

## **Anatomía de la madera de 13 especies del orden Sapindales que crecen en el Estado Mérida, Venezuela**

**Williams J. LEÓN H.**

*Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales.  
Departamento de Botánica. Laboratorio de Anatomía de Maderas. wleon@ula.ve*

### **RESUMEN**

Se describe anatómicamente la madera de 13 especies del orden Sapindales que crecen en diferentes localidades del estado Mérida. Las especies estudiadas son de las familias Anacardiaceae (*Astronium graveolens*, *Ochoterena colombiana*, *Toxicodendron striatum*), Burseraceae (*Bursera simaruba*, *Protium heptaphyllum*), Hippocastanaceae (*Billia columbiana*), Meliaceae (*Cedrela montana*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia hirta*), Rutaceae (*Zanthoxylum quinduense*, *Z. melanostictum*), Sapindaceae (*Matayba scrobiculata*) y Staphyleaceae (*Turpinia occidentalis*). En las familias Anacardiaceae y Burseraceae es donde se observa mayor similitud. En *Turpinia occidentalis* (Staphyleaceae), sus características se alejan de lo comúnmente encontrado dentro del orden Sapindales observando una estructura más primitiva en comparación con el resto de las especies estudiadas. Se presenta una clave de identificación basada en características microscópicas.

**Palabras clave:** Anacardiaceae, Anatomía, Burseraceae, Hippocastanaceae, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Sapindales, Staphyleaceae, Xilema

### **Wood anatomy of 13 species of the order Sapindales growing in Mérida state, Venezuela**

### **ABSTRACT**

Wood anatomy descriptions for 13 species of the Sapindales order growing in Merida state, Venezuela are presented. This includes species from Anacardiaceae (*Astronium graveolens*, *Ochoterena colombiana*, *Toxicodendron striatum*), Burseraceae (*Bursera simaruba*, *Protium heptaphyllum*), Hippocastanaceae (*Billia columbiana*), Meliaceae (*Cedrela montana*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia hirta*), Rutaceae (*Zanthoxylum quinduense*, *Z. melanostictum*), Sapindaceae (*Matayba scrobiculata*) and Staphyleaceae (*Turpinia occidentalis*). Among the studied families, Anacardiaceae and Burseraceae show the highest degree of similarity. *Turpinia occidentalis* (Staphyleaceae) on the other hand, presents features that are clearly distinctive from the remaining members of Sapindales

which may represent primitive structures. An identification key with microscopic characteristics is given.

**Key words:** Anacardiaceae, Anatomy, Burseraceae, Hippocastanaceae, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae, Sapindales, Staphyleaceae, Xylem

## INTRODUCCIÓN

El orden Sapindales, de acuerdo al sistema de Cronquist (1981), incluye 15 familias y aproximadamente 5.400 especies y más de la mitad se ubican en las familias Sapindaceae y Rutaceae. Aristeguieta (2003) señala que las familias de dicho orden con representantes de porte leñoso en la flora de Venezuela son Staphyleaceae, Sapindaceae, Hippocastanaceae, Burseraceae, Anacardiaceae, Simaroubaceae, Meliaceae, Rutaceae y Zygophyllaceae. En la flora del estado Mérida el orden se encuentra representado por todas las familias mencionadas exceptuando Zygophyllaceae (Ricardi *et al.* 1987). Algunas especies del orden Sapindales en Mérida, tales como *Ochoterena colombiana*, *Toxicodendron striatum* y *Billia columbiana*, son los únicos representantes de sus respectivos géneros en la flora arbórea de Venezuela.

El orden Sapindales ha presentado divergencias en cuanto a los grupos taxonómicos que lo constituyen y las familias Anacardiaceae, Burseraceae, Hippocastanaceae, Meliaceae, Rutaceae, Sapindaceae y Staphyleaceae han sido ubicadas tanto en el orden Sapindales como en el Rurales. El sistema de Takhtajan (1997) incluye a las familias Sapindaceae, Hippocastanaceae y Staphyleaceae dentro del orden Sapindales, mientras que las Anacardiaceae, Burseraceae, Meliaceae y Rutaceae son ubicadas dentro del orden Rurales. Dahlgren (1980) mantiene similitudes con lo indicado por Takhtajan, excepto en lo relacionado con la familia Anacardiaceae la cual la ubica dentro del orden Sapindales.

Dahlgren (1980), Cronquist (1981) y Takhtajan (1997) ubican la familia Staphyleaceae dentro del orden Sapindales, aunque algunos autores han cuestionado esta ubicación: Thorne (1992) la ubica dentro del orden Cunoniales, manteniendo cierta coincidencia con lo señalado por Cronquist (1981), quien indica que la familia Staphyleaceae se puede considerar como periférica y atípica dentro del orden Sapindales y mantiene relación con el orden Rosales, el cual incluye a familias como Cunoniaceae y Davidsoniaceae; estas familias son ubicadas por Thorne (1992) como representantes del orden Cunoniales junto con la familia Staphyleaceae. Más recientemente, Gadek *et al.* (1996) realizaron un estudio donde, con base a análisis moleculares, sugieren que la familia Staphyleaceae debe ser excluida del orden Sapindales, pero no indican una ubicación precisa para esta familia, a pesar de encontrar afinidades moleculares con el género *Crossosoma* (Crossosomataceae). APG (1998) señala que la familia Staphyleaceae pertenece al orden Crossomatales junto con las familias

Crossomataceae, Stachyuraceae, Aphloiaceae, Geissolomataceae, Strasburgeriaceae e Ixerbaceae, dándole un tratamiento totalmente distinto al de los sistemas de clasificación mencionados anteriormente. Sin embargo, indica que las relaciones dentro de este último grupo no están totalmente claras y la definición del orden como tal no ha tenido un fuerte apoyo.

En Venezuela se han realizado algunas descripciones macroscópicas y/o microscópicas del xilema de especies del orden Sapindales (Bascope 1954a, b, 1962; Seelkopf *et al.* 1958; Corothie 1960, 1967; Omaña 1984; Espinoza de P. 1987; Pérez 1993; León & Espinoza de P. 1995; Espinoza de P. & León 1996, 2002; León 2002a, b, 2003; Araque & Gámez 2004). En los trabajos de Bascope (1954a, b), Pérez (1993) y Araque & Gámez (2004), el material de estudio utilizado corresponde a muestras coleccionadas en Mérida. Sin embargo, hasta ahora no se tiene ningún estudio anatómico comparativo de especies de este orden en el país. El objetivo de este trabajo es describir la anatomía del leño de 13 especies del orden Sapindales presentes en el estado Mérida, establecer afinidades y diferencias entre las especies estudiadas y elaborar una clave de identificación con base a características xilemáticas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El material de estudio corresponde a muestras leñosas de 13 especies pertenecientes a siete familias del orden Sapindales ([Tabla 1](#)) las cuales fueron coleccionadas en diferentes áreas del estado Mérida. La preparación de material para estudio microscópico se realizó de acuerdo a la metodología del laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes, y consistió en el ablandamiento de cubos de madera en agua caliente, corte de secciones de 15-25 mm de espesor utilizando un micrótopo de deslizamiento, coloración con safranina y el respectivo montaje con el uso de resina sintética. Para la preparación de macerados se utilizó una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial en proporción 1:1 (Franklin 1937). El material fue descrito tanto a nivel macroscópico como microscópico. La descripción microscópica se realizó de acuerdo a lo estipulado por IAWA Committee (1989). Para las características cuantitativas se realizó un Análisis de Varianza y prueba de Tukey a 99% de probabilidad utilizando el programa SPSS 10.0 para Windows.

**Tabla 1.** Especies del orden Sapindales estudiadas, muestra de xiloteca y procedencia.

Familia	Especie	N° Xiloteca	Procedencia
Anacardiaceae	<i>Astronium graveolens</i>	X4993	Estanquez
	<i>Ochoterena colombiana</i>	X6082, X6083, X6084, X6086	Carretera Panamericana, Mérida-El Vigía
	<i>Toxicodendron striata</i>	X5014	Mérida
Burseraceae	<i>Bursera simaruba</i>	X249, X4996	Estanquez
	<i>Protium heptaphyllum</i>	X966	Colinas de Río Gavilán, Mérida
Hippocastanaceae	<i>Billia columbiana</i>	X16, X5056, X5403, X5417, X6127	La Mucuy
Meliaceae	<i>Cedrela montana</i>	X336 X6121	Pueblos del Sur Monte Zerpa
	<i>Guarea kunthiana</i>	X17	La Mucuy

Continuación Tabla 1

Familia	Especie	N° Xiloteca	Procedencia
Meliaceae	<i>Trichilia hirta</i>	X6131	La Azulita
		X274	El Vigía
		X5860, X6152	La Azulita
Rutaceae	<i>Zanthoxylum quinduense</i>	X49	La Mucuy
	<i>Zanthoxylum tachirensis</i>	X15,	La Mucuy
		X56 X6129	La Carbonera La Azulita
Sapindaceae	<i>Matayba scrobiculata</i>	X313	El Vigía
Staphyleaceae	<i>Turpinia heterophylla</i>	X8, X5467	La Mucuy

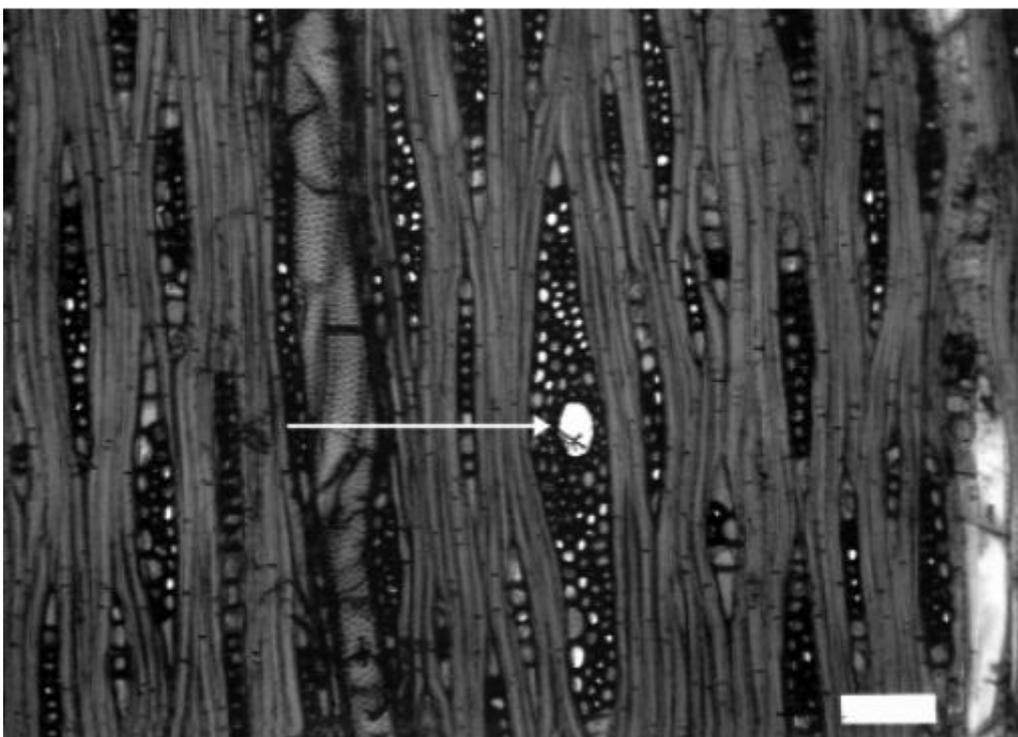
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **Astronium graveolens Jacq. (Anacardiaceae)**

*Astronium conzattii* S.F.Blake, *Astronium fraxinifolium* Schott ex Spreng., *Astronium fraxinifolium* var. *glabrum* Engl., *Astronium graveolens* var. *brasiliense* Engl., *Astronium graveolens* var. *inodorum* Triana & Planch., *Astronium graveolens* var. *planchoniana* Engl., *Astronium planchonianum* Engl., *Astronium zongolica* Reko

Madera con albura de color amarillo pálido (2.5Y 8/3) y duramen color marrón (7.5YR 5/4), transición abrupta entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre alto a mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Madera dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por reducción del diámetro radial y engrosamiento de las paredes de las fibras. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-8), algunos arracimados, 30 poros por mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de (85-) 100 (-140) μm, longitud de elementos vasculares de (210-) 308 (-385) μm, platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas, diámetro de (7,5-) 8,75-10 μm, punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con aréola reducida o aparentemente simple, forma redondeada o alargada horizontalmente, tíldes presentes, abundantes. Fibras septadas, paredes gruesas, longitud de (720-) 907 (-1.100) μm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, aliforme de ala corta, en series de 2-5 células. Radios heterocelulares con 2-4 rutas de células marginales, 8-12 radios por mm, 1-3 (-4) células de ancho, altura (260-) 375 (-520) μm, células envolventes levemente desarrolladas en algunos radios. Cristales prismáticos en células cuadradas o erectas pudiendo llegar a formar idioblastos, 1 (-2) cristales por célula. Conductos gomíferos transversales presentes ([Fig. 1](#)).



**Fig. 1.** *Astronium graveolens*. Conductos gomíferos transversales. Escala = 100 μm.

### **Ochoterena colombiana** F.A.Barkley (Anacardiaceae)

Madera de color blanco rosáceo (7.5YR 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre bajo a mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Madera blanda y liviana.

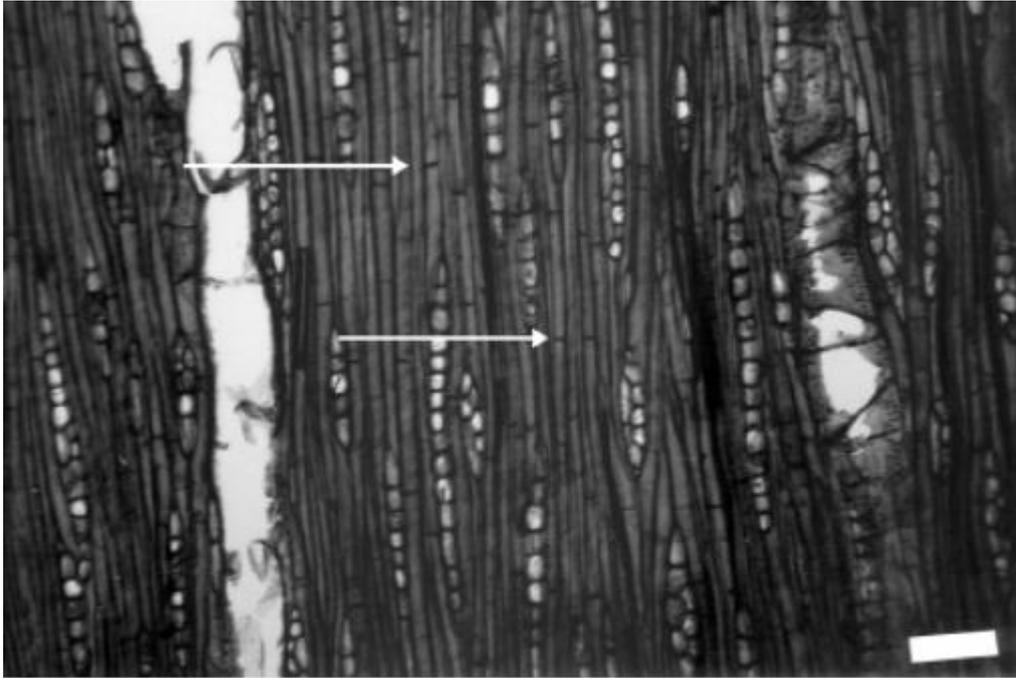
Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3 (-5), algunos arracimados, 7-14 poros por mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de (100-) 140-194 (-285) μm, longitud de elementos vasculares de (195-) 314-378 (-605) μm, platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas a grandes, diámetro de (8,75-) 10-12,5 μm, punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con aréola reducida o aparente-mente simple, forma redondeada y alargada horizontal o verticalmente, tílides presentes, abundantes. Fibras no septadas, paredes delgadas, longitud de (680-) 837-941 (-1.115) μm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, fusiforme y en series de 2-4 (-6) células, poco fusiforme. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con una ruta de células marginales, 3-8 radios por mm, 1-3 células de ancho, predominantemente 2-3, altura (210-) 288-346 (-450) μm.

**Toxicodendron striatum** (Ruiz & Pav.) Kuntze (Anacardiaceae)

*Rhus juglandifolia* var. *lindeniana* (Turcz.) Engl., *Rhus juglandifolia* var. *samo* (Tul.) Engl., *Rhus juglandifolia* Willd. ex Roem. & Schult., *Rhus lindeniana* Turcz., *Rhus samo* Tul., *Rhus striata* Ruiz & Pav., *Rhus striatum* Ruiz & Pav.

Madera de color amarillo pálido (2.5Y 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano recto a inclinado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento ligeramente definidos por reducción del diámetro radial de las paredes de las fibras. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4, 15 poros por mm<sup>2</sup>, diámetro tangencial de (70-) 92 (-115) μm, longitud de elementos vasculares de (170-) 313 (-490) μm, platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas, diámetro de 7,5-10 μm, punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con aréola reducida o aparentemente simple, forma redondeada y alargada horizontal o verticalmente, tílides presentes, abundantes. Fibras septadas ([Fig. 2](#)), paredes delgadas, longitud de (700-) 824 (-1.065) μm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, aliforme de ala corta; predominantemente paratraqueal escaso y vasicéntrico delgado, en series de 3-7 células. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con una ruta de células marginales, 4-8 radios por mm, 1-2 células de ancho ([Fig. 2](#)), altura (210-) 320 (-490) μm. Cristales prismáticos en las células parenquimáticas radiales, pocos, un cristal por célula.



**Fig. 2.** *Toxicodendron striatum*. Fibras septadas, radios 1-2 células de ancho. Escala = 100  $\mu\text{m}$ .

### **Bursera simaruba (L.) Sarg. (Burseraceae)**

*Bursera bonairensis* Boldingh, *Bursera gummifera* L., *Bursera gumífera* var. *pubescens* Engl., *Bursera integerrima* (Tul.) Triana & Planch., *Bursera ovalifolia* (Schltdl.) Engl., *Bursera subpubescens* (Rose) Engl., *Bursera gummifera* (L.) L., *Elaphrium simaruba* (L.) Rose, *Elaphrium subpubescens* Rose, *Pistacia simaruba* L., *Tapirira macrophylla* Lundell.

Madera de color amarillo pálido (2.5Y 8/4, 2.5Y 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano recto a inclinado. Textura fina. Blanda y liviana.

Anillos de crecimiento definidos por reducción del diámetro radial de las paredes de las fibras. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios, múltiples radiales de 2-3 (-4-5); 17-20 poros por  $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial (85-) 110-115 (-170)  $\mu\text{m}$ , longitud de elementos vasculares (240-) 377-440 (-660)  $\mu\text{m}$ , platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, grandes, diámetro 10-12,5  $\mu\text{m}$ . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con aréola reducida o aparentemente simples, redondeadas o alargadas horizontalmente. Fibras septadas (**Fig. 3a**), paredes delgadas, longitud (700-) 825-1.016 (-1.270)  $\mu\text{m}$ , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico; en series de 2-4(-6) células. Radios heterocelulares con 1(-2) rutas de células marginales; 4-7 radios por  $\text{mm}$  lineal; 1-5 células de ancho, predominantemente 3-4 células, altura (235-) 343-478 (-650)  $\mu\text{m}$ . Cristales

prismáticos en células parenquimáticas radiales ([Fig. 3a](#)), predominantemente en las células cuadradas o erectas. Conductos gomíferos transversales presentes ([Fig. 3b](#)).

**Protium heptaphyllum** (Aubl.) Marchand (Burseraceae) *Icica heptaphylla* Aubl.

Madera de color marrón muy pálido (10YR 7/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre mediano. Grano recto a inclinado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios y múltiples radiales de 2-3 (-4); 30 poros por mm<sup>2</sup>; diámetro tangencial (70-) 87 (-105) µm, longitud de elementos vasculares (250-) 364 (-550) µm, platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas a grandes, diámetro 8,75-10 (-11,25) µm. Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con aréola reducida o aparentemente simple, redondeadas o alargadas horizontalmente, tílides presentes, abundantes. Fibras septadas, paredes medianas a gruesas, longitud (690-) 944 (-1.110) µm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso en agregados, paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, ocasionalmente aliforme de ala corta; en series de (3-) 4-6 células. Radios heterocelulares con 1-3 rutas de células marginales, predominantemente 1-2 rutas; 6-11 radios por mm lineal; 1-3 células de ancho, predominantemente biseriados, altura (300-) 393 (-500) µm. Cristales prismáticos en células cuadradas o erectas de los radios pudiendo llegar a formar idioblastos, se pueden presentar en cámaras dentro de las células radiales, 1 (-2) cristales por célula o cámara.

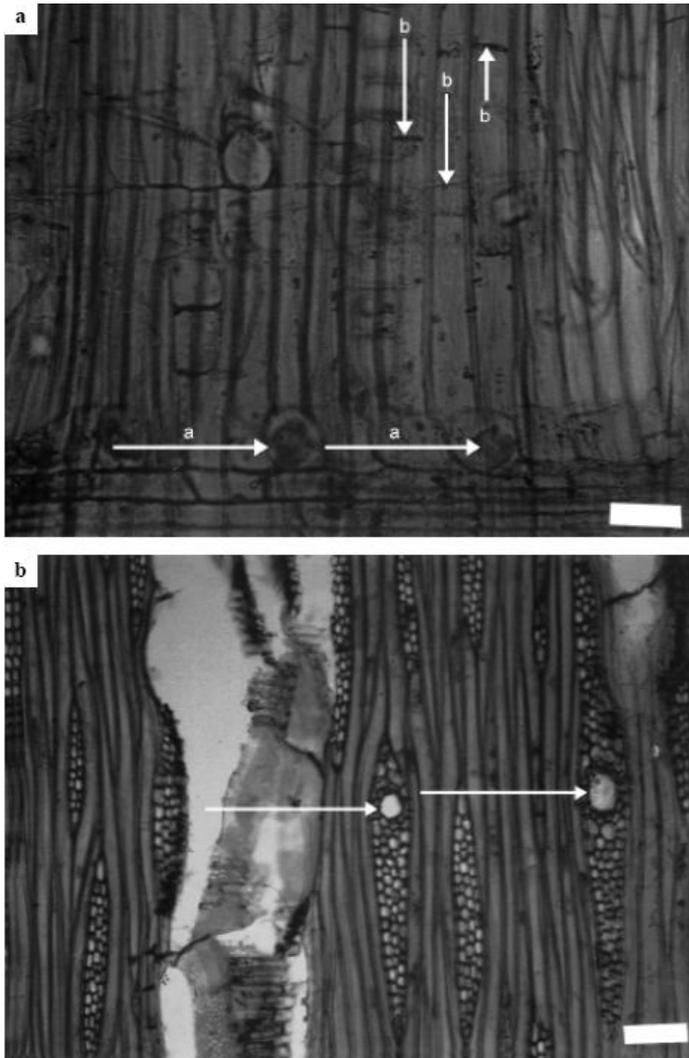


Fig. 3. *Bursera simaruba*. a. Cristales en los radios (a), fibras septadas (b). Escala = 50  $\mu\text{m}$ .  
b. Conductos gomíferos transversales. Escala = 100  $\mu\text{m}$ .

### ***Billia columbiana* Planch. & Linden (Hippocastanaceae)**

Madera con albura de color blanco rosáceo (7,5YR 8/2) a rosado (7,5YR 8/4, 7,5YR 8/3) y duramen amarillo rojizo (7,5YR 7/6), transición abrupta entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre mediano. Grano recto a inclinado o entrecruzado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada a dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal (**Fig. 4**). Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios, múltiples radiales de 2-4 (-5), algunos arracimados; 10-29 poros por  $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial (45-) 63-83 (-120)  $\mu\text{m}$ , longitud de elementos vasculares (190-) 297-433 (-645)  $\mu\text{m}$ , platinas de perforación simple, ocasionalmente reticuladas, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, ocasionalmente poligonales, pequeñas a medianas, diámetro 5-7,5  $\mu\text{m}$ , punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Fibras no septadas, paredes delgadas a gruesas, longitud (590-) 735-1.017 (-1.660)  $\mu\text{m}$ , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso, en agregados, paratraqueal escaso, vasicéntrico, ocasionalmente aliforme de ala

corta, marginal; en series de 2-4 (-6) células. Radios homocelulares de células procumbentes, ocasionalmente heterocelulares con una ruta de células marginales; 7-15 radios por mm lineal; exclusivamente uniseriados, altura (160-) 260-362 (-570)  $\mu\text{m}$ . Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas (X16, X5056).

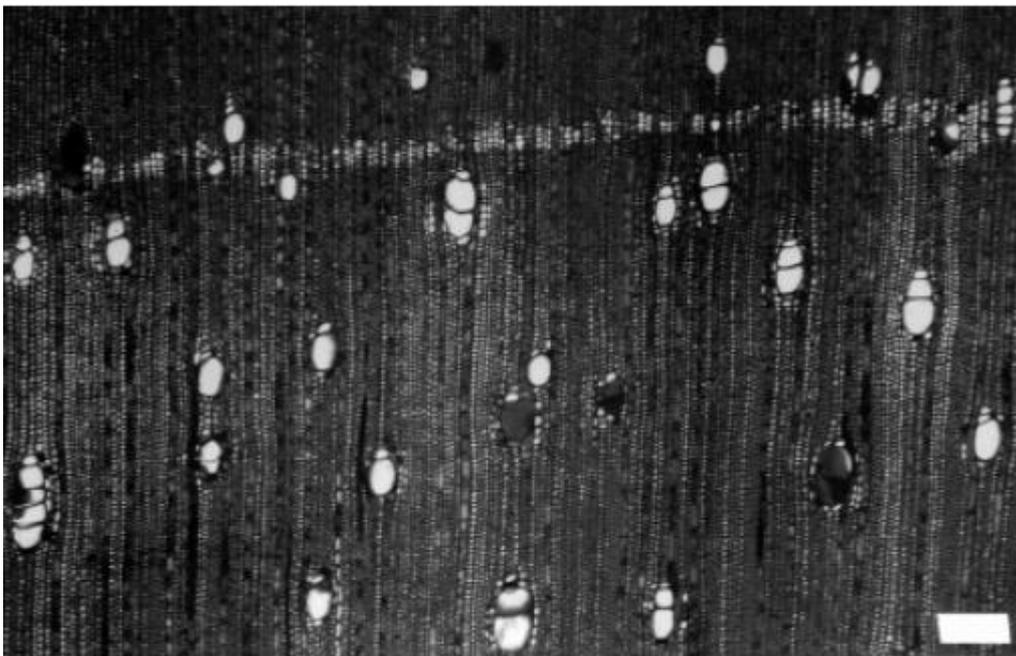


Fig. 4. *Billia columbiana*. Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal. Escala = 200  $\mu\text{m}$ .

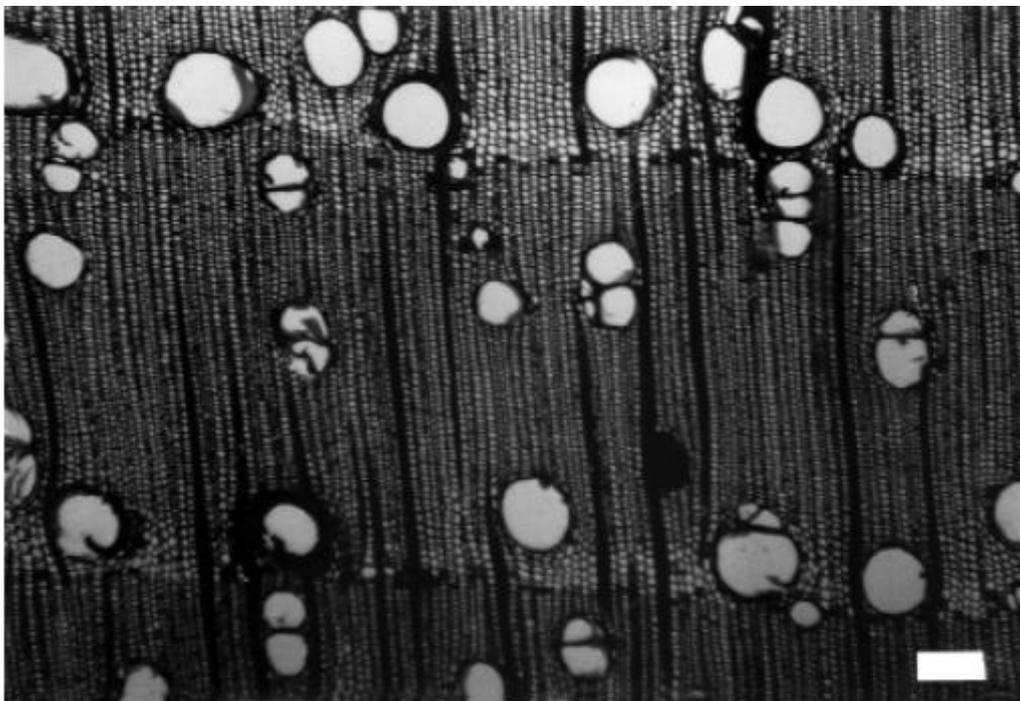
#### **Cedrela montana** Moritz ex Turcz. (Meliaceae)

*Cedrela bogotensis* Triana & Planch., *Cedrela subandina* Cuatrec., *Surenus bogotensis* (Triana & Planch.) Kuntze, *Surenus montana* (Moritz & Turcz.) Kuntze.

Madera con albura de color marrón muy pálido (10YR 8/3) y duramen marrón (7,5YR 5/4), transición abrupta entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre alto. Grano recto a inclinado. Textura mediana. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por porosidad semicircular y parénquima marginal (**Fig. 5**). Poros sin patrón definido de disposición; solitarios, múltiples radiales de 2-3, algunos arracimados y múltiples tangenciales; 4-9 poros por  $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial (90-) 145-173 (-250)  $\mu\text{m}$ , longitud de elementos vasculares (220-) 369-377 (-610)  $\mu\text{m}$ , platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas, diámetro 5-6,25  $\mu\text{m}$ , punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares, depósitos de goma en los poros. Fibras septadas y no septadas, paredes delgadas, longitud (900-) 1.150-1.233 (-1.460)  $\mu\text{m}$ , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico, ocasionalmente aliforme de ala corta, marginal; en series de

(2-) 4-5 (-8) células. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con 1 (-2) rutas de células marginales; 3-7 radios por mm lineal; 2-6 células de ancho, altura (210-) 269-382 (-540)  $\mu\text{m}$ . Cristales prismáticos en células parenquimáticas radiales y, ocasionalmente, en parénquima axial, un cristal por célula.



**Fig. 5.** *Cedrela montana*. Porosidad semicircular y parénquima marginal. Escala = 200  $\mu\text{m}$ .

### **Guarea kunthiana** A.Juss. (Meliaceae)

*Guarea densiflora* Poepp. & Endl., *Guarea depauperata* Harms, *Guarea glauca* Triana & Planch., *Guarea grandifoliola* C.DC., *Guarea kunthiana* var. *densiflora* (Poepp. & Endl.) C.DC., *Guarea kunthiana* var. *hahniana* Krug & Urb. ex Duss, *Guarea kunthiana* var. *hahnii* C.DC., *Guarea macrantha* Standl. & L.O. Williams, *Guarea megaphylla* Cuatrec., *Guarea membranacea* Rusby, *Guarea oblongiflora* C.DC., *Guarea poeppigii* Triana & Planch., *Guarea pohlii* C.DC., *Guarea pohlii* var. *glabra* C.DC., *Guarea pohlii* var. *glabrior* C.DC., *Guarea simplicifolia* C.DC., *Guarea steinbachi* Harms, *Guarea williamsii* C.DC.

Madera de color rosado (7.5YR 8/3) a marrón muy pálido (10YR 8/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura mediana. Moderadamente dura y pesada a dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios, múltiples radiales de 2-3 (-4-7), algunos arracimados; 6-10 poros por  $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial (85-) 117-125 (-190)  $\mu\text{m}$ , longitud de

elementos vasculares (280-) 441-471 (-670)  $\mu\text{m}$ , platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas, diámetro 5-6,25  $\mu\text{m}$ , punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares, depósitos de goma en los poros. Fibras septadas ([Fig. 6a](#)), paredes delgadas a medianas, longitud (870-) 1.091-1.150 (-1.325)  $\mu\text{m}$ , punteaduras indistintamente areoladas. Parénqui-ma paratraqueal vasicéntrico, aliforme de ala corta, confluyente; predominantemente en bandas con más de tres células de ancho ([Fig. 6b](#)), en series de 4-8 células. Radios predominantemente homocelulares de células procumbentes y algunos heterocelulares con una ruta de células marginales; 6-13 radios por mm lineal; exclusivamente uniseriados, altura (190-) 272-344 (-460)  $\mu\text{m}$ .

**Trichilia hirta** L. (Meliaceae)

*Cupania trachycarpa* Griseb., *Trichilia cathartica* C.DC., *Trichilia cathartica* var. *glabrios* C.DC., *Trichilia chiapensis* Matuda, *Trichilia glaziovi* C.DC., *Trichilia goyazana* C.DC., *Trichilia hirta* var. *magnifolia* C.DC., *Trichilia karwinskyana* C.DC., *Trichilia longifolia* C.DC., *Trichilia microcarpa* C.DC., *Trichilia multiflora* Casar., *Trichilia multifoliola* C.DC., *Trichilia multijuga* C.DC., *Trichilia oxyphylla* C.DC., *Trichilia parvifoliola* C.DC., *Trichilia pyramidata* Harms, *Trichilia schiedeana* C.DC., *Trichilia schiedeana* var. *purpusii* Brandegee, *Trichilia spondioides* Jacq., *Trichilia spondioides* var. *gibbosifolia* C.DC., *Trichilia spondioides* var. *gibbosifoliola* C.DC., *Trichilia verrucata* Suess., *Trichilia verrucata* var. *plurifoliolata* Suess., *Trichilia wawrana* C.DC., *Trichilia wawrana* var. *antillana* C.DC., *Trichilia welswitschii* C.DC.

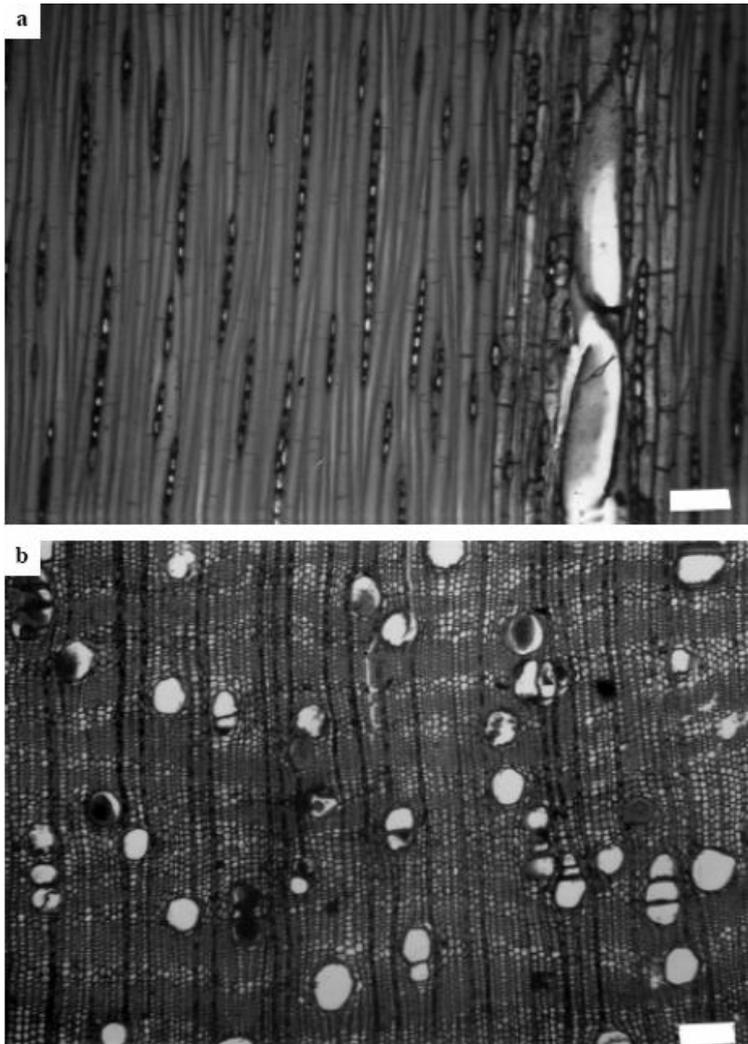


Fig. 6. *Guarea kunthiana*. a. Fibras septadas. Escala = 100  $\mu\text{m}$ . b. Parénquima en bandas anchas. Escala = 200  $\mu\text{m}$ .

Madera de color marrón muy pálido (10YR 8/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano recto. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por engrosamiento de paredes de las fibras. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios, múltiples radiales de 2-3(-4-5), arracimados; 9 poros por  $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial (70-) 85 (-115)  $\mu\text{m}$ , longitud de elementos vasculares (320) 518 (-730)  $\mu\text{m}$ , platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas, diámetro 2,5-3,75  $\mu\text{m}$ , punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares, depósitos de goma en los poros. Fibras no septadas, paredes delgadas a medianas, longitud (970-) 1.259 (-1.580)  $\mu\text{m}$ , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala corta, confluyente, predominantemente en bandas de 1-2 células de ancho ([Fig. 7](#)), en series de 4-7 células. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con una ruta de células marginales; 7-10 radios por  $\text{mm}$  lineal; exclusivamente uniseriados, altura (270-) 359 (-615)  $\mu\text{m}$ . Sílice presente.

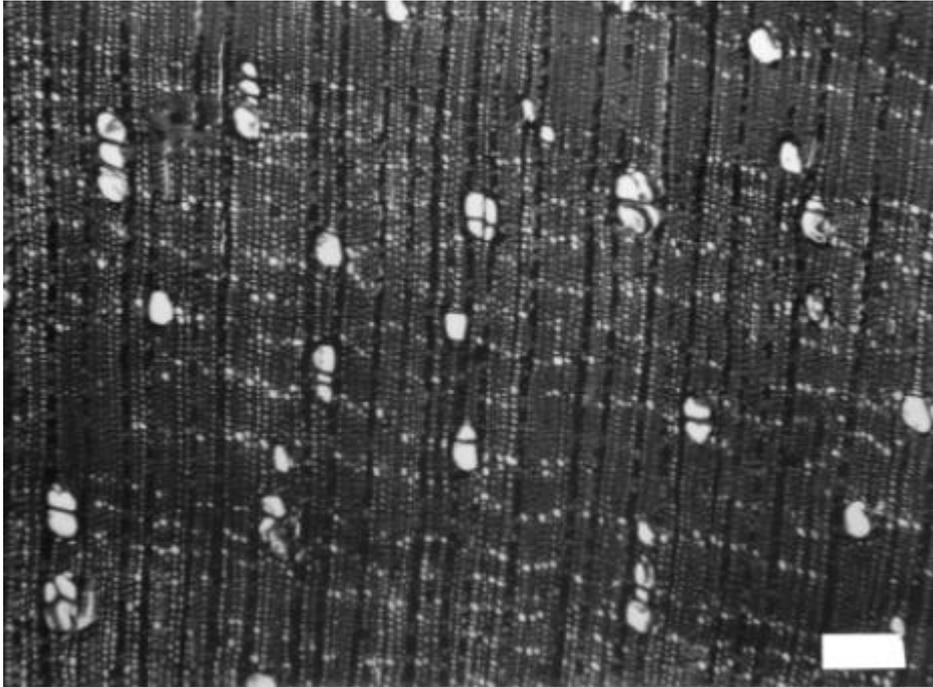


Fig. 7. *Trichilia hirta*. Parenquima en bandas finas. Escala = 200  $\mu\text{m}$ .

### **Zanthoxylum quinduense Tul. (Rutaceae)**

*Fagara macrosperma* (Tul.) Engl., *Fagara quinduensis* (Tul.) Engl., *Zanthoxylum macrospermum* Tul.

Madera de color amarillo pálido (2,5Y 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre bajo a mediano. Grano recto a inclinado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento ligeramente definidos por engrosamiento de paredes de las fibras. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios, múltiples radiales de 2-3 (-4); 20 poros por  $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial (50-) 66 (-85)  $\mu\text{m}$ , longitud de elementos vasculares (280-) 480 (-625)  $\mu\text{m}$ , platinas de perforación simple y algunas platinas con dos aberturas en un mismo extremo del elemento vascular, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas, diámetro 2,5-3,75  $\mu\text{m}$ , punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares, depósitos de goma en los poros. Fibras no septadas, paredes delgadas a medianas, longitud (980-) 1.189 (-1.710)  $\mu\text{m}$ , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal vasicéntrico delgado, en series de 2-4 células. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con 1 (-2) rutas de células marginales; 4-7 radios por  $\text{mm}$  lineal; 1-2 (-3) células de ancho, predominantemente biseriados, altura (200-) 331 (-480)  $\mu\text{m}$ .

### **Zanthoxylum melanostictum Schldl. & Cham. (Rutaceae)**

*Fagara bijuga* Engl., *Fagara crassifolia* Engl., *Fagara melanosticta* (Schltdl. & Cham.) Engl., *Zanthoxylum bijugum* (Engl.) P.Wilson, *Zanthoxylum chiriquinum* Standl., *Zanthoxylum durifolium* Lundell, *Zanthoxylum pallidum* Steyererm., *Zanthoxylum paucijugum* Lundell, *Zanthoxylum scheryi* Lundell, *Zanthoxylum tachirense* Steyererm., *Zanthoxylum xicense* Miranda.

Madera de color amarillo pálido (2,5Y 8/3, 2,5Y 8/4, 2,5Y 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre bajo a mediano. Grano recto a inclinado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por engrosamiento y reducción del diámetro radial de paredes de las fibras, en algunas zonas se pueden desarrollar bandas de parénquima marginal. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios, predominantemente múltiples radiales de 2-4, algunos arracimados; 13-20 poros por mm<sup>2</sup>; diámetro tangencial (50-) 72-120 (-155) µm, longitud de elementos vasculares (200-) 377-379 (-635) µm, platinas de perforación simple ([Fig. 8a](#)), punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, diámetro 3,75-6,25 µm, punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares, depósitos de goma en los poros. Fibras no septadas ([Fig. 8b](#)), paredes delgadas a medianas pudiendo a ser gruesas en la zona de madera tardía de los anillos de crecimiento, longitud (710-) 922-1.019 (-1.300) µm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, poco, ocasionalmente marginal; en series de 2-4 (-5-7) células. Radios homocelulares de células procumbentes; (3-) 4-9 radios por mm lineal; 1-2 (-3) células de ancho, altura (180-) 247-279 (-370) µm. Conductos gomíferos traumáticos presentes.

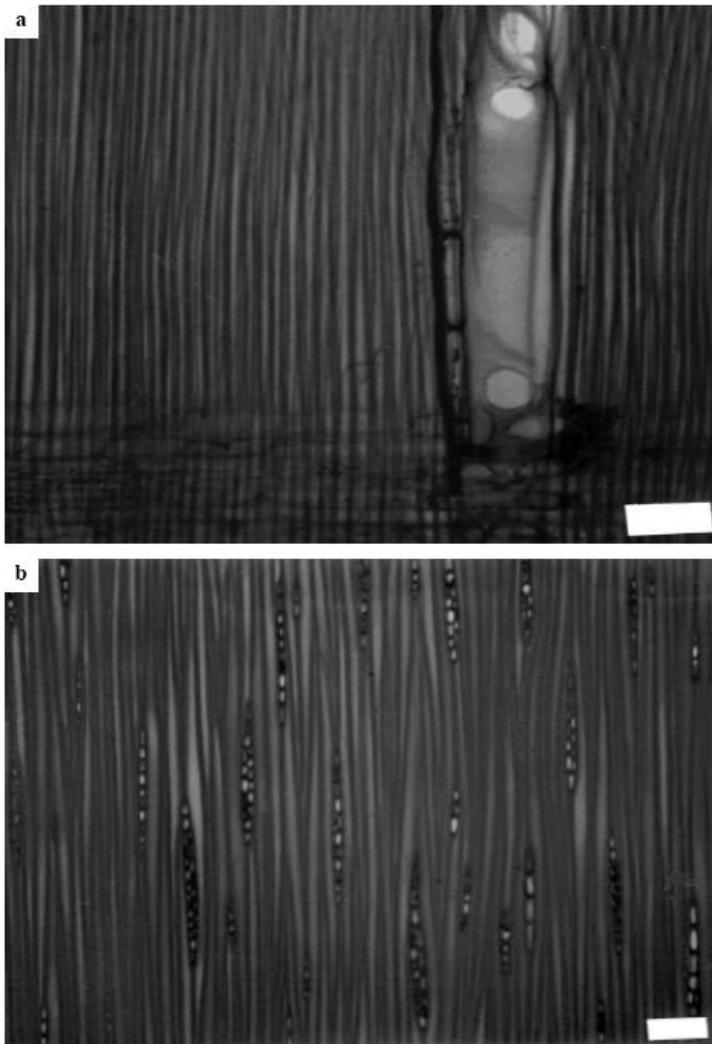


Fig. 8. *Zanthoxylum melanosictum*. a. Platinas de perforación simple. b. Fibras no septadas. Escala = 100 µm.

**Matayba scrobiculata** (Kunth) Radlk. (Sapindaceae) *Cupania scrobiculata* Kunth

Madera de color gris rosáceo (7,5YR 7/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano recto a inclinado. Textura fina. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por engrosamiento y reducción del diámetro radial de paredes de las fibras. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios y múltiples radiales de 2 (-3-4); 18 poros por mm<sup>2</sup>; diámetro tangencial (85-) 102 (-130) µm, longitud de elementos vasculares (245-) 375 (-540) µm, platinas de perforación simple, punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas, diámetro 2,5-3,75 µm, punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares, depósitos de goma en los poros. Fibras septadas, paredes medianas a moderadamente gruesas, longitud (780-) 951 (-1.190) µm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso; en series de 3-4 células, poco parénquima axial. Radios predominantemente homocelulares de células procumbentes y algunos heterocelulares con una ruta de células

marginales; 12-16 radios por mm lineal; exclusivamente uniseriados, altura (200-) 319 (-540)  $\mu\text{m}$ .

**Turpinia occidentalis** (Sw.) G.Don (Staphyleaceae)

*Lacepedea paniculata* Schlecht, *Staphylea heterophylla* Ruiz & Pav., *Staphylea occidentalis* Sw., *Turpinia heterophylla* (Ruiz & Pav.) Tul., *Turpinia paniculata* Vent., *Turpinia pinnata* (Schltdl.) Hemsl., *Turpinia schiedeana* Tul.

Madera de color amarillo pálido (2.5Y 8/4) a marrón muy pálido (10YR 8/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre bajo. Grano recto. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa, poros sin patrón definido de disposición; solitarios y múltiples radiales de 2-4, ocasionalmente arracimados; 20-63 poros por  $\text{mm}^2$ ; diámetro tangencial (55-) 74-86 (-110)  $\mu\text{m}$ , longitud de elementos vasculares (745-) 1.192-1.256 (-1.860)  $\mu\text{m}$ , platinas de perforación escalariforme con más de 20 barras ([Fig. 9a](#)), reticuladas, punteaduras intervasculares opuestas, punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares con aréola reducida o aparentemente simples y de forma redondeada, tílides presentes. Fibras no septadas, paredes delgadas a medianas, punteaduras claramente areoladas ([Fig. 9b](#)) tanto en paredes radiales como tangenciales, longitud (1.650-) 2.044-2.411 (-2.930)  $\mu\text{m}$ . Parénquima apotraqueal difuso, en agregados, paratraqueal escaso; en series de 4-10 células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con más de dos rutas de células marginales; 3-13 radios por mm lineal; 1-10 células de ancho, altura (630-) 1.005-1.410 (-2.210)  $\mu\text{m}$ , células envolventes presentes, pocas (X8).

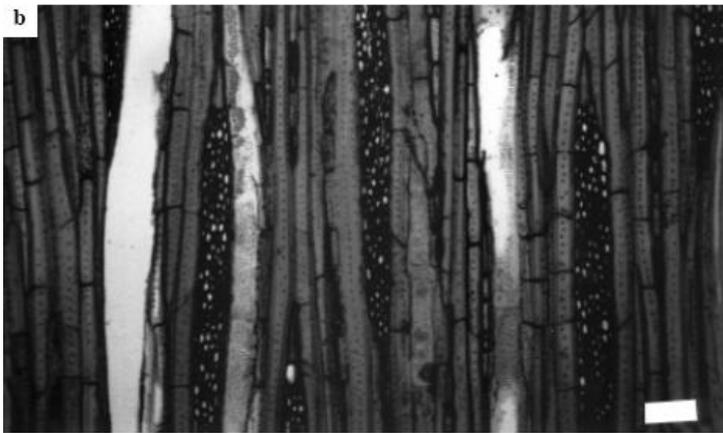
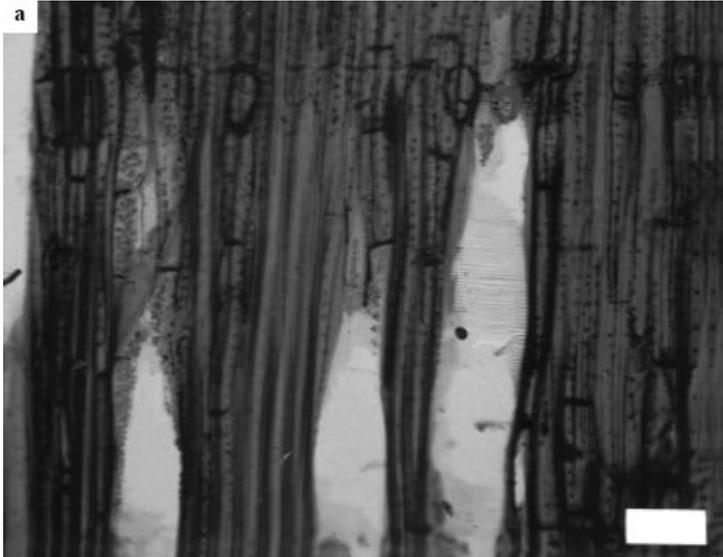


Fig. 9. *Turpinia occidentalis* a. Platinas de perforación escalariforme. b. Fibras con punteaduras claramente areoladas, radios multiseriados, mayores de 1 mm. Escala = 100  $\mu$ m.

## Clave de identificación

- 1a. Fibras septadas presentes ..... 2  
 b. Fibras septadas ausentes ..... 8
- 2a. Porosidad semicircular, parénquima marginal presente .....  
*Cedrela montana*  
 b. Porosidad difusa, parénquima marginal ausente ..... 3
- 3a. Radios exclusivamente uniseriados, depósitos de goma en los poros ... 4  
 b. Radios con más de una célula de ancho presentes, tilides presentes ... 5
- 4a. Parénquima predominantemente en bandas, anillos de crecimiento no definidos, abundante parénquima axial ..... *Guarea kunthiana*  
 b. Parénquima paratraqueal escaso, anillos de crecimiento definidos, poco parénquima axial ..... *Matayba scrobiculata*
- 5a. Conductos gomíferos transversales presentes ..... 6  
 b. Conductos gomíferos transversales ausentes ..... 7
- 6a. Fibras de paredes gruesas, cristales en los radios formando idioblastos ...  
 ..... *Astronium graveolens*  
 b. Fibras de paredes delgadas, cristales en los radios sin formar idioblastos .  
 ..... *Bursera simaruba*
- 7a. Cristales en los radios, radios heterocelulares con 1-3 rutas de células marginales ..... *Protium heptaphyllum*  
 b. Cristales ausentes, radios heterocelulares con una ruta de células marginales ..... *Toxicodendron striatum*
- 8a. Radios exclusivamente uniseriados ..... 9  
 b. Radios con más de una célula de ancho ..... 10
- 9a. Parénquima marginal presente, series parenquimáticas cristalíferas, sílice ausente. .... *Billia colombiana*  
 b. Parénquima marginal ausente, cristales ausentes, sílice presente .....  
 ..... *Trichilia hirta*
- 10a. Platinas de perforación escalariformes, punteaduras intervasculares opuestas, fibras con punteaduras claramente areoladas. ....  
 ..... *Turpinia occidentalis*  
 b. Platinas de perforación simples, punteaduras alternas, fibras con punteaduras indistintamente areoladas ..... 11
- 11a. Poros grandes, con tilides, punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares ..... *Ochoterenaea colombiana*  
 b. Poros pequeños, con goma, punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares ..... 12
- 12a. Radios homocelulares de células procumbentes, ocasionalmente heterocelulares con una ruta de células, parénquima paratraqueal escaso. ....  
 ..... *Zanthoxylum melanostictum*  
 b. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con 1 (-3) rutas de células marginales, parénquima paratraqueal vasicéntrico delgado .....  
 ..... *Zanthoxylum quinduense*

## Anillos de crecimiento

El 63,64% de las especies estudiadas se caracterizan por presentar anillos de crecimiento claramente definidos, siendo el engrosamiento y/o reducción del diámetro radial de las paredes de las fibras la característica principal que permite la diferenciación de anillos. En *Cedrela montana* la diferenciación de anillos se produce por la porosidad semicircular y el parénquima marginal, mientras que en *Billia colombiana* el desarrollo de bandas de parénquima marginal es el elemento anatómico que permite distinguir anillos de crecimiento.

## Vasos

Las especies estudiadas tuvieron un comportamiento similar en las características correspondientes a disposición y agrupación de poros, manteniéndose dentro del patrón común observado en la mayoría de las especies latifoliadas. Con relación a la porosidad, como es común en las maderas latifoliadas tropicales, se observó un predominio de porosidad difusa y sólo se presentó porosidad semicircular en *Cedrela montana*. Las platinas de perforación fueron de tipo exclusivamente simples excepto en *Billia colombiana* donde ocasionalmente se pueden presentar platinas reticuladas y *Turpinia occidentalis* donde las platinas son exclusivamente escalariformes con más de 20 barras. Esto indica que la presencia de platinas múltiples se restringe al 15,38% de las especies estudiadas. Las punteaduras intervasculares se presentaron como exclusivamente alternas excepto en *Turpinia occidentalis* donde son de tipo opuesto. El tamaño de las punteaduras varió desde diminutas a grandes, observándose similitud en los representantes de las familias Sapindaceae, Meliaceae y Rutaceae las cuales presentaron punteaduras de diminutas a pequeñas, mientras que en Anacardiaceae y Burseraceae las punteaduras van de medianas a grandes. En Hippocastanaceae las punteaduras son pequeñas a medianas y se puede considerar, desde este punto de vista, como un representante transicional entre los dos grupos de familias mencionados. Las punteaduras radiovasculares se presentan como similares a las intervasculares excepto en los representantes de las Anacardiaceae y Burseraceae.

Todas las especies presentaron depósitos en los poros, observándose tílides en *Astronium graveolens*, *Ochoterena colombiana*, *Toxicodendron striatum*, *Bursera simaruba*, *Protium heptaphyllum* y *Turpinia occidentalis*, mientras que los depósitos de goma se encontraron en *Billia colombiana*, *Cedrela montana*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia hirta*, *Zanthoxylum quinduense*, *Z. melanostictum* y *Matayba scrobiculata*; esto indica que 46,15% de las especies presenta tílides y 53,85% presenta goma. Se observó relación entre el tipo de depósitos y el tamaño de las punteaduras intervasculares, encontrándose que en las especies con punteaduras de menor tamaño se forman depósitos gomosos, mientras que en las de mayor tamaño de punteaduras existe tendencia hacia el desarrollo de depósitos de tílides.

El promedio de diámetro de los poros osciló entre 65,60  $\mu\text{m}$  en *Zanthoxylum quinduense*, y 160,18  $\mu\text{m}$  en *Cedrela montana* ([Tabla 2](#)). Los valores correspondientes al coeficiente de variación se situaron entre 10 y 16%, excepto en el caso de *Cedrela montana* donde alcanzó un valor cercano al 26% ([Tabla 2](#)); esto se explica por el hecho de tratarse de una madera con porosidad semicircular en donde se observa una notable variación del tamaño de los poros dentro de un mismo anillo de crecimiento. Tomando en cuenta lo establecido por IAWA Committee (1989), 53,85% de las especies estudiadas poseen poros pequeños (50-100  $\mu\text{m}$ ) y 46,15% posee poros medianos (100-200  $\mu\text{m}$ ). A nivel de individuos

estos valores se situaron en 50% con poros pequeños y 50% con poros medianos. El análisis de varianza a 99% de nivel de probabilidad indica que existen diferencias significativas tanto entre especies como dentro de una misma especie. Entre individuos de una misma especie se observan diferencias significativas en *Cedrela montana*, *Zanthoxylum melanostictum* y *Ochoterenaea colombiana*. En general, de acuerdo a la prueba de Tukey a 99% de probabilidad, se pueden diferenciar tres grupos los cuales están representados por individuos de diferentes especies:

Grupo I (menores de 100  $\mu\text{m}$ ): *Toxicodendron striatum*, *Protium heptaphyllum*, *Billia colombiana*, *Trichilia hirta*, *Zanthoxylum quinduense*, *Z. melanostictum*, *Turpinia occidentalis*.

Grupo II (100-120  $\mu\text{m}$ ): *Astronium graveolens*, *Bursera simaruba*, *Guarea kunthiana*, *Zanthoxylum melanostictum*, *Matayba scrobiculata*

Grupo III (mayores de 120  $\mu\text{m}$ ): *Cedrela montana*, *Ochoterenaea colombiana*.

**Tabla 2.** Diámetro de los poros (mm) en las especies estudiadas.

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación	Coef. Var. (%)
<i>Astronium graveolens</i>	110,00	140	85	16,71	15,19
<i>Ochoterenaea colombiana</i>	156,75	255	100	24,30	15,50
<i>Toxicodendron striatum</i>	91,80	115	70	12,98	14,14
<i>Bursera simaruba</i>	112,50	170	85	15,18	13,49
<i>Protium heptaphyllum</i>	87,20	105	70	9,25	10,61
<i>Billia colombiana</i>	75,48	120	45	12,47	16,52
<i>Cedrela montana</i>	160,18	255	90	41,2	25,72
<i>Guarea kunthiana</i>	121,10	190	85	20,37	16,82
<i>Trichilia hirta</i>	84,80	115	70	10,65	12,56
<i>Matayba scrobiculata</i>	102,40	130	85	10,72	10,47
<i>Zanthoxylum quinduense</i>	65,60	85	50	8,82	13,44
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	95,53	155	50	13,64	14,28
<i>Turpinia occidentalis</i>	78,90	110	55	10,32	13,08

En el caso de *Zanthoxylum melanostictum*, dos individuos se ubicaron en la categoría I y un individuo en la categoría II.

La longitud de elementos vasculares varió entre un promedio mínimo de 307  $\mu\text{m}$  en *Astronium graveolens* y un máximo de 1.224  $\mu\text{m}$  en *Turpinia occidentalis* ([Tabla 3](#)). En comparación con el diámetro de los poros, el comportamiento a nivel individual de longitud de elementos vasculares fue más heterogéneo lo cual se refleja en coeficientes de variación que oscilan entre 20 y 30% ([Tabla 3](#)), excepto en *Astronium graveolens* y *Turpinia occidentalis*, donde se obtuvieron valores inferiores al 20% ([Tabla 3](#)). Sin embargo, a nivel de grupo, la longitud de elementos vasculares muestra un comportamiento más homogéneo y sólo se

encontraron diferencias significativas entre individuos de una misma especie en *Billia colombiana* de acuerdo a la prueba de Tukey a 99% de probabilidad.

**Tabla 3.** Longitud de elementos vasculares ( $\mu\text{m}$ ) en las especies estudiadas.

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación	Coef. Var. (%)
<i>Astronium graveolens</i>	307,60	385	210	45,35	14,74
<i>Ochoterenaea colombiana</i>	352,90	605	195	81,81	23,18
<i>Toxicodendron striatum</i>	312,60	490	170	91,57	29,29
<i>Bursera simaruba</i>	406,60	660	235	85,66	21,07
<i>Protium heptaphyllum</i>	363,80	550	250	82,99	22,81
<i>Billia colombiana</i>	381,88	645	190	84,13	22,03
<i>Cedrela montana</i>	373,20	610	220	88,98	23,85
<i>Guarea kunthiana</i>	456,10	670	280	108,26	23,74
<i>Trichilia hirta</i>	517,80	730	320	112,05	21,64
<i>Matayba scrobiculata</i>	374,60	540	245	87,46	23,35
<i>Zanthoxylum quinduense</i>	480,00	625	280	107,93	22,48
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	378,27	635	200	87,41	23,11
<i>Turpinia occidentalis</i>	1.224,10	1.860	745	225,45	18,42

Tomando en cuenta los valores promedio encontrados para las 13 especies estudiadas y las categorías establecidas por IAWA Committe (1989), 15,38% de las especies poseen elementos vasculares cortos (menores de 350  $\mu\text{m}$ ), 76,92% poseen elementos vasculares medianos (350-800  $\mu\text{m}$ ) y 7,69% desarrollan elementos vasculares largos (mayores de 800  $\mu\text{m}$ ). Dentro de la categoría de elementos vasculares cortos sólo se ubican individuos pertenecientes a dos especies de la familia Anacardiaceae (*Astronium graveolens*, *Toxicodendron striatum*), mientras que *Turpinia occidentalis* (Staphyleaceae) fue la única especie con elementos vasculares largos. De acuerdo al análisis de varianza se encontraron diferencias significativas entre especies y dentro de una misma especie. La prueba de Tukey a 99% de probabilidad permite diferenciar tres grupos:

Grupo I (297-379,4  $\mu\text{m}$ ): incluye 19 individuos (73,08% del total estudiado) pertenecientes a las especies *Astronium graveolens*, *Ochoterenaea colombiana*,

*Toxicodendron striatum*, *Bursera simaruba*, *Protium heptaphyllum*, *Billia colombiana*, *Cedrela montana*, *Zanthoxylum melanostictum*, *Matayba scrobiculata*.

Grupo II (432-518  $\mu\text{m}$ ): representado por 7 individuos (26,92 %) pertenecientes a las especies *Bursera simaruba*, *Billia colombiana*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia hirta*, *Zanthoxylum quinduense*.

Grupo III (1.192-1.256  $\mu\text{m}$ ): representado sólo por dos individuos (7,69%) pertenecientes a *Turpinia occidentalis*.

El tamaño de las punteaduras es la característica cuantitativa de los vasos que se comporta de manera más homogénea ([Tabla 4](#)). De acuerdo a IAWA Committee (1989), en la familia Sapindaceae se presentan punteaduras diminutas, las tres especies de la familia Meliaceae y las dos especies de Rutaceae poseen punteaduras que van de diminutas a pequeñas; en *Billia colombiana* (Hippocastanaceae) las punteaduras son de pequeñas a medianas; mientras que las tres especies de Anacardiaceae y las dos especies de Burseraceae presentan punteaduras que van de medianas a grandes. La prueba de Tukey indica que aún cuando se observan diferencias entre especies, no existen dentro de los individuos representativos de cada especie.

**Tabla 4.** Diámetro de punteaduras ( $\mu\text{m}$ ).

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación	Coef. Var. (%)
<i>Astronium graveolens</i>	9,13	10,00	7,50	0,84	9,25
<i>Ochoterena colombiana</i>	10,41	12,50	7,50	1,03	9,90
<i>Toxicodendron striatum</i>	8,25	10,00	7,50	0,87	10,59
<i>Bursera simaruba</i>	10,81	12,50	10,00	0,62	5,72
<i>Protium heptaphyllum</i>	9,75	11,25	8,75	0,79	8,11
<i>Billia colombiana</i>	6,55	7,50	5,00	0,70	10,74
<i>Cedrela montana</i>	5,06	6,25	5,00	0,20	3,90
<i>Guarea kunthiana</i>	5,44	6,25	3,75	0,73	13,33
<i>Trichilia hirta</i>	2,88	3,75	2,50	0,60	21,00
<i>Matayba scrobiculata</i>	3,38	3,75	2,50	0,60	17,89
<i>Zanthoxylum quinduense</i>	3,13	3,75	2,50	0,66	21,08
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	4,93	7,70	3,75	0,55	11,14
<i>Turpinia occidentalis</i>	*	*	*	*	*

\*Punteaduras opuestas

## Fibras

Las características de las fibras variaron entre los diferentes grupos taxonómicos estudiados, presentándose fibras septadas en 53,85% de las especies (*Astronium graveolens*, *Toxicodendron striatum*, *Bursera simaruba*, *Protium heptaphyllum*, *Cedrela montana*, *Guarea kunthiana*, *Matayba scrobiculata*) y no septadas en el 46,15% restante. Las punteaduras son frecuentemente de tipo areoladas en todas las especies excepto en *Turpinia occidentalis* en donde son siempre areoladas. La longitud promedio de las fibras por especie osciló entre 824  $\mu\text{m}$  en *Toxicodendron striatum*, y 2.228  $\mu\text{m}$  en *Turpinia occidentalis* ([Tabla 5](#)). A nivel de especie, el comportamiento fue bastante uniforme y esto se refleja en los valores del coeficiente de variación el cual osciló entre 9 y 12%. De acuerdo a los valores promedio y las categorías establecidas por IAWA Committee (1989), 15,38% de las especies poseen fibras cortas (menores de 900  $\mu\text{m}$ ), 76,92% poseen fibras medianas (900-1.600  $\mu\text{m}$ ) y 7,69% desarrollan fibras largas (mayores de 1.600  $\mu\text{m}$ ). Los menores valores se presentaron en las tres especies de la familia Anacardiaceae, mientras que el mayor promedio se observó en *Turpinia*

*occidentalis* (Staphyleaceae). Entre individuos de una misma especie se observaron diferencias significativas, según la prueba de Tukey al 99% de probabilidad, en *Billia colombiana*, *Bursera simaruba* y *Turpinia occidentalis*.

**Tabla 5.** Longitud de fibras ( $\mu\text{m}$ ) en las especies estudiadas.

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación	Coef. Var. (%)
<i>Astronium graveolens</i>	907,00	1.100	720	90,68	9,99
<i>Ochoterenaea colombiana</i>	878,95	1.115	680	81,74	9,30
<i>Toxicodendron striatum</i>	823,60	1.065	700	79,13	9,61
<i>Bursera simaruba</i>	920,70	1.270	700	101,84	11,06
<i>Protium heptaphyllum</i>	944,00	1.110	690	105,85	11,21
<i>Billia colombiana</i>	924,52	1.660	590	106,39	11,51
<i>Cedrela montana</i>	1.191,30	1.460	900	124,55	10,45
<i>Guarea kunthiana</i>	1.121,00	1.325	870	123,68	11,03
<i>Trichilia hirta</i>	1.259,20	1.580	970	132,51	10,52
<i>Matayba scrobiculata</i>	950,60	1.190	780	86,43	9,09
<i>Zanthoxylum quinduense</i>	1.189,00	1.710	980	144,23	12,13
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	985,20	1.300	710	120,24	12,20
<i>Turpinia occidentalis</i>	2.228,00	2.930	1.650	253,07	11,36

## Parénquima

Se observó una alta heterogeneidad en cuanto al tipo de parénquima axial, presentándose como apotraqueal difuso en *Billia colombiana*, *Turpinia occidentalis*; difuso en agregados en *Protium heptaphyllum*, *Billia colombiana*, *Turpinia occidentalis*; paratraqueal escaso combinado con vasicéntrico en *Astronium graveolens*, *Ochoterenaea colombiana*, *Toxicodendron striatum*, *Bursera simaruba*, *Protium heptaphyllum*, *Billia colombiana*, *Cedrela montana*; paratraqueal escaso en *Matayba scrobiculata*, *Turpinia occidentalis*, *Zanthoxylum melanostictum*; vasicéntrico en *Guarea kunthiana*, *Zanthoxylum quinduense*; aliforme en *Astronium graveolens*, *Toxicodendron striatum*, *Protium heptaphyllum*, *Billia colombiana*, *Cedrela montana*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia hirta*; confluyente en *Guarea kunthiana*, *Trichilia hirta*; bandas con 1-2 células de ancho en *Trichilia hirta*, predominantemente con 3 o más células de ancho en *Guarea kunthiana*,

marginal en *Billia colombiana*, *Cedrela montana* y, ocasionalmente, en *Zanthoxylum melanostictum*. La presencia de bandas parenquimáticas se restringió sólo a las familias Hippocastanaceae y Meliaceae, observándose que las tres especies estudiadas de la familia Meliaceae desarrollaron parénquima en bandas, pero diferentes para cada especie: marginal en *Cedrela montana*, bandas finas en *Trichilia hirta* y bandas anchas en *Guarea kunthiana*. Con respecto al tipo de parénquima en sección tangencial, todas las especies presentan parénquima en serie, el cual sólo en *Ochoterenaea colombiana* se combina con parénquima fusiforme aún cuando este último se presenta en baja proporción; el número de células por serie varía de una especie a otra.

## Radios

En cuanto a composición, la característica más común fue una combinación de radios homocelulares de células procumbentes con radios heterocelulares exclusiva o predominantemente con una ruta de células marginales. *Turpinia occidentalis* fue la única especie donde se presentaron únicamente radios homocelulares de células cuadradas o erectas. Con respecto al ancho, el 30,77% de las especies presentaron radios exclusivamente uniseriados (*Billia colombiana*, *Guarea kunthiana*, *Trichilia hirta*, *Matayba scrobiculata*), mientras que 46,15% presentaron radios con 1-3 células de ancho (*Toxicodendron striatum*, *Astronium graveolens*, *Ochoterena colombiana*, *Protium heptaphyllum*, *Zanthoxylum quinduense*, *Z. melanostictum*). El 23,08% restante presentó radios con más de 3 células de ancho combinados con radios uniseriados y biseriados: hasta 5 ó 6 células de ancho en *Bursera simaruba*, *Cedrela montana*, hasta 10 células de ancho en *Turpinia occidentalis*. Con relación a variantes en las características de las células radiales sólo se encontró la presencia de células envolventes ocasionales en *Astronium graveolens* y *Turpinia occidentalis*.

La altura promedio de los radios ([Tabla 6](#)) osciló entre 265 mm en *Zanthoxylum melanostictum* y 1207  $\mu\text{m}$  en *Turpinia occidentalis*. En general, las especies estudiadas manifestaron un comportamiento bastante homogéneo y, exceptuando el caso de *Turpinia occidentalis*, la altura promedio de los radios estuvo por debajo de 500  $\mu\text{m}$ . De acuerdo a IAWA Committee (1989), 92,31% de las especies presenta radios menores de 1 mm, mientras que 7,69% se ubica en la categoría de radios mayores de 1 mm. La única especie en donde se presentaron diferencias significativas entre individuos fue *Turpinia occidentalis*.

**Tabla 6.** Altura de radios (mm) en las especies estudiadas.

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación	Coef. Var. (%)
<i>Astronium graveolens</i>	375,20	520	260	59,73	15,92
<i>Ochoterena colombiana</i>	317,50	450	210	47,95	15,10
<i>Toxicodendron striatum</i>	319,80	490	210	60,61	18,95
<i>Bursera simaruba</i>	410,20	650	235	78,79	19,21
<i>Protium heptaphyllum</i>	393,00	500	300	62,28	15,85

Continuación Tabla 6

Especie	Promedio	Máximo	Mínimo	Desviación	Coef. Var. (%)
<i>Billia colombiana</i>	308,60	570	160	63,95	20,72
<i>Cedrela montana</i>	325,50	540	210	51,50	15,82
<i>Guarea kunthiana</i>	307,80	460	190	63,84	20,74
<i>Trichilia hirta</i>	359,00	615	270	81,95	22,83
<i>Matayba scrobiculata</i>	318,60	540	200	88,69	27,84
<i>Zanthoxylum quinduense</i>	331,20	480	200	84,10	25,39
<i>Zanthoxylum melanostictum</i>	264,73	410	180	43,73	16,52
<i>Turpinia occidentalis</i>	1.207,10	2.210	630	343,17	28,43

### Sustancias minerales

La presencia de sustancias minerales se observó en 53,85% de las especies estudiadas. El principal tipo de sustancia mineral encontrado corresponde a cristales prismáticos los cuales se observaron en las células parenquimáticas radiales de *Astronium graveolens*, *Toxicodendron striatum*, *Bursera simaruba*, *Protium heptaphyllum* y *Cedrela montana*; y en forma de series parenquimáticas cristalíferas en *Billia colombiana*; ocasionalmente también se presentaron cristales en el parénquima axial en *Cedrela montana*. El porcentaje de especies con cristales fue de 46,15% mientras que el sílice sólo se observó en pequeñas cantidades, en las células parenquimáticas radiales de *Trichilia hirta*, representando 7,69% del material estudiado. A nivel de la lámina de observación microscópica se hace difícil diferenciar el sílice debido a que los granos de sílice se encuentran recubiertos por sustancias gomosas, pero en tejido macerado es claramente diferenciable.

### Estructuras secretoras

Estas estructuras se restringieron al desarrollo de conductos gomíferos transversales en *Astronium graveolens* y *Bursera simaruba*, lo que representa 15,38% del material estudiado.

Analizando las características estudiadas, los grupos taxonómicos del orden Sapindales en donde se observan mayores similitudes a nivel de la estructura de la madera son las familias Anacardiaceae y Burseraceae. Características como tipo de depósito en los poros, tipo y tamaños de punteaduras intervasculares, tipo de punteaduras radiovasculares, presencia de septas en las fibras, composición de los radios, tipo y ubicación de cristales y desarrollo de estructuras secretoras coinciden entre las dos familias mencionadas. Por el contrario, la especie de la familia Staphyleaceae muestra una estructura bastante alejada del patrón común observado dentro de las familias del orden estudiado y muchas de sus características reflejan una estructura anatómica bastante primitiva: platinas escalariformes con más de 20 barras, punteaduras intervasculares opuestas,

elementos vasculares y fibras de gran longitud, fibras con punteaduras claramente areoladas, radios mayores de 1 mm de altura, presencia de radios homocelulares de células cuadradas o erectas. De acuerdo al sistema de clasificación de Cronquist (1981), la ubicación de grupos en las diferentes unidades taxonómicas obedece a criterios morfológicos y evolutivos; sin embargo, en *Turpinia occidentalis* se observa un grado de evolución mucho menor que el presentado por las otras familias constituyentes del orden Sapindales. Según Metcalfe & Chalk (1950), la estructura xilemática se mantiene como primitiva no sólo en el género *Turpinia* sino en toda la familia Staphyleaceae. Estas diferencias notables indican que es probable que la ubicación de esta familia dentro del orden Sapindales no sea la más adecuada y posible-mente corresponda a un orden más basal que el Sapindales.

En comparación con descripciones anteriores, Bascopé (1954b, 1962), Espinoza de P. & León (2002) y Pérez (1993) sólo mencionan la presencia de platinas de perforación simple en *Billia colombiana*, mientras que Metcalfe & Chalk (1950) señalan que algunas especies de este género pueden presentar platinas escalariformes en la madera correspondiente a la zona de ramas. El material descrito en el presente trabajo indica la presencia de platinas reticuladas (X5403, X5417) a foraminadas (X5417) en dos de los individuos estudiados. Adicionalmente, Bascopé (1954b) indica la presencia de depósitos de tílides y goma en los poros, mientras que el material estudiado sólo manifestó la presencia de goma en los poros. Con respecto a las fibras, Bascopé (1954b) indica que se presentan punteaduras claramente areoladas, observación que no coincide con lo reportado por Pérez (1993) ni con lo observado en el presente estudio. En *Cedrela montana* se encontró la presencia de fibras septadas y cristales en el parénquima axial; estas características no habían sido reportadas para la especie en la única descripción microscópica que se había realizado con anterioridad en el país (Espinoza de P. 1987). En uno de los individuos estudiados (X6086) de *Ochoterenaea colombiana* se observó la presencia de fibras septadas en baja proporción y esto no había sido reportado en las descripciones presentadas por León (2003) y Ara-que & Gámez (2004). En *Astronium graveolens* se encontró similitud con lo reportado en otras descripciones realizadas con material de diferentes procedencias geográficas en Venezuela (Omaña 1984; León 2003). Bascopé (1954a) indica que *Turpinia occidentalis* desarrolla anillos bien definidos por variación de características dimensionales de las fibras, mientras que Pérez (1993) señala que dicha especie presenta anillos ligeramente definidos. Las dos muestras analizadas en el presente estudio indican la ausencia de anillos de crecimiento. Para las especies *Trichilia hirta*, *Zanthoxylum quinduense* y *Matayba scrobiculata* no se tenían descripciones anatómicas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de Los Andes por el financiamiento otorgado a través del proyecto FO-555-04-01-B.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. APG (Angiosperm Phylogeny Group). 1998. An ordinal classification for the families of flowering plants. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 85: 531-553.
2. Araque, O. & L. Gámez. 2004. Anatomía foliar y xilemática de *Ochoterenaea colombiana* Barkley. *Revista Forest. Venez.* 48(2): 102-110.
3. Aristeguieta, L. 2003. *Estudio dendrológico de la flora de Venezuela*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Vol. 38. Caracas.
4. Bascopé, F. 1954a. Estudios estructurales de ciertas maderas de los bosques del Valle de La Mucuy (Segunda parte). *Boletín de la Escuela de Ingeniería Forestal* 4: 11-18.
5. Bascopé, F. 1954b. Estudios estructurales de ciertas maderas de los Bosques del Valle de La Mucuy (Tercera Entrega). *Boletín de la Escuela de Ingeniería Forestal* 5: 9-15.
6. Bascopé, F. 1962. Clave de identificación macroscópica de algunas maderas dicotiledóneas de Latinoamérica. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación* 9: 16-103.
7. Corothie, H. 1960. Anatomía de la madera de seis géneros de Anacardiaceae. *Revista Forest. Venez.* 3/4: 9-31.
8. Corothie, H. 1967. *Estructura anatómica de 47 maderas de la Guayana venezolana*. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Universidad de Los Andes-Ministerio de Agricultura y Cría. Mérida, Venezuela.
9. Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press. New York.
10. Dahlgren, R. 1980. A revised system of classification of the angiosperms. *Bot. J. Linn. Soc.* 80: 91-124.
11. Espinoza de P., N. 1987. Estudio xilológico de algunas especies de *Cedrela* y *Toona*. *Pittieria* 14: 5-32.
12. Espinoza de P., N. & W. León. 1996. Estudio xilológico de *Protium crenatum* (Burseraceae). *Pittieria* 25: 35-41.

13. Espinoza de P., N. & W. León. 2002. *Identificación macroscópica de 64 maderas latifoliadas de Latinoamérica*. Ediciones Fundación IFLA. Serie Madera N° 2. Mérida.
14. Franklin, G. 1937. Permanent preparations of macerated wood fibres. *Trop. Woods* 49: 21-22.
15. IAWA Committee. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull. n.s.* 10: 219-332.
16. Gadek, P., E. Fernando, C. Quinn, S. Hot, T. Terrazas, M. Sheahan & M. Chase. 1996. Sapindales: molecular delimitations and infraordinal groups. *Amer. J. Bot.* 83: 802-811.
17. León H., W. 2002a. Estudio anatómico de la madera e incidencias tecnológicas en 7 especies del género *Protium* Burm.f. (Burseraceae). *Revista Forest. Venez.* 46(1): 73-82.
18. León H., W. 2002b. *Anatomía e identificación macroscópica de maderas*. Consejo de Publicaciones-CDCHT. Universidad de Los Andes. Mérida.
19. León H., W. 2003. Estudio anatómico del xilema secundario de 17 especies de la Familia Anacardiaceae en Venezuela. *Acta Bot. Venez.* 26(1): 1-30.
20. León H., W. & N. Espinoza de P. 1995. *Descripción macroscópica y clave para la identificación de 73 maderas dicotiledóneas de la Reserva Forestal de Caparo, estado Barinas*. Cuaderno de Comodato N° 24. Comodato ULA-MARNR Mérida. 80 pp.
21. Metcalfe, C. & L. Chalk. 1950. *Anatomy of the dicotyledons* Vol. I. Oxford University Press. Oxford.
22. Omaña, S. 1984. Anatomía de algunas maderas de las Anacardiaceae y Burseraceae. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.
23. Pérez M., A. 1993. Anatomía e identificación de 40 maderas del bosque La Mucuy, estado Mérida, Venezuela. *Pittieria* 20: 5-77.
24. Ricardi, M., C. Hernández & F. Torres. 1987. *Morfología de plántulas de árboles de bosques del estado Mérida*. Talleres Gráficos Universitarios. Mérida, Venezuela.
25. Seelkopf, C., F. Bascopé, L. Rivera & L. Ruiz T. 1958. Investigación acerca de la posibilidad de obtener pulpa y papel a partir de algunas plantas venezolanas. *Revista Forest. Venez.* 1: 37-144.

26. Takhtajan, A. 1997. *Diversity and classification of flowering plants*. Columbia University Press, New York.

27. Thorne, R. 1992. Classification and geography of flowering plants. *Bot. Rev.* 58: 225-348.