

## ANATOMÍA DE LA MADERA DE 18 ESPECIES DE SAPINDACEAE DE VENEZUELA

*Williams J. León H.*

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

### COMPENDIO

La familia Sapindaceae es de gran importancia en Venezuela desde el punto de vista florístico. Se encuentra bien representada en la mayor parte del territorio nacional y algunas de sus especies son utilizadas en el campo medicinal, ornamental y en el aprovechamiento de la madera. A pesar de su importancia, son pocos los estudios sobre anatomía de maderas que se han realizado en especies venezolanas. Por esta razón, el presente trabajo tiene como objetivo la descripción anatómica del xilema secundario de 18 especies de árboles, arbustos y lianas: *Allophylus psilospermus*, *A. racemosus*, *Cupania americana*, *C. latifolia*, *Dilodendron bipinnatum*, *Matayba arborescens*, *M. scrobiculata*, *Melicoccus bijugatus*, *Paullinia grandifolia*, *P. cf. livescens*, *P. pinnata*, *Sapindus saponaria*, *Serjania atrolineata*, *S. cf. clematidea*, *S. pyramidata*, *Talisia cf. coriacea*, *T. hexaphylla* y *Toulicia pulvinata*. La preparación de material se hizo aplicando las técnicas convencionales de microtecnia xilemática y se realizaron descripciones a nivel macroscópico y microscópico. Los resultados indican que, de acuerdo a la presencia o ausencia de septas en las fibras, se pueden formar dos grupos, incluyendo cada uno el 50% de las especies estudiadas. La característica que presentó mayor variabilidad fue el tipo de parénquima. Los radios más comunes fueron los homocelulares de células procumbentes, y la presencia de radios heterocelulares se limitó a los géneros *Allophyllus*, *Paullinia* y *Serjania*. Las principales diferencias entre los géneros arbóreos y arbustivos respecto a las lianas se presentaron en el sistema de conducción y en el desarrollo de variantes cambiales (masa xilemática compuesta). Se presenta una clave dicotómica para la identificación de las especies estudiadas, basada en sus características anatómicas xilemáticas.

## PALABRAS CLAVE

Anatomía, madera, clave de identificación, Sapindaceae, Venezuela.

## WOOD ANATOMY OF 18 SPECIES OF SAPINDACEAE OF VENEZUELA

### ABSTRACT

The Sapindaceae is very important, from a floristic point of view, in Venezuela and occurs in almost all regions in the country. Included are many species economically valuable as ornamentals, medicinals, and for their wood. In spite of its importance, we have very few studies about the Sapindaceae in Venezuela and this research deals with the wood anatomy description of 18 species of trees, shrubs, and lianas. The species studied are *Allophylus psilospermus*, *A. racemosus*, *Cupania americana*, *C. latifolia*, *Dilodendron bipinnatum*, *Matayba arborescens*, *M. scrobiculata*, *Melicoccus bijugatus*, *Paullinia grandifolia*, *P. cf. livescens*, *P. pyramidata*, *Sapindus saponaria*, *Serjania atrolineata*, *S. cf. clematidea*, *S. pyramidata*, *Talisia cf. coriacea*, *T. hexaphylla* and *Toulicia pulvinata*. Material was prepared according to conventional microtechniques for secondary xylem. Descriptions at macroscopic and microscopic levels were realized. Two groups were found according to the presence of septate fibres, and each group includes 50 % of the species studied. The most variability encountered was in the type of parenchyma. The most common rays were homocellular with procumbent cells, and the presence of heterocellular rays was observed only in *Allophylus*, *Paullinia* and *Serjania*. The main difference between trees and/or shrubs with lianaceous genera were observed in the conduction system and cambial variants (compound xylem-mass). A dichotomous key for identification is presented on the basis of wood anatomy.

### KEY WORDS

Wood anatomy, identification key, Sapindaceae, Venezuela.

## INTRODUCCIÓN

La familia Sapindaceae incluye árboles, arbustos y trepadoras tanto leñosas como herbáceas. Según el sistema de clasificación de Cronquist, forma parte de la subclase Rosidae y pertenece al Orden Sapindales (Aristeguieta 2003), igual ubicación le asignan en el sistema APG (2003). Incluye un total de 147 géneros y 2215 especies distribuidas principalmente en las regiones tropicales y subtropicales con pocos representantes en la zona templada. Algunas especies poseen madera valiosa desde el punto de vista comercial; otras son importantes como frutales, tal como *Melicoccus bijugatus*. Los frutos de *Sapindus* L. pueden ser usados como jabón natural debido a la presencia de saponinas (Judd *et al.* 1999). Acevedo-Rodríguez (2003) señalan la presencia de 18 géneros (17 nativos mas uno cultivado) en Venezuela y un total de 129 especies de las cuales nueve son endémicas. De los 18 géneros, doce corresponden al hábito árbol o arbusto, tres incluyen lianas (*Paullinia* L., *Serjania* Mill. y *Thinouia* Triana & Planch.), mientras que las trepadoras herbáceas se ubican en tres géneros (*Cardiospermum* L., *Houssayanthus* Hunz. y *Serjania*). Los géneros con mayor número de especies en el país corresponden a *Paullinia* (39 especies), *Talisia* Aubl. (18 especies), *Matayba* Aubl. (17 especies) y *Serjania* (16 especies). Según Veillon (1994), esta familia se encuentra representada en Venezuela en las zonas de vida bosque húmedo tropical, bosque seco tropical, bosque muy seco tropical, bosque húmedo premontano, bosque húmedo montano bajo y bosque seco premontano. Desde el punto de vista de estudios de anatomía de maderas, el trabajo más completo es el presentado por Klaassen (1999) donde incluye información de 104 géneros y 348 especies, estableciendo comparaciones con otras familias de los órdenes Sapindales y Rutales. Otras contribuciones importantes, donde se incluyen claves de identificación basadas en caracteres xilemáticos, las representan los trabajos de Baizhong *et al.* (1995), quienes describen 24 especies pertenecientes a 18 géneros de Sapindaceae procedentes de China, y Agarwal *et al.* (2005) donde presentan información sobre la anatomía de maderas de 18 especies cultivadas en India. También se tiene el trabajo publicado por Détienne *et al.* (1982), quienes describen la madera de diez especies de Surinam. Otras investigaciones donde se incluye información de alguna(s) especie(s) de la familia Sapindaceae son las realizadas por Kribs (1968), Sosa (1973), Huerta y Becerra (1982), Rogel (1982), Mainieri y Peres (1989), Barajas y León (1989), Barajas *et al.* (1997) y la descripción a nivel de familia presentada por Metcalfe y Chalk (1950). Adicionalmente, se tienen datos de presencia de sílice en dos especies del género *Toulicia* Aubl. (Welle 1976),

mientras que Espinoza (1987) reporta la presencia de cristales prismáticos en el parénquima axial de cuatro especies arbóreas de la familia Sapindaceae. En Venezuela es poca la información sobre la anatomía xilemática de este grupo taxonómico y sólo se tienen descripciones completas para *Matayba scrobiculata* (León 2006). También se dispone de características cuantitativas de los elementos de conducción y tipo de cristales para *Matayba scrobiculata*, *Melicoccus bijugatus* y *Sapindus saponaria* procedentes de los llanos occidentales venezolanos (León 2005).

Tomando en cuenta la poca información disponible sobre las características de la madera de este grupo taxonómico en Venezuela, el presente trabajo tiene como objetivos realizar la descripción anatómica de la madera de 18 especies pertenecientes a los géneros *Allophylus* L. (2), *Cupania* L. (2), *Dilodendron* Radlk. (1), *Matayba* (2), *Melicoccus* P. Browne (1), *Paullinia* (3), *Sapindus* (1), *Serjania* (3), *Talisia* (2) y *Toulicia* (1) y elaborar una clave para la identificación de las mismas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio está representado por muestras de madera de 18 especies de la familia Sapindaceae colectadas en diferentes regiones geográficas de Venezuela (Tabla I). Las muestras de madera pertenecen a la colección permanente de la xiloteca MERw y cada una cuenta con su respectiva muestra botánica en el Herbario "Carlos Liscano" (MER) de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes (Mérida, Venezuela). El número de individuos por especie fue de 1-3, variando de acuerdo a la disponibilidad de material tanto en la xiloteca MERw como en el Herbario MER. Cada muestra fue sometida a un proceso de ablandamiento en agua caliente durante 8-16 horas para luego ser seccionadas con un micrótopo de deslizamiento y extraer secciones transversales, radiales y tangenciales de aproximadamente 25 µm de espesor. Dichas secciones fueron deshidratadas, teñidas con safranina y montadas con resina sintética. También se preparó tejido macerado, sumergiendo astillas en una solución de peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial (1:1), las cuales se llevaron a estufa (60°C, 12 horas), para luego individualizar fibras y elementos de los vasos mediante fricción mecánica. La tinción se realizó con safranina y el montaje con bálsamo de Canadá. Para la descripción macroscópica se trabajó con los modelos de Tortorelli (1956) y León (2002) y en la determinación del color se utilizó la tabla de Munsell (1990). En el estudio microscópico se siguieron los estándares

Tabla I. Lista de especies estudiadas.

Especie	Muestra de madera, muestra botánica, colector	Procedencia	Hábito
<i>Allophylus psilospermus</i> Radlk.	X6605; 3598 Breteler	Mérida	Arbusto
<i>Allophylus racemosus</i> Sw.	X6489; 1249 Ruiz Terán X6606; 3650 Breteler	Barinas Barinas	Arbusto
<i>Cupania americana</i> L.	X6614, S/N Gámez	Barinas	Árbol
<i>Cupania latifolia</i> Kunth	X6609; 3152 Ruiz Terán	Mérida	Árbol
<i>Dilodendron bipinnatum</i> Radlk.	X4762; 86570 Steyermark	Bolívar	Árbol
<i>Matayba arborescens</i> (Aubl.) Radlk.	X6608; 3345 Ruiz Terán	Mérida	Árbol
<i>Matayba scrobiculata</i> Radlk.	X313; 3107 Bernardi X6322; 2797 Ruiz Terán X6491; 1345 Ruiz Terán	Mérida Barinas	Árbol Árbol
<i>Melicoccus bijugatus</i> Jacq.	X1082; 463 Ruiz Terán X2596; 182 Bautista X6492; 1367 Ruiz Terán	Falcón Barinas Barinas	
<i>Paullinia grandifolia</i> Benth. ex Radlk.	X6444; 053747 Hernández	Bolívar	Liana
<i>Paullinia</i> cf. <i>livescens</i> Radlk.	X6607; 3755 Breteler	Bolívar	Liana
<i>Paullinia pinnata</i> L.	X6613; 54399 Lozada	Bolívar	Liana
<i>Sapindus saponaria</i> L.	X1175; 356 Ruiz Terán X728, smb X6610; 5146 Breteler	Anzoátegui Barinas Monagas	Árbol
<i>Serjania atrolineata</i> C. Wright	X6431; 053763 Hernández X6611; 54397 Lozada	Bolívar Bolívar	Liana
<i>Serjania</i> cf. <i>clematidea</i> Triana & Planch.	X6454; 053758	Bolívar	Liana
<i>Serjania pyramidata</i> Radlk.	X4303; 3754 Breteler X6612; 054398 Lozada	Bolívar Bolívar	Liana
<i>Talisia</i> cf. <i>coriacea</i> Radlk.	X109; 1147 Bernardi	Barinas	Árbol
<i>Talisia hexaphylla</i> Vahl.	X4783; S-216, sc	Falcón	Árbol
<i>Toulicia pulvinata</i> Radlk.	X4738; 86530 Steyermark	Bolívar	Árbol

smb: sin muestra botánica; sc: sin colector

estipulados por IAWA Committee (1989). La determinación de características cuantitativas se hizo tomando como base la realización de 25 mediciones para diámetro de vasos, longitud de elementos de los vasos, longitud de fibras y altura de radios. En el caso de diámetro de punteaduras y frecuencia de radios se realizaron 10 mediciones. En maderas con poros de dos tamaños, la frecuencia de poros se determinó tanto para los poros grandes como para los pequeños. Se hizo un análisis de varianza y prueba de medias de Tukey, para determinar la existencia de diferencias significativas entre especies. Con respecto a las variantes cambiales, se tomaron en consideración las definiciones y clasificaciones indicadas por Metcalfe y Chalk (1950) y Carlquist (1989).

## RESULTADOS

*Allophylus psilospermus* Radlk. (Fig. 1A)

*Allophylus panamensis* Radlk.

Distribución en Venezuela: estado Bolívar.

Madera de color marrón muy pálido, 10YR8/4 sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre alto. Grano recto a inclinado. Textura fina. Madera moderadamente dura a dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4, algunos arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos, pocos. Fibras septadas, paredes medianas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, poco, en series de 2-4 células. Radios predominantemente homocelulares de células procumbentes, algunos heterocelulares con una hilera de células marginales, exclusivamente uniseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara.

*Allophylus racemosus* Sw. (Fig. 1B, 2A)

*Allophylus occidentalis* (Sw.) Radlk., *Schmidelia occidentalis* Kunth, *S. occidentalis* Sw.

Distribución en Venezuela: estados Anzoátegui, Aragua, Barinas, Bolívar, Carabobo, Cojedes, Distrito Capital, Guárico, Lara, Miranda, Monagas, Portuguesa, Sucre, Táchira y Yaracuy; desde el nivel del mar hasta 2450 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003, Acevedo 2007), en las zonas de vida correspondientes a bosque seco tropical y bosque húmedo montano bajo (Veillon 1994).

Madera con albura de color marrón muy pálido (10YR 8/4) y duramen amarillo rojizo (5YR 7/6), transición gradual entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre alto. Grano inclinado. Textura fina. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por reducción de diámetro radial y aumento de grosor de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-5). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos, pocos. Fibras septadas, paredes delgadas a medianas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso, paratraqueal escaso, bandas de 1-2 células de ancho (X6606), poco parénquima, en series de 3-5 células. Radios homocelulares de células procumbentes, ocasionalmente heterocelulares con una hilera de células (X6606), exclusivamente uniseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara.

***Cupania americana* L.** (Fig. 3A)

Distribución en Venezuela: estados Barinas, Bolívar, Carabobo, Cojedes, Delta Amacuro, Distrito Capital, Lara, Mérida, Miranda, Nueva Esparta, Sucre, Táchira, Trujillo, Yaracuy y Zulia; entre 100 y 1200 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003), en las zonas de vida correspondientes a bosque húmedo tropical, bosque seco tropical y bosque seco premontano (Veillon 1994).

Madera de color marrón muy pálido (10YR 8/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre alto. Grano entrecruzado. Textura fina. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3 (-4). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Fibras no septadas, paredes gruesas a muy gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal vasicéntrico delgado, poco, en series de 3-4 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-2 (-3), predominantemente biseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara.

***Cupania latifolia*** Kunth (Fig. 4A).

*Cupania papillosa* Radlk., *C. semidentata* Radlk.

Distribución en Venezuela: estados Anzoátegui, Aragua, Bolívar, Carabobo, Delta Amacuro, Distrito Capital, Lara, Mérida, Miranda, Sucre, Táchira; entre 50 y 2500 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003).

Madera de color rosado (7.5YR 7/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre alto. Grano inclinado a entrecruzado. Textura fina. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3 (-5). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos, abundantes. Fibras septadas, paredes medianas a moderadamente gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso, paratraqueal vasicéntrico delgado, poco, en series de 4-5 células. Radios homocelulares de células procumbentes, exclusivamente uniseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara.

***Dilodendron bipinnatum*** Radlk. (Fig. 5A).

Distribución en Venezuela: estados Barinas, Bolívar, Carabobo, Dependencias Federales, Táchira y Zulia; entre 100 y 300 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003), en la zona de vida correspondiente al bosque húmedo tropical (Veillon 1994).

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

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-6. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras septadas, paredes gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas vasicéntricas presentes (observadas en tejido macerado). Parénquima en bandas con más de tres células de ancho, abundante, en series de 4-8 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-3 células de ancho, predominantemente biseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara.



***Matayba arborescens*** (Aubl.) Radlk. (Fig. 4B).

*Matayba venezuelana* Steyerl., *Sapindus arborescens* Aubl.

Distribución en Venezuela: estados Amazonas, Anzoátegui, Apure, Bolívar, Delta Amacuro y Trujillo; entre 100 y 1500 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003, Acevedo 2007).

Madera de color rosado (7.5YR 8/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre alto. Grano inclinado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4, algunos arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares de areola reducida o aparentemente simples; pocas zonas de contacto radio-vaso. Depósitos de goma en los vasos. Fibras septadas, paredes delgadas a medianas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso, paratraqueal vasicéntrico delgado, en series de 3-5 células. Radios homocelulares de células procumbentes, exclusivamente uniseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara.

***Matayba scrobiculata*** Radlk. (Fig. 2B, 7A)

*Cupania scrobiculata* Kunth, *C. scrobiculata* Rich.

Distribución en Venezuela: estados Apure, Aragua, Barinas, Carabobo, Cojedes, Distrito Capital, Guárico, Lara, Miranda, Portuguesa y Zulia (Acevedo-Rodríguez 2003, Acevedo 2007); en las zonas de vida correspondiente a bosque seco tropical y el bosque húmedo premontano del norte del Orinoco (Veillon 1994).

Madera de color rosado (7.5YR 7/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Moderadamente dura a dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por reducción del diámetro radial y/o engrosamiento de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3 (-4). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos, pocos. Fibras septadas, paredes delgadas a gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima

paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, poco (dos bandas de parénquima marginal de una célula de ancho en X1833), en series de 3-6 células. Radios homocelulares de células procumbentes, exclusivamente uniseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas (X1833, X6322, X6491), un cristal por cámara.

***Melicoccus bijugatus*** Jacq. (Fig. 5B).

*Melicoccus bijuga* L., *M. bijugatus* fo. *alatus* Kitan., *M. carpopodea* Juss., *Paullinia sphaerocarpa* Rich. ex. Juss.

Distribución en Venezuela: estados Anzoátegui, Aragua, Bolívar, Carabobo, Distrito Capital, Falcón, Guárico, Lara, Mérida, Miranda, Nueva Esparta, Táchira y Zulia; desde el nivel del mar hasta 1000 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003); en la zona de vida correspondiente al bosque seco tropical (Veillon 1994).

Madera de color amarillo (2.5Y 8/6), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano inclinado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-5). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras no septadas, paredes muy gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala corta (poco), predominantemente en bandas con más de tres células de ancho, en series de 4-8 células, predominantemente 8 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-3 células de ancho, predominantemente biseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, abundantes, ocasionalmente en células procumbentes de los radios (X1082) y estiloides en parénquima axial (X2596), un cristal por célula o cámara.

***Paullinia grandifolia*** Benth. ex Radlk. (Fig. 6A, 8A).

Distribución en Venezuela: estado Amazonas; aproximadamente a 100 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003).

Madera de color rosado (5YR 7/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano entrecruzado. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños; grandes solitarios y algunos múltiples tangenciales de 2 (-3); pequeños predominantemente en múltiples radiales de 2-8. Platinas

de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras septadas y no septadas, paredes gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, en bandas con 1-2 células de ancho, en series de 2-5 células. Radios homocelulares de células procumbentes y homocelulares de células cuadradas o erectas, 2-5 células de ancho, de dos tamaños. Cristales prismáticos en células procumbentes de los radios y formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por célula o cámara. Variante cambial tipo masa xilemática compuesta.

***Paullinia* cf. *livescens* Radlk.** (Fig. 6B, 7B).

Distribución en Venezuela: estados Bolívar, Delta Amacuro, Distrito Capital y Miranda; entre 1100 y 1500 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003).

Madera de color rosado (7.5YR 7/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano entrecruzado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños; grandes solitarios y algunos múltiples de 2; pequeños en múltiples radiales de 2-6 y arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras septadas y no septadas, paredes gruesas a muy gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas vasicéntricas presentes (observadas en tejido macerado). Parénquima paratraqueal vasicéntrico delgado, en bandas con 1-3 células de ancho, en series de 2-4 células. Radios predominantemente homocelulares de células procumbentes y algunos homocelulares de células cuadradas o erectas, 1-3 células de ancho. Cristales prismáticos en células procumbentes de los radios y formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por célula o cámara. Variante cambial tipo masa xilemática compuesta.

***Paullinia pinnata* L.** (Fig. 6C).

*Paullinia hostmannii* Steud., *P. pendulifolia* Rusby

Distribución en Venezuela: estados Barinas, Bolívar, Carabobo, Cojedes, Delta Amacuro, Falcón, Guárico, Lara, Miranda, Monagas y Sucre; aproximadamente a 50-900 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003).

Madera de color marrón muy pálido (10YR 8/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano inclinado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños; grandes solitarios y algunos múltiples tangenciales de 2-3; pequeños predominantemente en múltiples radiales de 2-14. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, en bandas con 1-2 (-3) células de ancho, en series de 2-4 células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con 2-4 hileras de células marginales, 2-5 células de ancho. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por célula o cámara. Variante cambial tipo masa xilemática compuesta.

*Sapindus saponaria* L. (Fig. 3B, 5C)

*Cupania saponarioides* Sw., *Sapindus abruptus* Lour., *S. divaricatus* Cambess., *S. forsythia* DC., *S. inaequalis* DC., *S. indica* Poir., *S. mukorossi* Gaertn., *S. peruvianus* var. *dombeyanus* Walper, *S. peruvianus* var. *meyenianus* Walper, *S. peruvianus* Walp., *S. rigidus* Mill., *S. saponaria* f. *genuinus* Radlk., *S. stenopterus* DC., *S. thurstonii* Rock, *S. turczaninowii* Vidal.

Distribución en Venezuela: estados Amazonas, Anzoátegui, Aragua, Barinas, Bolívar, Carabobo, Delta Amacuro, Distrito Capital, Falcón, Guárico, Mérida, Miranda, Monagas, Nueva Esparta, Portuguesa, Sucre, Táchira, Trujillo, Yaracuy y Zulia; desde el nivel del mar hasta 2800 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003, Acevedo 2007), en zonas de vida correspondientes a bosque seco tropical o muy seco tropical (Veillon 1994).

Madera de color amarillo pálido (2.5Y 8/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras septadas, paredes gruesas a muy gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de

ala corta, unilateral, predominantemente en bandas con más de tres células de ancho, en series de 2-5 células, predominantemente 4 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-4 células de ancho, predominantemente biseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara.

***Serjania atrolineata*** C. Wright (Fig. 8B)

*Serjania atrolineata* f. *lancifolia* Radlk., *S. scatens* Radlk.

Distribución en Venezuela: estados Amazonas, Apure, Aragua, Barinas, Bolívar, Delta Amacuro, Distrito Capital, Guárico, Lara, Miranda, Monagas, Portuguesa, Táchira, Yaracuy y Zulia; entre 100 y 1300 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003, Acevedo 2007).

Madera de color amarillo rojizo (7.5YR 7/6), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano recto a inclinado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños; grandes solitarios y múltiples tangenciales de 2-3; pequeños en múltiples radiales de 2-12. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, en bandas con 1-3 células de ancho, fusiforme y en series de 2-3 células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con dos o más hileras de células marginales, 1-10 células de ancho, de dos tamaños. Radios agregados presentes (X6611). Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, y ocasionalmente en células parenquimáticas radiales; un cristal por célula o cámara. Variante cambial tipo masa xilemática compuesta.

***Serjania* cf. *clematidea*** Triana & Planch.

Distribución en Venezuela: estados Amazonas, Apure, Bolívar, Lara y Mérida (Acevedo 2007, MOBOT 2010).

Madera de color amarillo rojizo (7.5YR 7/6), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano inclinado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños; grandes solitarios y múltiples tangenciales de 2-3 (-4); pequeños en múltiples radiales de 2-6 (-9). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras no septadas, paredes medianas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, en bandas con 1-2 células de ancho, en series de 2-3 células. Radios heterocelulares con dos o más hileras de células marginales, 1-3 células de ancho. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por célula o cámara. Variante cambial de tipo masa xilemática compuesta.

***Serjania pyramidata*** Radlk.

*Serjania decapleuria* Croat

Distribución en Venezuela: estados Amazonas, Apure, Aragua, Bolívar, Carabobo, Delta Amacuro, Distrito Capital, Lara, Mérida, Miranda, Yaracuy y Zulia; entre 50 y 400 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003).

Madera de color rosado (7.5YR 8/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano recto a inclinado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños; grandes solitarios y múltiples tangenciales de 2-3; pequeños en múltiples radiales de 2-12. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras septadas y no septadas, paredes delgadas a gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, en bandas con 1-3 células de ancho, en series de 2-4 células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con dos o más hileras de células marginales, 1-2 (-4) células de ancho. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por célula o cámara. Variante cambial tipo masa xilemática compuesta.

***Talisia*** cf. *coriacea* Radlk.

Distribución en Venezuela: estados Amazonas y Barinas, aproximadamente a 350 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003, Acevedo 2007).

Madera de color marrón claro (7.5YR 6/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano recto a inclinado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2 (-3). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos, pocos. Fibras no septadas, paredes muy gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso, en agregados, pequeñas islas apotraqueales, paratraqueal aliforme de ala corta, predominantemente en bandas con más de tres células de ancho, en series de 4-8 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-2 células de ancho, predominantemente biseriados.

***Talisia hexaphylla* Vahl.**

*Talisia cararensis* Cuatrec., *T. panamensis* Pittier

Distribución en Venezuela: estados Aragua, Bolívar, Carabobo, Delta Amacuro, Distrito Capital, Miranda, Sucre y Yaracuy; entre 100 y 900 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003), en zonas de vida correspondientes a bosque húmedo tropical y bosque seco tropical (Veillon 1994).

Madera de color rosado (7.5YR 7/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre mediano. Grano inclinado a entrecruzado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento indistintos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4, algunos arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras no septadas, paredes muy gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala corta, unilateral, predominantemente en bandas con más de tres células de ancho, en series de 4-8 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-2 células de ancho, predominantemente biseriados. Cristales prismáticos en células procumbentes de los radios (pocos) y formando series parenquimáticas cristalíferas (abundantes), 1 (-2) cristal por célula o cámara.

***Toulicia pulvinata* Radlk. (Fig. 2C)**

Distribución en Venezuela: estados Amazonas, Apure, Bolívar y Delta Amacuro, entre 100 y 500 msnm (Acevedo-Rodríguez 2003, Acevedo 2007), en zonas de vida correspondientes a bosque húmedo tropical, bosque húmedo premontano del norte del Orinoco y bosque seco premontano (Veillon 1994).

Madera de color amarillo (2.5Y 8/6), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivos. Lustre bajo a mediano. Grano inclinado. Textura fina. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-5). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, no ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los vasos. Fibras no septadas, paredes gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso, en agregados, paratraqueal vasicéntrico, aliforme de ala corta, en bandas marginales, en series de 4-8 células. Radios homocelulares de células procumbentes, exclusivamente uniseriados. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara. Sílice en parénquima axial.

Las características cuantitativas son presentadas en las tablas II, III y IV.

#### CLAVE

- 1 a. Fibras septadas presentes ..... 2
  - b. Fibras septadas ausentes ..... 9
- 2 a. Parénquima predominantemente en bandas con más de tres células de ancho ..... 3
  - b. Parénquima predominantemente de otro tipo ..... 4
- 3 a. Punteaduras intervasculares pequeñas a diminutas ..... *Sapindus saponaria*
  - b. Punteaduras intervasculares medianas ..... *Dilodendron bipinnatum*
- 4 a. Poros de dos tamaños, los grandes con diámetro promedio mayor a 200  $\mu\text{m}$  ..... 5
  - b. Poros de dos tamaños ausentes, con diámetro promedio inferior a 150  $\mu\text{m}$  ..... 6
- 5 a. Radios de dos tamaños presentes ..... *Paullinia grandifolia*
  - b. Radios de dos tamaños ausentes ..... *Paullinia cf. livescens*
- 6 a. Anillos de crecimiento definidos por reducción de diámetro radial y aumento del grosor de las paredes de las fibras ..... 7
  - b. . Anillos de crecimiento indistintos ..... 8



- 7 a. Poros con diámetro promedio menor de 75  $\mu\text{m}$  .....  
 ..... *Allophylus racemosus*
- b. Poros con diámetro promedio mayor de 90  $\mu\text{m}$  .....  
 ..... *Matayba scrobiculata*
- 8 a. Poros con diámetro promedio inferior a 100  $\mu\text{m}$  .....  
 ..... *Allophylus psilospermus*
- b. Poros con diámetro promedio superior a 100  $\mu\text{m}$  .....  
 ..... *Cupania latifolia, Matayba arborescens*
- 9 a. Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal; sílice presente  
 ..... *Toulicia pulvinata*
- b. Anillos de crecimiento indistintos; sílice ausente ..... 10
- 10a. Parénquima predominantemente en bandas con más de tres células de  
 ancho ..... 11
- b. Parénquima en bandas con más de tres células de ancho ausente  
 ..... 12
- 11a. Cristales prismáticos presentes .....  
 ..... *Melicoccus bijugatus, Talisia hexaphylla*
- b. Cristales ausentes ..... *Talisia cf. coriacea*
- 12a. Parénquima paratraqueal vasicéntrico delgado .....  
 ..... *Cupania americana*
- b. Parénquima predominantemente en bandas con 1-2(-3) células de ancho  
 ..... *Paullinia pinnata, Serjania* spp.

## DISCUSIÓN

Las especies estudiadas se pueden diferenciar en dos grupos de acuerdo al tipo de fibras en función de la presencia de septas: el primer grupo corresponde a especies que presentaron fibras septadas; bien sea exclusivamente septadas o en combinación con fibras no septadas. Este grupo está representado por nueve especies (50% del total estudiado). El segundo grupo corresponde a especies con fibras exclusivamente no septadas y en el mismo se presentaron nueve especies (50%). Esto coincide con lo reportado por Baizhong *et al.* (1995) quienes mencionaron que en un grupo de especies de esta familia, procedentes de China, algunas se caracterizan por presentar fibras exclusivamente septadas, otras exclusivamente no septadas y un grupo con la combinación de fibras

septadas y no septadas. Igual observación hicieron Metcalfe y Chalk (1950) y Détienne *et al.* (1982). Barajas *et al.* (1997) reportaron que la presencia de septas en las fibras pueden mostrar variaciones dentro de un mismo género e indican la presencia de fibras septadas en *Cupania glabra* y su ausencia en *C. macrophylla*. Esto coincide con lo encontrado en el presente estudio para el mismo género en el sentido que en *C. americana* las fibras son del tipo no septado, mientras que en *C. latifolia* son septadas. Igualmente, también se observaron notables variaciones en cuanto al tipo de parénquima; pudiendo encontrarse parénquima apotraqueal, paratraqueal y en bandas finas y anchas. En especies como *Dilodendron bipinnatum*, *Melicoccus bijugatus*, *Sapindus saponaria*, *Talisia* cf. *coriacea* y *T. hexaphylla* predominó la presencia de parénquima en bandas con más de tres células de ancho, mientras que en *Cupania* spp. y *Matayba* spp. predominó el paratraqueal escaso. El ancho de los radios mostró un comportamiento relativamente uniforme y la característica más común fue la presencia de radios exclusivamente uniseriados o predominantemente biseriados, salvo en los individuos de porte lianoide en donde se presentaron radios de mayor anchura y, en algunos casos, de dos tamaños. Baizhong *et al.* (1995) señalaron que lo más común en las Sapindaceae es la presencia de radios desde exclusivamente uniseriados a una combinación de uniseriados y biseriados, exceptuando al género *Sapindus* donde pueden presentarse radios hasta de cuatro células de ancho. En el presente estudio se encontró que seis especies (33,33%) se caracterizaron por presentar radios exclusivamente uniseriados y seis especies (33,33%) presentaron radios predominantemente biseriados. En *Sapindus saponaria*, aún cuando se presentaron radios de hasta cuatro células de ancho, los más abundantes fueron los biseriados. En el caso de las especies de porte lianoide (*Serjania*, *Paullinia*) se presentaron radios de hasta diez células de ancho, y en algunos casos, de dos tamaños y agregados. En cuanto a la composición de los radios, predominó la condición de exclusivamente homocelulares de células procumbentes (diez especies, 55,56% del material estudiado). La presencia de radios heterocelulares se concentró en las seis especies (33,33%) de porte lianoide y en dos especies (11,11%) de porte arbóreo o arbustivo (*Allophylus*). Barajas *et al.* (1997) describieron la madera de *A. campstostachys* y reportaron la presencia de radios heterocelulares.

Una de los caracteres que se presentó de manera más constante fue el desarrollo de cristales prismáticos, los cuales fueron observados en 17 especies (94,44%) siendo *Talisia* cf. *coriacea* la única especie donde no se presentaron cristales. Esta observación coincide con lo indicado por Baizhong *et al.* (1995). En el

caso de *Toulicia pulvinata*, además de cristales se encontró sílice en las células parenquimáticas radiales, aspecto que coincide con lo mencionado por Welle (1976), Détienne *et al.* (1982) y Carlquist (1989).

Resulta interesante destacar el caso de *Sapindus saponaria*: por una parte, Baizhong *et al.* (1995) mencionaron que esta especie posee porosidad circular, mientras que Carlquist (1989) señaló que se observa estratificación en vasos y parénquima. Estas observaciones no coinciden con lo encontrado en el presente trabajo donde se observó porosidad difusa y ausencia de estratificación. Barajas *et al.* (1997) también describieron *Sapindus saponaria* y mencionaron la presencia de una porosidad difusa y la ausencia de estratificación.

El único tipo de variante cambial observado fue masa xilemática compuesta, la cual se presentó sólo en las especies pertenecientes a los géneros de porte lianoide *Paullinia* y *Serjania*. Según Metcalfe y Chalk (1950) y Carlquist (1989), este tipo de variante es común en los géneros mencionados.

Con respecto a las características cuantitativas se observó lo siguiente:

a) Vasos: el diámetro promedio de los poros osciló entre 70 y 330  $\mu\text{m}$ . Los mayores valores correspondieron a los individuos del grupo de las lianas (tres especies de *Paullinia* y tres de *Serjania*). Las 13 especies de porte arbóreo o arbustivo distribuyeron su tamaño de poros en la categoría de pequeños (cuatro especies; 22,22% del total estudiado) a medianos (ocho especies; 44,44%). En el caso de las lianas, se presentaron poros de dos tamaños, lo que indica la especialización del sistema de conducción de este grupo al desarrollar vasos grandes que garanticen eficiencia en la conducción y vasos pequeños orientados hacia la seguridad de conducción. El diámetro de las punteaduras intervasculares se distribuyó en las categorías de diminutas (cinco especies; 27,77%), pequeñas (diez especies; 55,55%) y medianas (tres especies; 16,67%). En todas las especies de lianas estudiadas se encontraron punteaduras pequeñas. La longitud promedio de los elementos de los vasos osciló entre un mínimo de 227  $\mu\text{m}$  (*Sapindus saponaria*) y un máximo de 446  $\mu\text{m}$  (*Toulicia pulvinata*). Un total de 11 especies (61,11%) presentaron elementos de los vasos cortos y siete (38,89%) poseen elementos de los vasos medianos. Respecto a la frecuencia de vasos, el patrón de variación fue bastante amplio y en algunas especies, los valores fueron de 5 poros/ $\text{mm}^2$ , mientras que en otras los valores estuvieron por encima de 30.

b) Fibras: las especies estudiadas se caracterizaron por presentar fibras cortas (seis especies; 33,33%) a medianas (doce especies; 66,67%). Los menores valores se concentraron en las seis especies de lianas (*Paullinia*, *Serjania*)

mientras que los mayores valores correspondieron a *Dilodendron bipinnatum*, *Talisia hexaphylla* y *Toulicia pulvinata*.

c) Radios: la altura de los radios mostró un comportamiento bastante uniforme en el sentido que todas las especies de porte arbóreo o arbustivo presentaron radios menores de 0,5 mm. En el caso de las lianas, la dimensión de los radios fue difícil de determinar, debido a que la irregularidad en cuanto a forma de este tipo de plantas no permite obtener secciones perfectamente tangenciales y no se puede determinar de manera precisa la frecuencia o altura de los mismos.

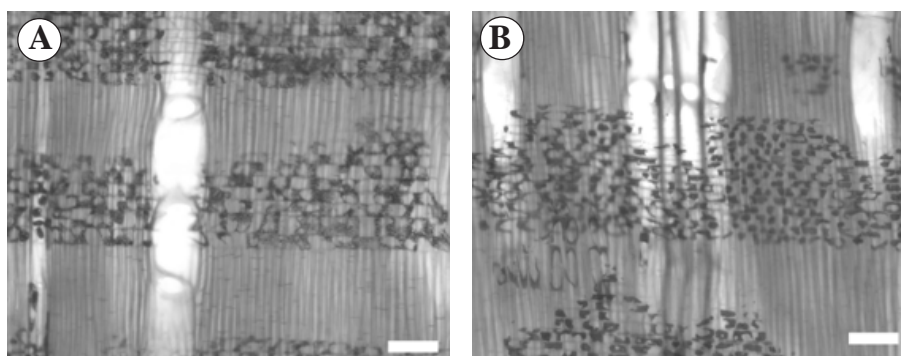


Fig. 1. Radios heterocelulares, platinas de perforación simples. A. *Allophylus psilospermus*. B. *A. racemosus*. Barra = 100 µm.

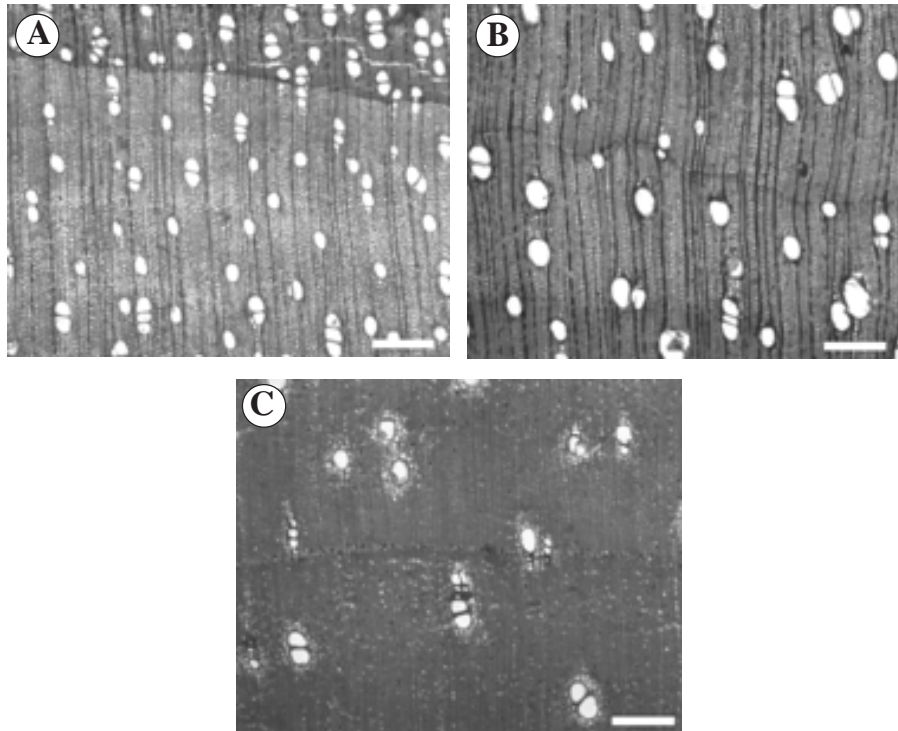


Fig. 2. Anillos de crecimiento definidos, poros solitarios y múltiples radiales cortos. A. *Allophylus racemosus*. B. *Matayba scrobiculata*. C. *Toulicia pulvinata*. Barra = 300  $\mu\text{m}$ .

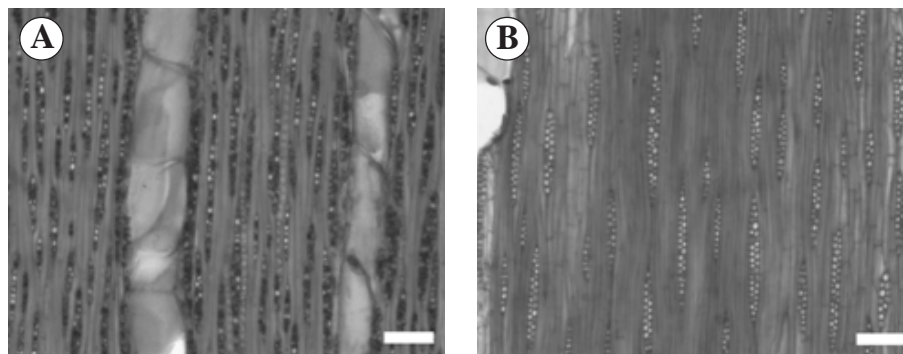


Fig. 3. Radios predominantemente biseriados. A. *Cupania americana*. B. *Sapindus saponaria*. Barra = 100  $\mu\text{m}$ .

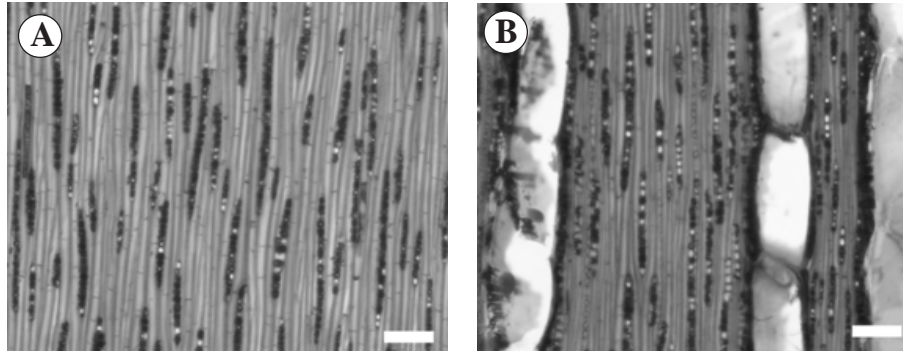


Fig. 4. Radios exclusiva a predominantemente uniseriados. A. *Cupania latifolia*. B. *Matayba arborescens*. Barra = 100  $\mu\text{m}$ .

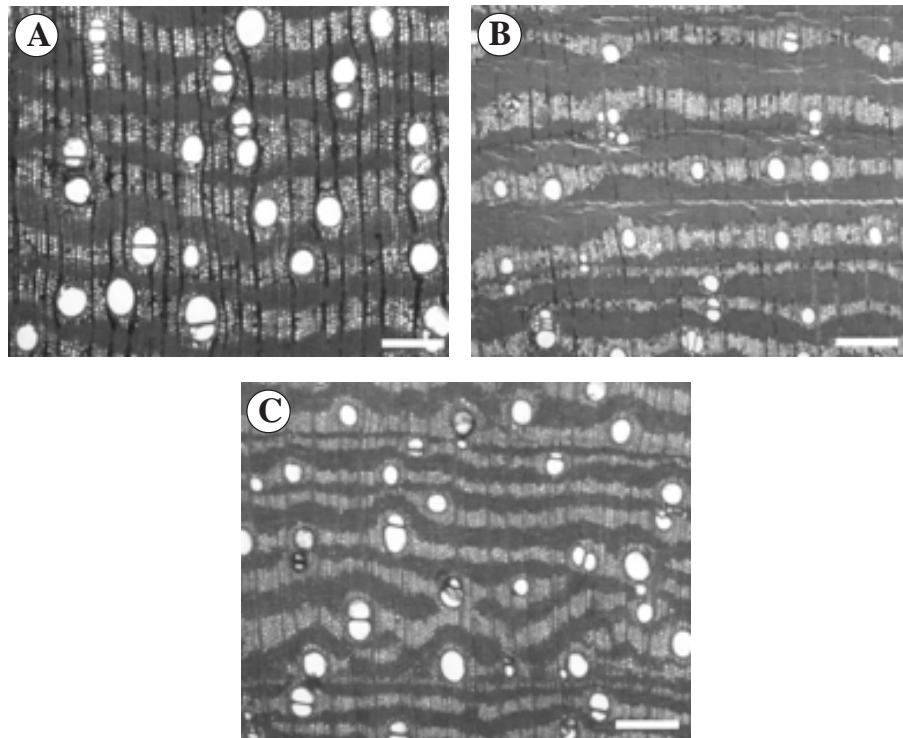


Fig. 5. Parénquima predominantemente en bandas con más de tres células de ancho. A. *Dilodendron bipinnatum*. B. *Melicoccus bijugatus*. C. *Sapindus saponaria*. Barra = 300  $\mu\text{m}$ .

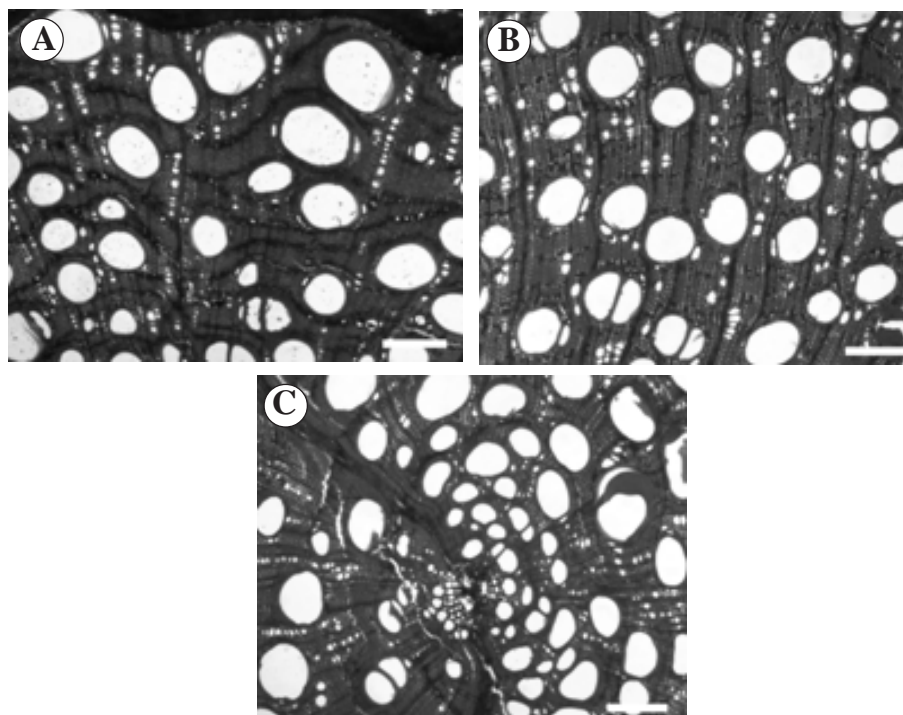


Fig. 6. Vasos de dos tamaños, poros grandes predominantemente solitarios, poros pequeños predominantemente en múltiples radiales. A. *Paullinia grandifolia*. B. *P. cf. livescens*. C. *P. pinnata*. Barra = 300  $\mu\text{m}$ .

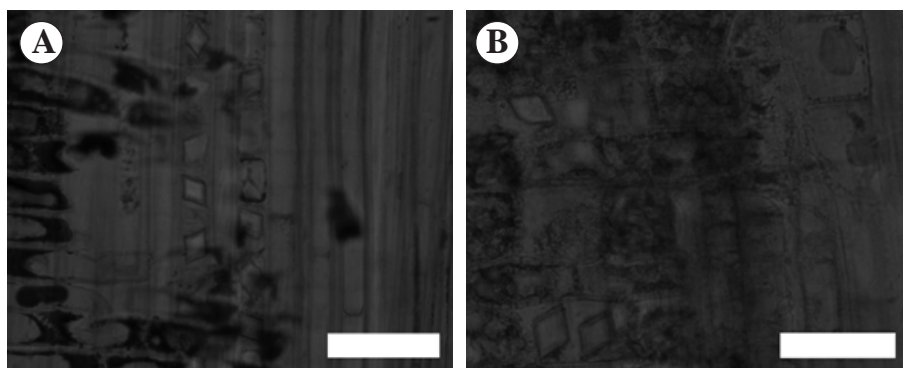


Fig. 7. Cristales prismáticos en parénquima axial o radial. A. *Matayba scrobiculata*. B. *Paullinia cf. livescens*. Barra = 50  $\mu\text{m}$ .

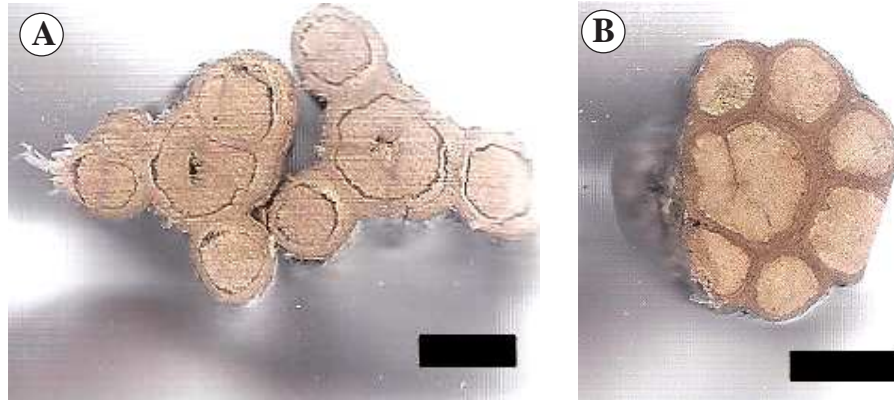


Fig. 8. Masa xilemática compuesta. A. *Paullinia grandifolia*. Barra = 0,7 cm.  
B. *Serjania atrolineata*. Barra = 1 cm.



Tabla II. Frecuencia de poros, diámetro de vasos ( $\mu\text{m}$ ), diámetro de punteaduras ( $\mu\text{m}$ ), longitud de elementos de los vasos (LEV,  $\mu\text{m}$ ).

Especie	Poros/mm <sup>2</sup>	Diámetro de vasos	Diámetro de punteaduras	LEV
<i>Allophylus psilospermus</i>	21	(60) 81 <sup>a,b,c</sup> ± 13,46 (110)	(2,5) 3,125 <sup>a</sup> ± 0,66 (3,75)	(120) 311 <sup>b,c,d,e</sup> ± 110,34 (545)
<i>Allophylus racemosus</i>	23-42	(50) 70 <sup>a</sup> ± 8,95 (95)	(3,75) 4,56 <sup>b,c</sup> ± 0,84 (6,25)	(205) 366 <sup>c,d,e,f,g</sup> ± 91,50 (595)
<i>Cupania americana</i>	8	(75) 118 <sup>e,f,g</sup> ± 17,28 (140)	(3,75) 4,125 <sup>a,b</sup> ± 0,60 (5)	(180) 328 <sup>b,c,d,e</sup> ± 83,54 (515)
<i>Cupania latifolia</i>	12	(95) 123 <sup>f,g</sup> ± 15,21 (150)	(3,75) 3,75 <sup>a,b</sup> ± 0,00 (3,75)	(230) 377 <sup>d,e,f,g,h</sup> ± 105,29 (650)
<i>Dilodendron bipinnatum</i>	16	(110) 125 <sup>g</sup> ± 11,77 (150)	(7,50) 7,625 <sup>f</sup> ± 0,39 (8,75)	(200) 350 <sup>c,d,e,f</sup> ± 72,15 (475)
<i>Matayba arborescens</i>	19	(85) 113 <sup>e,f,g</sup> ± 14,43 (145)	(2,5) 3,25 <sup>a</sup> ± 0,65 (3,75)	(180) 328 <sup>b,c,d,e</sup> ± 81,94 (515)
<i>Matayba scrobiculata</i>	9-17	(80) 100 <sup>b,c,d,e</sup> ± 12,08 (140)	(2,5) 3,583 <sup>a,b</sup> ± 0,91 (5)	(200) 409 <sup>f,g,h</sup> ± 101,05 (620)
<i>Melicoccus bijugatus</i>	5-7	(60) 98 <sup>b,c,d,e</sup> ± 21,11 (150)	(6,25) 7,25 <sup>e,f</sup> ± 0,89 (8,75)	(170) 320 <sup>b,c,d,e</sup> ± 72,61 (465)
<i>Paullinia grandifolia</i>	11*, 65**	(160) 250 <sup>l</sup> ± 50,41 (350)	(5) 6,5 <sup>d,e</sup> ± 0,79 (7,5)	(180) 269 <sup>a,b</sup> ± 50,95 (395)
<i>Paullinia cf. livescens</i>	8*, 33**	(140) 222 <sup>j,k</sup> ± 27,94 (260)	(5) 6,25 <sup>d,e</sup> ± 0,83 (7,5)	(280) 407 <sup>f,g,h</sup> ± 72,52 (580)
<i>Paullinia pinnata</i>	7*, 38**	(220) 330 <sup>m</sup> ± 41,89 (400)	(3,75) 4,5 <sup>b,c</sup> ± 0,65 (5)	(225) 333 <sup>b,c,d,e,f</sup> ± 70,86 (465)
<i>Sapindus saponaria</i>	5-13	(75) 107 <sup>d,e,f,g</sup> ± 17,85 (150)	(2,5) 3,75 <sup>a,b</sup> ± 0,734 (5)	(120) 227 <sup>a</sup> ± 47,69 (330)
<i>Serjania atrolineata</i>	9-28*, 18-54**	(120) 207 <sup>ij</sup> ± 39,69 (315)	(3,75) 5,526 <sup>c,d</sup> ± 1,27 (7,5)	(205) 315 <sup>b,c,d,e</sup> ±

Tabla II. Continuación.

Especie	Poros/mm <sup>2</sup>	Diámetro de vasos	Diámetro de punteaduras	LEV
<i>Serjania cf. clematidea</i>	18*, 46**	(120) 190 <sup>i</sup> ± 35,12 (280)	(3,75) 4,5 <sup>b,c</sup> ± 0,65 (5)	58,96 (465) (170) 270 <sup>a,b</sup> ± 58,08 (410)
<i>Serjania pyramidata</i>	10-12*, 11-25**	(170) 235 <sup>k,l</sup> ± 33,23 (295)	(5) 5,417 <sup>c,d</sup> ± 0,61 (6,25)	(150) 266 <sup>a,b</sup> ± 75,03 (500)
<i>Talisia cf. coriacea</i>	5	(75) 108 <sup>d,e,f,g</sup> ± 15,75 (140)	(6,25) 7,125 <sup>e,f</sup> ± 0,84 (8,75)	(200) 385 <sup>e,f,g,h</sup> ± 87,08 (530)
<i>Talisia hexaphylla</i>	10	(60) 81 <sup>a,b</sup> ± 11,96 (100)	(5) 5,625 <sup>c,d</sup> ± 0,88 (7,5)	(160) 299 <sup>a,b,c</sup> ± 82,7 (440)
<i>Toulicia pulvinata</i>	5	(70) 101 <sup>b,c,d,e</sup> ± 17,72 (135)	(3,75) 4,125 <sup>a,b</sup> ± 0,6 (5)	(240) 446 <sup>h</sup> ± 119,22 (620)

Se indican, en este orden, el valor mínimo, el promedio, la desviación y el valor máximo. \* = frecuencia de poros pequeños. \*\* = frecuencia de poros grandes.

NOTA: letras diferentes representan grupos estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Tabla III. Longitud de fibras ( $\mu\text{m}$ ), altura de radios ( $\mu\text{m}$ ), frecuencia de radios (radios/mm). Se indican en este orden el valor mínimo, el promedio, la desviación y el valor máximo.

Especie	Longitud de fibras	Altura de radios	Frecuencia de radios
<i>Allophylus psilospermus</i>	(630) 918 <sup>b</sup> $\pm$ 117,81 (1150)	(185) 265 <sup>a</sup> $\pm$ 59,19 (400)	(9) 11 <sup>f,g,h,i</sup> $\pm$ 1,90 (14)
<i>Allophylus racemosus</i>	(685) 869 <sup>b</sup> $\pm$ 98,85 (1165)	(200) 309 <sup>ab</sup> $\pm$ 85,40 (540)	(8) 12 $\pm$ 1,83 <sup>g,h,i</sup> (16)
<i>Cupania americana</i>	(810) 950 <sup>b,c,d</sup> $\pm$ 88,35 (1180)	(170) 250 <sup>a</sup> $\pm$ 39,58 (330)	(13) 16 <sup>i</sup> $\pm$ 2,07 (20)
<i>Cupania latifolia</i>	(865) 1041 <sup>d</sup> $\pm$ 100,39 (1220)	(170) 283 <sup>ab</sup> $\pm$ 70,47 (500)	(10) 12 <sup>h,i,j</sup> $\pm$ 1,42 (15)
<i>Dilodendron bipinnatum</i>	(1050) 1300 <sup>f</sup> $\pm$ 137,45 (1540)	(300) 462 <sup>c</sup> $\pm$ 88,47 (610)	(7) 9 <sup>c,d,e</sup> $\pm$ 1,99 (13)
<i>Matayba arborescens</i>	(730) 907 <sup>b</sup> $\pm$ 96,76 (1075)	(160) 283 <sup>ab</sup> $\pm$ 97,70 (535)	(11) 13 <sup>i,j,k</sup> $\pm$ 0,97 (14)
<i>Matayba scrobiculata</i>	(750) 1035 <sup>c,d</sup> $\pm$ 127,27 (1330)	(170) 279 <sup>ab</sup> $\pm$ 64,57 (445)	(11) 15 <sup>j,k,l</sup> $\pm$ 1,75 (18)
<i>Melicoccus bijugatus</i>	(850) 1174 <sup>e</sup> $\pm$ 142,72 (1450)	(210) 370 <sup>b,c</sup> $\pm$ 121,39 (830)	(6) 9 <sup>c,d,e,f</sup> $\pm$ 1,54 (12)
<i>Paullinia grandifolia</i>	(490) 675 <sup>a</sup> $\pm$ 92,12 (830)	—	—
<i>Paullinia</i> cf. <i>livescens</i>	(760) 961 <sup>b,c,d</sup> $\pm$ 98,07 (1170)	(390) 1006 <sup>e</sup> $\pm$ 457,57 (2210)	(4) 7 <sup>b,c</sup> $\pm$ 1,48 (9)
<i>Paullinia pinnata</i>	(440) 703 <sup>a</sup> $\pm$ 95,05 (860)	—	—
<i>Sapindus saponaria</i>	(900) 1226 <sup>c,f</sup> $\pm$ 149,36 (1590)	(170) 323 <sup>ab</sup> $\pm$ 87,62 (660)	(7) 9 <sup>c,d,e</sup> $\pm$ 1,01 (11)
<i>Serjania atrolineata</i>	(440) 624 <sup>a</sup> $\pm$ 104,59 (910)	(450) 728 <sup>d</sup> $\pm$ 179,54 (1075)	(4) 6 <sup>a,b</sup> $\pm$ 1,50 (9)
<i>Serjania</i> cf. <i>clematidea</i>	(470) 622 <sup>a</sup> $\pm$ 77,72 (780)	—	—
<i>Serjania pyramidata</i>	(450) 624 <sup>a</sup> $\pm$ 82,30 (805)	(200) 359 <sup>ab,c</sup> $\pm$ 166,16 (920)	—
<i>Talisia</i> cf. <i>coriacea</i>	(1125) 1441 <sup>g</sup> $\pm$ 161,2 (1780)	(250) 340 <sup>ab</sup> $\pm$ 65,82 (510)	(8) 12 <sup>g,h,i</sup> $\pm$ 2,31 (16)
<i>Talisia hexaphylla</i>	(1040) 1307 <sup>f</sup> $\pm$ 174,46 (1590)	(230) 321 <sup>ab</sup> $\pm$ 50,03 (460)	(8) 10 <sup>c,f,g,h</sup> $\pm$ 1,34 (12)
<i>Toulicia pulvinata</i>	(1030) 1330 <sup>f,g</sup> $\pm$ 159,5 (1640)	(200) 327 <sup>ab</sup> $\pm$ 94,44 (560)	(8) 11 <sup>e,f,g,h</sup> $\pm$ 1,95 (14)

NOTA: letras diferentes representan grupos estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ( $\alpha = 0,05$ ).

Tabla IV. Distribución de especies por categorías dimensionales en caracteres cuantitativos según la clasificación de IAWA Committe (1989).

Caracter	Categoría	Especies
Frecuencia de poros	Muy baja (< 5 poros/mm <sup>2</sup> )	—
	Baja (5-20 poros/mm <sup>2</sup> )	<i>Cupania americana</i> , <i>C. latifolia</i> , <i>Dilodendron bipinnatum</i> , <i>Matayba arborescens</i> , <i>M. scrobiculata</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Paullinia grandifolia</i> *, <i>P. cf. livescens</i> *, <i>P. pinnata</i> *, <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Serjania atrolineata</i> *, <i>S. cf. clematidea</i> *, <i>S. pyramidata</i> , <i>Talisia cf. coriacea</i> , <i>T. hexaphylla</i> , <i>Toulicia pulvinata</i> .
	Mediana (20-40 poros/mm <sup>2</sup> )	<i>Allophylus psilospermus</i> , <i>A. racemosus</i> , <i>Paullinia cf. livescens</i> *, <i>P. pinnata</i> *, <i>S. pyramidata</i> *
	Alta (40-100 poros/mm <sup>2</sup> )	<i>Paullinia grandifolia</i> *, <i>Serjania atrolineata</i> *, <i>S. cf. clematidea</i> *
	Muy alta (>100 poros/mm <sup>2</sup> )	—
Diámetro de vasos	Muy pequeños (< 50 µm)	—
	Pequeños (50-100 µm)	<i>Allophylus psilospermus</i> , <i>A. racemosus</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Talisia hexaphylla</i>
	Medianos (100-200 µm)	<i>Cupania americana</i> , <i>C. latifolia</i> , <i>Dilodendron bipinnatum</i> , <i>Matayba arborescens</i> , <i>M. scrobiculata</i> , <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Serjania cf. clematidea</i> , <i>Talisia cf. coriacea</i> , <i>Toulicia pulvinata</i>
	Grandes (> 200 µm)	<i>Paullinia grandifolia</i> , <i>P. cf. livescens</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>Serjania atrolineata</i> , <i>S. pyramidata</i>

Tabla IV. Continuación.

Caracter	Categoría	Especies
Diámetro de punteaduras	Diminutas (< 4 µm)	<i>Allophylus psilospermus</i> , <i>Cupania latifolia</i> , <i>Matayba arborescens</i> , <i>M. scrobiculata</i> , <i>Sapindus saponaria</i>
	Pequeñas (4-7 µm)	<i>Allophylus racemosus</i> , <i>Cupania americana</i> , <i>Paullinia grandifolia</i> , <i>P. cf. livescens</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>Serjania atrolineata</i> , <i>S. cf. clematidea</i> , <i>S. pyramidata</i> , <i>Talisia hexaphylla</i> , <i>Toulicia pulvinata</i>
	Medianas (7-10 µm)	<i>Dilodendron bipinnatum</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Talisia cf. coriacea</i>
	Grandes (> 10 µm)	—
Longitud de elementos de los vasos	Cortos (< 350 µm)	<i>Allophylus psilospermus</i> , <i>Cupania americana</i> , <i>Matayba arborescens</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Paullinia grandifolia</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Serjania atrolineata</i> , <i>S. cf. clematidea</i> , <i>S. pyramidata</i> , <i>Talisia hexaphylla</i>
	Medianos (350-800 µm)	<i>Allophylus racemosus</i> , <i>Cupania latifolia</i> , <i>Dilodendron bipinnatum</i> , <i>Matayba scrobiculata</i> , <i>P. cf. livescens</i> , <i>Talisia cf. coriacea</i> , <i>Toulicia pulvinata</i>
Longitud de fibras	Largos (> 800 µm)	—
	Cortas (< 900 µm)	<i>Allophylus racemosus</i> , <i>Paullinia grandifolia</i> , <i>P. pinnata</i> , <i>Serjania atrolineata</i> , <i>S. cf. clematidea</i> , <i>S. pyramidata</i>
	Medianas (900-1600 µm)	<i>Allophylus psilospermus</i> , <i>Cupania americana</i> , <i>C. latifolia</i> , <i>Dilodendron bipinnatum</i> , <i>Matayba arborescens</i> , <i>M. scrobiculata</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Paullinia cf. livescens</i> , <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Talisia cf. coriacea</i> , <i>T. hexaphylla</i> , <i>Toulicia pulvinata</i>
	Largos (> 1600 µm)	—

Tabla IV. Continuación.

Caracter	Categoría	Especies
Frecuencia de radios	Baja (< 4 radios/mm)	—
	Media (4-12 radios/mm)	<i>Allophylus psilospermus</i> , <i>A. racemosus</i> , <i>Cupania latifolia</i> , <i>Dilodendron bipinnatum</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>P. cf. livescens</i> , <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Serjania atrolineata</i> , <i>Talisia cf. coriacea</i> , <i>T. hexaphylla</i> , <i>Toulicia pulvinata</i>
	Alta (> 12 radios/mm)	<i>Cupania americana</i> , <i>Matayba arborescens</i> , <i>M. scrobiculata</i>
Altura de radios	Bajos (< 1 mm)	<i>Allophylus psilospermus</i> , <i>A. racemosus</i> , <i>Cupania americana</i> , <i>C. latifolia</i> , <i>Dilodendron bipinnatum</i> , <i>Matayba arborescens</i> , <i>M. scrobiculata</i> , <i>Melicoccus bijugatus</i> , <i>Sapindus saponaria</i> , <i>Serjania atrolineata</i> , <i>S. pyramidata</i> , <i>Talisia cf. coriacea</i> , <i>T. hexaphylla</i> , <i>Toulicia pulvinata</i>
	Altos (> 1 mm)	<i>Paullinia cf. livescens</i>

## CONCLUSIONES

- a) Las especies estudiadas mostraron uniformidad en los siguientes caracteres: tipo de porosidad, agrupación y disposición de vasos, tipo de platina de perforación y de punteaduras intervasculares, contenido en los vasos, tipo de punteaduras en las fibras y de parénquima en sección tangencial. Adicionalmente, mostraron una notable uniformidad en cuanto a la presencia de cristales.
- b) La principal característica que permite separar en grupos a las 18 especies estudiadas corresponde a la presencia de septas en las fibras: en el 50% de las especies se observó la presencia de fibras septadas y en el 50% restante las fibras fueron exclusivamente no septadas. En algunos casos, se observaron variaciones a nivel genérico tal como ocurre en *Cupania*.
- c) El tipo de parénquima en sección transversal fue una de las características que mostró mayor grado de variación: algunas especies presentaron parénquima predominantemente paratraqueal, escaso; en otros casos se observó el predominio de bandas con más de tres células de ancho. En el caso de *Toulicia pulvinata* se observó abundante parénquima apotraqueal difuso, combinado con paratraqueal vasicéntrico y bandas marginales.
- d) Con respecto a los radios, la condición más constante fue la de radios exclusivamente homocelulares de células procumbentes. La presencia de radios heterocelulares se confinó sólo a las especies de lianas (*Paullinia* spp., *Serjania* spp.) y a un solo género de porte arbóreo/arbustivo: *Allophylus*.
- e) La principal diferencia entre las lianas y árboles o arbustos se concentró en los elementos de conducción, especialmente en lo relacionado con tamaño y frecuencia de vasos; así como también al desarrollo de vasos de dos tamaños en las lianas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acevedo-Rodríguez, P. 2003. Sapindaceae. In: Hokche, O., P. Berry y O. Huber (Eds.). 2008. Nuevo catálogo de la flora vascular de Venezuela: 602-607. Fundación Instituto Botánico de Venezuela Dr. Tobías Lasser. Caracas, Venezuela. 859 p.
- Acevedo, P. 2007. Sapindaceae. In: R. Duno de Stefano, G. Aymar y O. Huber (Eds.). Catálogo anotado e ilustrado de la flora vascular de los llanos de Venezuela. 658-664. FUDENA-Empresas Polar-FIBV. 738 p.

- Agarwal, M., S. Gupta and V. Painuly. 2005. Xylotomic study of the family Sapindaceae: microstructure, systematic and ecological trends. *Indian For.* 131: 1024-1040.
- APG. 2003. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants: APG II. *Bot. J. Linn. Soc.* 141: 399-436.
- Aristeguieta, L. 2003. Estudio dendrológico de la flora de Venezuela. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Vol. XXXVIII. Caracas. 572 p.
- Baizhong, L., B. ter Welle and R. Klaassen. 1995. Wood anatomy of trees and shrubs from China. VII. Sapindaceae. *IAWA J.* 16: 191-215.
- Barajas, M., G. Ángeles y P. Solís. 1997. Anatomía de maderas de México: especies de una selva alta perennifolia I. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Publicaciones especiales 16. México D.F. 126 p.
- Barajas, J. y C. León. 1989. Anatomía de maderas de México: Especies de una selva baja caducifolia. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. Publicaciones Especiales 1. México D.F. 126 p.
- Carlquist, S. 1989. Comparative wood anatomy. Springer-Verlag. Series in Wood Science. 436 p.
- Détienne, P., P. Jacquet and A. Mariaux. 1982. Manuel d'Identification des bois tropicaux. Centre Technique Forestier Tropical. Tome 3. Marne. 315 p.
- Espinoza, N. 1987. Cristales y sílice en maderas dicotiledóneas de Latinoamérica. *Pittieria* 15: 13-65.
- Huerta, J. y J. Becerra. 1982. Anatomía macroscópica y algunas características físicas de diecisiete maderas tropicales mexicanas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Divulgativo N° 46. México D.F. 61 p.
- IAWA Committee. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* n.s. 10: 219-332.
- Judd, W., C. Campbell, E. Kellogg and P. Stevens. 1999. Plant systematic. A phylogenetic approach. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts. 464 p.



- Klaassen, R. 1999. Wood anatomy of the Sapindaceae. IAWA J. Suppl. 2. 214 p.
- Kribs, D. 1968. Comercial foreign woods in the American market. Dover Publications Inc. New York. 241 p.
- León, W. 2002. Anatomía e identificación macroscópica de maderas. Universidad de Los Andes. Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico (CDCHT)/Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela. 120 p.
- León, W. 2005. Anatomía ecológica del xilema secundario de un bosque seco tropical de Venezuela. Acta Bot. Venez. 28: 257-274.
- León, W. 2006. Anatomía de la Madera de 13 especies del orden Sapindales que crecen en el estado Mérida, Venezuela. Acta Bot. Venez. 29: 269-296.
- Mainieri, C. e J. Peres. 1989. Fichas de características das madeiras brasileiras. Instituto de Pesquisas Tropicales. Sao Paulo. 418 p.
- Metcalfe, C. y L. Chalk. 1950. Anatomy of the dicotyledons Vol. II. Clarendon Press, Oxford. 1500 p.
- Munsell. 1990. Soil color charts. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. Baltimore.
- MOBOT. (Agosto 2010).Tropicos (on line). <http://www.tropicos.org/>
- Rogel, M. 1982. Características anatómicas de la madera de siete especies tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico N° 86. México D.F. 55 p.
- Sosa, J. 1973. Estudio de la estructura anatómica y características dimensionales de 50 especies forestales de Peten. Ministerio de Agricultura. Cuerpo Técnico de Evaluación Forestal. Guatemala. 85 p.
- Tortorelli, L. 1956. Maderas y bosques argentinos. Editorial Acme, Buenos Aires. 910 p.
- Veillon, J. 1994. Especies forestales autóctonas de los bosques naturales de Venezuela. Inst. Forest. Latinoamericano. 2<sup>da</sup> Edición. Mérida. 226 p.
- Welle, B. ter. 1976. Silica grains in woody plants of the neotropics, especially Surinam. In: Baas P., A. Bolton and D. Catling (Eds.). Wood structure in biological and technological research. 107-142. Leiden Botanical Series N° 3. 280 p.