clades, and a new tribal classification based on multilocus phylogenetic analyses. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 101: 56-74.
- Dickinson N. 2000. Strategies for sustainable woodland on contaminated soils. *Chemosphere* 41: 259-263.
- Dickson WC. 1975. The bases of angiosperm phylogeny: vegetative anatomy. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 62: 590-620.
- Esau K. 1969. The phloem. *Encyclopedia of plant anatomy*. Gebruder Borntraeger. Berlin, 505 p.
- Esau K. 1988. The phloem. En: Metcalfe CR y Chalk L. Eds. *Anatomy of the dicotyledons*. Vol. I. Systematic of leaf and stem. 2nd ed. Clarendon Press, Oxford, 181-189.
- Fahn A. 1978. Anatomía vegetal. 1978. H. Blume Ediciones. Madrid, 643 p.
- Ferreiro AA. 2015. Anatomía de Madera y corteza de especies de un bosque mesófilo de montaña de Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala.
- Franceschi V. 2001. Calcium oxalate in plants. *Trends Plant Sci* 6: 331.
- Gibbs P. y Semir J. 2003. A taxonomic revision of the genus *Ceiba* Mill. (Bombacaceae). *In Anales del Jardín Botánico de Madrid* 60 (2): 259- 300.
- Gibson AC. 1983. Anatomy of photosynthetic old stems of nonscudent dicotyledons from North American deserts. *Botanical Gazette* 144(3): 347-362.
- Gómez C. 2009. Anatomía de la madera y corteza de *Attilaea abalak* E. Martínez et Ramos, gen. y sp. Nov. (Anacardiaceae). *Acta Botánica Hungárica* 51 (1-2): 75-83.
- Iqbal M. 1995. The cambial derivatives. *Encyclopedia of plant anatomy*. Ed. Gebruder Borntraeger. Berlin, 363 p.
- Iqbal M. y Ali-Khan M. 1988. Comparative structure of secondary phloem in some leguminous trees. *Reserch JPI Environment* 4:57-63.

- Iqbal M. y Ghouse AKM. 1982 Comparative bark feature of some arid zone species of *Acacia* and *Prosopis*. *Phytomorphology* 32: 373- 380.
- Jiménez H. 1967. Forestry development in Suriname forest botany. Document No. 4. 327 p.
- Johansen DA. 1940. Plant microtechnique. McGraw- Hill Book Company, New York.
- Judd WS. y Manchester SR. 1997. Circumscription of Malvaceae (Malvales) as determined by a preliminary cladistic analysis of morphological, anatomical, palynological, and chemical characters. *Brittonia* 49: 384-405.
- Junikka L. 1994. Survey of English macroscopic bark terminology. *IAWA* 15:3-45.
- Kim S. 2009. Environment friendly adhesives for surface bonding of wood-based flooring using natural tannin to reduce formaldehyde and TVOC emission. Seoul: Department of Architecture, College of Engineering. Soongsil University (eds.), 745.
- Kotina EL. Oskolski AA. Tilney PM. y Van Wiyk BE. 2017. Bark anatomy of *Adansonia digitata* L. (Malvaceae). *Scientifiques du Muséum national d'Histoire naturelle, Paris* 39 (1): 31-40.
- León W. 1995. Características de fuste y corteza útiles en la determinación de especies de la unidad experimental de la Reserva de Caparo. *Revista Forestal Venezolana* 39 (2): 51-61.
- Malan JW y Van Wyk AE. 1993. Bark Structure and preferential Bark utilisation by the African elephant. *IAWA Journal* 14 (2): 173-185.
- Martínez CD., Zavala CF. y Terrazas T. 2011. Estudio morfométrico de *Quercus sartorii* y *Q. xalapensis* (Fagaceae). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 551-568.
- Mauseth JD. 1988. Plant anatomy. The Benjamin/Cummings Pub. Co., Inc. Menlo Park, California.
- Mazen AM. y Maghraby OM. 1998. Accumulation of Cadmium, lead and Strontium and a role of calcium oxalate in water hyacinth tolerance. *Biología plantarum* 40: 411-417.
- Metcalf CR. y Chalk L. 1950a. Anatomy of the dicotyledons. Vol. 1. Clarendon, Oxford, 724 p.
- Molano-Flores B. 2001. Herbivory and calcium concentrations affect calcium oxalate crystal formation in leaves of *Sida* (Malvaceae). *Annals of Botany London* 88: 387-391.
- Muñoz-Cazares N. Aguilar-Rodríguez S. García- Contreras R. Soto- Hernández M. Martínez- Vázquez M. Palma- Tenango M. Padro- Galbarro FJ. y Castillo- Juárez I.

2018. Phytochemical screening and anti-virulence properties of *Ceiba pentandra* and *Ceiba aesculifolia* (Malvaceae) bark extracts and fractions. *Botanical Sciences* 96 (3).
- Nicolson DH. 1979. Nomenclature of *Bombax*, *Ceiba* (Bombacaceae) and *Cochlospermum* (Cochlospermum) and their type species. *Taxon* 28 (4): 367- 373.
- Orduño-Cruz A. 1998. Anatomía de la corteza de cuatro especies de la selva baja caducifolia del estado de Morelos: origen, desarrollo y regeneración. Tesis de Maestro en Ciencias. Programa otánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, Estado de México, 88 p.
- Orduño- Cruz A. y Terrazas T. 1998. Anatomía de la corteza de tres especies de leguminosas. Origen y desarrollo. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63: 51-65.
- Orozco MJ. 2010. Estudio comparativo de algunas actividades biológicas de las cortezas de *Ceiba aesculifolia* subsp. *parvifolia*, *Juliana adstringens* y *Cytocarpa procera* de San Rafael, Coxcatlán, Puebla. Tesis de Maestría. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.
- Pagaza CEM., y Fernández R. 2004. La familia Bombacaceae en la Cuenca del río Balsas, México. *Polibotánica* 17: 71-102.
- Paredes C., Quintanar A., Acosta S., Orozco G., de la Paz PC. y Torre BA. 2001. Histoquímica de la corteza de cinco angiospermas de una selva baja de Oaxaca. *Madera y Bosques* 7: 49-61.
- Pennington T. y Sarukhán J. 1998. Manual para la identificación de campo de los principales árboles tropicales de México. Segunda Edición. INIF. SAG, FAO, pp. 413.
- Pérez-Jiménez, L. A, y J. Barajas-Morales. 2011. Árboles de selvas secas de México. Identificación mediante cortezas. Publicaciones Especiales. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México D. F, México. 23: 96 pp.
- Prance G.T. y Prance A.E. 1993. Bark: the formation, characteristics and uses of bark around the world. Timber Press. Oregon.
- Quintanar A. y Zárate JL. 2004. Anatomía e histoquímica de la corteza de cinco especies de Moraceae. *Polibotánica* 17: 15-38.
- Reed T. 1910. On the anatomy of some tubers. *Annals of Botany* 24: 537-548.

- Rosales M., Galindo A. y González R. 2002. Taninos condensados en la corteza de *Pinus chihuahuana* y *Pinus durangensis*. *Información Tecnológica* 13(1): 39-42.
- Rosell JA. 2016. Grosor de la corteza en las angiospermas: más que solo fuego. *New Phytologist* 211(1): 90-102.
- Rosell JA., Gleason S., Méndez-Alonzo R., Chang Yvonne y Westoby M. 2014. Bark functional ecology: evidence for tradeoffs, functional coordination, and environment producing bark diversity. *New Phytologist* 201(2): 486-497.
- Ross JH. 1966. *Acacia albida* Del. In Africa. *Boletín de la Sociedad Broteriana* 2(40): 187-205.
- Roth I. y Cova M. 1969. Estructura anatómica de la corteza de algunas especies de Moráceas venezolanas. *Acta Botánica Venezuelica* 6 (3-4): 60-77.
- Roth I y Delgado M. 1968. Desarrollo de la epidermis pluriestratificada y de la corteza primaria en el tronco de *Parkinsonia aculeata* L. *Acta Botánica Venezuelica* 3 (1-4): 265-277.
- Roth I. 1972. Estructura anatómica de la corteza de algunas especies arbóreas venezolanas de Bombacaceae. *Acta Botánica Venezuelica* 7 (1-4): 67- 82.
- Roth I. 1973. Estructura anatómica de la corteza de algunas especies arbóreas venezolanas de Rosaceae. *Acta Botánica Venezuelica* 8 (1-4): 121- 161.
- Saravia JM. 2002. Documento lignina. Facultad de Agronomía. Texto: 011.
- Sistema nacional de información forestal. Disponible en:
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/899Ceiba%20pentandra.pdf>.
Consultado en 2017-09-23.
- Su-Hwa TG. 1978. The origen of the first periderm in some dicotyledoneus stems. *Taiwiana* 23:60-65.
- Terrazas T. 1995. Anatomía sistemática de la familia Anacardiaceae en México. La corteza de *Tapirira Aublet*. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 57:103-112.
- Trockenbrodt H. 1990. Survey and discussion of the terminology used in bark anatomy. *International Association of Wood Anatomists Bulletin* 11: 141-166.

- Vázquez C., Batis AI., Alcocer MI., Gual M. y Sánchez C. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO- instituto de Ecología, UNAM.
- Volk GM., Lynch-Holm VJ., Kostman TA., Goss LJ. y Franceschi VR. 2002. The role of druse and raphide calcium oxalate crystals in tissue calcium regulation in *Pistia stratiotes* leaves. *Plant Biology* 4: 34-45.
- Waisel Y. y Liphshitz N. 1970. Phellogen initiation in the stems of *Eucalyptus camaldulensis*. *Australian Journal of Botany* 18: 185-189.
- Yáñez E. y Terrazas T. 2001. Variación anatómica en la madera y la corteza de *Annona glabra* L. bajo inundación. *Agrociencia*. 35 (1): 51-63.

ANEXO

A continuación se muestran características anatómicas cualitativas y cuantitativas del ápice, ramas y troncos de *C. aesculifolia* y *C. pentandra*.

Cuadro 4. Características anatómicas del ápice en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			Ápice 5 mm	
		Cutícula	+	+
		Epidermis	+	+
		- Divisiones anticlinales	--	+
		Hipodermis	+	--
		Peridermis	+	--
Córtex	PR	Drusas	+	+
		taninos	+	--
	SR	Banda uniforme	--	--
		Esclerénquima	+	--
		Colénquima	--	+
	TR	Drusas	--	+
		Canales	+	+
		Taninos	--	+
Tejido vascular	Haces vasculares	Número	4	4
		Forma	Elíptica	Elíptica a redondeada
		Parénquima con taninos	+	--
	Radios	Esclerénquima	+	+
		Dilatados	--	--
	Médula	Taninos	+	+
		Drusas	+	+
		Canales	+	+

Cuadro 5. Comparación de características anatómicas en ramas de 7mm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			Rama 7mm	
Cutícula			--	+
Epidermis			--	+
Peridermis			+	--
Córtex	PR	Cristales prismáticos	--	+
		Drusas	--	+
		taninos	--	+
		células esclerosadas	+	--
		Divisiones anticlinales	--	+
		SR	Banda uniforme	+
	TR	Cavidades abundantes	+	+
		Células colapsadas abundantes	+	+/--
	Tejido vascular	Fibras	Paquetes	4-5
Radios		Dilatados	+	+/--
FC		Abundantes drusas	--	+
ETC		Obliterados	+	+

+: presente; --: ausente; +/--: en ocasiones

Cuadro 6. Comparación de características anatómicas en ramas de 1.1 cm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			Rama 1.0 cm	Rama 1.1 cm
Córtex	PR	Cutícula	--	+
		Epidermis	--	+
		Peridermis	+	+
		Cristales prismáticos	--	+
		Drusas	--	+
		taninos	--	+
		células esclerosadas	+	--
	Divisiones anticlinales	+	+	
	SR	Banda Uniforme	--	+
		Céls. De esclerénquima rodean parte externa de las cavidades	+	+
TR	Cavidades abundantes	+	--	
	Células colapsadas abundantes	+	--	
Tejido vascular	Paquetes de fibras		5-6	4-5 colapsadas
	Radios	Dilatados	+/--	+/--
		Células esclerosadas	+	--
		Células colapsadas	+	+
	FC	escasas drusas	--	+

+: presente; --: ausente; +/--: en ocasiones

Cuadro 7. Comparación de características anatómicas en ramas de 1.2 cm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			Rama 1.2 cm	Rama 1.2 cm
		Cutícula	--	+
		Epidermis	--	+
		Peridermis	+	+
Córtex	PR	SIN CAMBIOS		
	SR	Banda Uniforme	--	+
		Cristales prismáticos	--	+
		Taninos	--	+
	TR	Cavidades Abundantes	+	+
		Dispersos	+	+
		Rodeados de esclerenquima	--	+
Células colapsadas		+	--	
Tejido vascular	Fibras	Paquetes	5-6	6-7 las externas más evidentes
		Dilatados	+	--
	Radios	Células esclerosadas	+	--
		Taninos	--	+

Cuadro 8. Comparación de características anatómicas en ramas de 1.5 y 1.6 cm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			Rama 1.6 cm	Rama 1.5 cm
		Cutícula	--	+
		Epidermis	--	+
		Peridermis	+	+
	PR	SIN CAMBIOS		
	SR	Banda Uniforme	+ / (-- en agujón)	-- / ++
		Cavidades	+	--
	TR	Cavidades	+	-- / (+individuo B)
		Células colapsadas	+	-- / (+individuo B)

Tejido vascular	Fibras	Paquetes	6	8-9
	Radios	Dilatados	+	+/--
		Células esclerosadas	+	--

+: presente; --: ausente; +/--: en ocasiones

Cuadro 9. Comparación de características anatómicas en ramas de 2.0 cm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			Rama 2.0 cm	Rama 2.0 cm
Cutícula			--	+
Epidermis			--	+
Peridermis			+	+
Córtex	PR	Cristales prismáticos		
		Drusas		
		taninos		
		células esclerosadas		
		Divisiones anticlinales	+	+/--
		Divisiones periclinales	--	+/--
	SR	Banda Uniforme	+	+
		Esclereidas	+	+
		Cristales prismáticos	--	+
	TR	Cavidades abundantes	--	+/--
Células colapsadas		--	+	
Tejido vascular	Fibras	Paquetes	9	12-13
	Radios	Dilatados	+	+/--
		Células esclerosadas	+	--
		Esclereidas	--	+
		Células de parénquima colapsadas	--	+

+: presente; --: ausente; +/--: en ocasiones

Cuadro 10. Comparación de características anatómicas en ramas de 2.8 cm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			Rama 2.8 cm	Rama 2.8 cm
Cutícula			--	--
Epidermis			--	--
Peridermis			+	+
Cristales prismáticos			--	+
Drusas			--	+
Córtex	PR	Cristales prismáticos	--	Córtex colapsado
		Drusas	--	
		taninos	--	
		células esclerosadas	+	
		Divisiones anticlinales	+	
	SR	Banda Uniforme	+	
	TR	Cavidades	+	
Células colapsadas		--		
Tejido vascular	Fibras		10	19-20
		Paquetes		
	Radios	Dilatados	+	+
		Células esclerosadas	+	--

Cuadro 11. Comparación de características anatómicas en tronco de 15 y 9 cm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>
			9 cm	15 cm
Cutícula			--	+
Epidermis			--	+
Peridermis			+	+
Córtex	PR	Cristales prismáticos	+	+
		Drusas	+	
		taninos	+	
		células esclerosadas	+	+
		Divisiones anticlinales		
	SR	Banda Uniforme	--	+
		Esclereidas		+
		Cristales prismáticos		+
		Taninos		+/--
	TR	Canales abundantes	--	--
		Células colapsadas	--	--
		Drusas	--	+

		Taninos	--	+
Tejido vascular	Paquetes de fibras		13-14 las más externas colapsadas	24-25
	Radios	Dilatados	+	--
		Células esclerosadas	+	--
		Esclereidas		+
		Taninos	+	--

+: presente; --: ausente; +/-: en ocasiones

Cuadro 12. Comparación de características anatómicas en tronco de 80 y 92 cm de diámetro en *C. pentandra* y *C. aesculifolia*.

			<i>C. aesculifolia</i>	<i>C. pentandra</i>	
			92 cm	80 cm	
		Cutícula	--	--	
		Epidermis	--	--	
		Peridermis	+	+	
		Cristales prismáticos	---	+	
Córtex	PR	Cristales prismáticos	+	--	
		Drusas	+	--	
		taninos	--	+	
		células esclerosadas	+	+	
		Divisiones anticlinales		+	
	SR	Banda Uniforme	--	--	
	TR	Cavidades	--	Colapso	
		Células colapsadas		--	
	Tejido vascular	Paquetes de fibras		37-38	39-40
		Radios	Dilatados	--	--
Esclereidas			+	+	
Drusas			+	--	
Cristales prismáticos			+	+	
Taninos			+	--	

Cuadro 13. Comparación de características anatómicas en plántulas de 1, 2, 2.5 y 3 mm de diámetro en *C. aesculifolia*.

			Plántulas <i>Ceiba aesculifolia</i>			
			1mm	2 mm	2.5 mm	3 mm
Epidermis			+	+	+	+
Hipodermis			+	+	+	+
Peridermis			+	+	+	+
Aguijón			--	--	--	+
Córtex	PR	Estratos de parénquima	2-3	2-3	2-3	3-4
		Divisiones anticlinales	--	--	--	+
		Taninos	--	--	--	+
	SR	Colénquima	+	+	--	--
		Esclerénquima	--	+	+	+/--(en aguijón)
	TR	Canales o cavidades abundantes	+	+	--	--
Células de parénquima colapsadas		--	+	+	+	
Tejido vascular	Paquetes de fibras		1	2	3	3
	Radios	Dilatados	--	--/+	+	+

+: presente; --: ausente; +/--: en ocasiones

A continuación se comparan algunos rasgos anatómicos de la corteza de los ejes mayores de *C. aesculifolia* y *C. pentandra* observados en este trabajo con otros autores (Cuadro 14).

Características	<i>C. aesculifolia</i>			<i>C. pentandra</i>		
	Muñoz-Cazares 2017	Roth 1972	Guía Ramírez Sandra 2019	Muñoz-Cazares 2017	Roth 1972	Guía Ramírez Sandra 2019
Canales y cavidades	---	---	No evidentes-escasos	---	---	No se observan
Radios	Ligeramente dilatados cerca de la peridermis	---	Dilatados hasta la peridermis	Fuertemente dilatados cerca del cambium vascular	Irregularmente ensanchados	Dilatación hasta la capa más interna del córtex
Forma de los grupos de esclereidas	Pequeños y redondos	---	---	Alargadas tangencialmente	---	Pequeños y de forma elíptica, ovalados o irregulares
Posición de las células de esclereidas	Escasas y presentes cerca de la peridermis	---	Cerca de la peridermis y en las células de los radios	Numerosos, unos en las células de los radios y de forma alargada y otros en córtex	En las células de los radios	En la periferia de los radios o en las células de los radios
Taninos	---	---	Abundantes	---	---	Regulares
Drusas	Abundantes	---	Abundantes	Escasos y regulares	---	Abundantes
Cristales prismáticos	Regulares	---	Regulares	Abundantes	---	Regulares
Aguijones	Estratificados	---	Estratificados	Homogéneos	Homogéneos	Homogéneos

Cuadro 15. Características anatómicas cuantitativas de los ápices en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Ápice <i>C. aesculifolia</i>				Ápice <i>C. pentandra</i>			
	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)
Cutícula					2.54	0.44	1.85	3.24
Diámetro tangencial células de la epidermis	16.11	8.60	10.03	22.20	10.76	1.94	7.54	13.98
Diámetro tangencial células de parénquima	23.28	6.59	10.37	36.2	22.52	5.86	11.58	33.47
Diámetro tangencial canales	60.63	21.32	45.55	75.71	123.82	25.78	73.62	174.03
Diámetro radial haces vasculares	269.2	29.91	219.48	319.07	346.35	89.57	195.68	497.02

Cuadro 16. Características anatómicas cuantitativas en ramas de 7 mm de diámetro en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Rama 7 mm <i>C. aesculifolia</i>				Rama 7 mm <i>C. pentandra</i>			
	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)
Cutícula	---	---	---	---	2.08	0.88	1.46	2.71
Diámetro tangencial células de la epidermis	---	---	---	---	21.32	8.28	15.47	27.18
Diámetro tangencial células de parénquima	25.62	12.88	16.51	34.73	6.02	16.96	15.45	39.44

Diámetro tangencial canales o cavidades	170.27	53.83	72.38	268.16	73.59	38.93	46.06	101.12
Dilatación radios	384.8	336.92	146.56	623.04	268.24	83.02	107.97	428.51
Floema	823.02	58.6	720.98	925.07	940.63	58.13	846.47	1034.8

Cuadro 17. Características anatómicas cuantitativas en ramas de 1.0 y 1.1 cm de diámetro en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Rama 1.0 cm <i>C. aesculifolia</i>				Rama 1.1 cm <i>C. pentandra</i>			
	M	Sd	Mín (µm)	Máx (µm)	M	Sd	Mín (µm)	Máx (µm)
Cutícula	---	---	---	---		0.41	2.41	3.59
Diámetro tangencial células de la epidermis	---	---	---	---	14.03	2.45	10	18.06
Diámetro tangencial células de parénquima	36.65	8.59	20.07	53.23	29.715	6.45	17.86	41.57
Amplitud de la TR	226.94	37.98	161.99	291.89	565.39	74.29	441.06	689.72
Diámetro tangencial cavidades	198.4	73.09	63.54	333.26	130.50	29.67	77.22	183.79
Dilatación radios	320.59	60.54	64.17	287.91	353.28	117.43	113.95	592.62
Floema	1060.7	40.98	999.28	1122.2	1418.6	71.78	1294.7	1542.6

Cuadro 18. Características anatómicas cuantitativas en ramas de 1.2 cm de diámetro en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Rama 1.2 cm <i>C. aesculifolia</i>				Rama 1.2 cm <i>C. pentandra</i>			
	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)
Diámetro radial peridermis	85.62	8.44	72.14	104.05	126.82	31.6	64	189.64
Diámetro tangencial células de parénquima	37.08	8.75	22.39	61.55	26.42	5.65	15.48	37.37
Amplitud de la TR	493.18	161.93	307.59	693.21	525.57	119.26	349.53	701.62
Diámetro tangencial cavidades	759.30	728.36	244.27	1274.3	122.58	32.92	71.31	173.85
Dilatación radios	404.96	174.67	127.12	641.01	169.44	72.73	41.75	297.14
Floema	1258.5	84.54	1107.5	1361.0	1584.6	74.53	1471.1	1698.2

Cuadro 19. Características anatómicas cuantitativas en ramas de 1.6 y 1.5 cm de diámetro en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Rama 1.6 cm <i>C. aesculifolia</i>				Rama 1.5 cm <i>C. pentandra</i>			
	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)
Diámetro tangencial células de la epidermis	---	---	---	---	14.115	3.37	8.64	19.59
Diámetro radial peridermis	80.56	6.5	64.57	96.56	123.06	10.98	98.68	147.45

Diámetro tangencial células de parénquima	47.89	8.98	30.68	65.11	31.245	5.06	20.46	42.03
Amplitud de la TR	271.05	22.92	229.9	312.21	323.33	63.15	210.58	436.08
Diámetro tangencial canales	244.05	98.69	73.5	414.6	95.015	20.6	57.14	132.89
Dilatación radios	450.41	349.44	203.32	697.51	386.68	186.46	85	688.37
Floema	1150.8	54.31	1058.8	1242.7	1977.0	78.2	1870.2	2083.8

Cuadro 20. Características anatómicas cuantitativas en ramas de 2.0 cm de diámetro en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Rama 2.0 cm <i>C. aesculifolia</i>				Rama 2.0 cm <i>C. pentandra</i>			
	M	Sd	Mín (µm)	Máx (µm)	M	Sd	Mín (µm)	Máx (µm)
Diámetro radial peridermis	65.8	5.56	55.37	76.23	282.1	57.15	189.2	375
Diámetro tangencial células de parénquima	31.685	7.8	17.42	45.95	37.77	7.08	24.99	50.55
Amplitud de la TR	354.47	57.51	249.47	459.47	261.65	38.28	205.43	317.88
Diámetro tangencial cavidades	292.35	84.59	131.34	453.36	135.97	29.36	80.99	190.96
Dilatación radios	537.89	217.41	157.43	918.35	431.01	188.58	102.99	759.03
Floema	1449.4	41.48	1394.3	1504.5	1941.4	187.11	1689.5	2193.4

Cuadro 21. Características anatómicas cuantitativas en ramas de 2.8 cm de diámetro en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Rama 2.8 cm <i>C. aesculifolia</i>				Rama 2.8 cm <i>C. pentandra</i>			
	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)
Diámetro radial peridermis	63.985	7.06	49.41	78.56	702.12	60	600.28	795.06
Diámetro tangencial células de parénquima	34.12	5.38	23.38	44.86	36.43	4.48	27.66	44.34
Amplitud de la TR	420.245	61.77	336.83	503.66				
Diámetro tangencial cavidades	219.685	53.81	134.14	305.23	COLAPSADO			
Dilatación radios	474.21	133.61	243.3	705.12	1071.5	231.71	827.77	1376.04
Floema	2277.54	94.66	2170.5	2384.5	3194.1	631.92	2747.2	3640.96

Cuadro 22. Características anatómicas cuantitativas en troncos de 9 y 15 cm de diámetro en *C. aesculifolia* y *C. pentandra*

Carácter	Tronco principal 9 cm <i>C. aesculifolia</i>				Tronco principal 15 cm <i>C. pentandra</i>			
	M	sd	Mín (μm)	Máx (μm)	M	Sd	Mín (μm)	Máx (μm)
Cutícula	---	---	---	---	1.69	0.17	1.51	1.93
Diámetro tangencial células de la epidermis	---	---	---	---	19.46	1.8	16	21.85
Diámetro tangencial células de parénquima	29.06	5.59	20.23	40.1	47.5	9.58	28.87	64.94

	193.96	31.78	145.03	228.71	COLAPSO			
Amplitud de la TR					---	---	---	
Diámetro tangencial canales	346.54	106.29	228.75	486.31				
Dilatación radios	1029.6	531.54	163.97	1895.2	381.84	117.69	248.58	576.01