

## **ANATOMÍA DE LA MADERA DE 20 ESPECIES DE LIANAS DEL LOTE BOSCO EL DORADO-TUMEREMO (ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA)**

*Williams J. León H.*

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

### **COMPENDIO**

En este trabajo se presenta el estudio de la anatomía de la madera de 19 especies de lianas procedentes del estado Bolívar, Venezuela. Las especies estudiadas se agrupan en un total de 12 familias: Bignoniaceae (2), Caesalpiniaceae (2), Combretaceae (1), Dilleniaceae (2), Papilionaceae (3), Menispermaceae (3), Moraceae (1), Nyctaginaceae (1), Rhamnaceae (1), Sapindaceae (1), Ulmaceae (1), Verbenaceae. El material se preparó utilizando procedimientos convencionales de microtecnia y fue descrito de acuerdo a lo establecido por IAWA. Las características que se encontraron con mayor frecuencia en el material estudiado fueron la presencia de cristales (85 %), variantes cambiales (55 %) y vasos de dos tamaños (50 %). Entre los tipos de variantes cambiales se encontró el desarrollo de cuñas floemáticas, floema concéntrico, floema disperso y masa xilemática compuesta. Se elaboró una clave dicotómica para la identificación de las especies estudiadas.

### **ABSTRACT**

This paper presents the wood anatomy of 19 species of lianes from Bolívar State, Venezuela. The species studied belong to 12 families: Bignoniaceae (2), Caesalpiniaceae (2), Combretaceae (1), Dilleniaceae (2), Papilionaceae (3), Menispermaceae (3), Moraceae (1), Nyctaginaceae (1), Rhamnaceae (1), Sapindaceae (1), Ulmaceae (1), Verbenaceae. The material was prepared using conventional microtechnique. Descriptions were realized according to rules of the IAWA. The features found with greatest frequency were crystals (85 %), cambial variants (55 %) and two-sized vessels (50 %). The cambial variant types found were stems with furrowed xylem, concentric phloem, diffuse phloem and compound xylem cylinder. A dichotomous key for identification is presented.

### **PALABRAS CLAVE**

Lianas, variantes cambiales, xilema, poros de dos tamaños, cristales.

### **KEY WORDS**

Lianas, cambial variants, xylem, two-sized pores, crystals.

### **INTRODUCCIÓN**

Las lianas son plantas trepadoras, delgadas y alargadas, propias de las selvas tropicales que debido a su crecimiento rápido, elevan sus hojas por encima de las demás plantas; el ápice crece con rapidez y se forman tallos con entrenudos largos. Se fijan a soportes mediante la producción de zarcillos, ganchos, espinas, raíces adherentes o por crecimiento envolvente (Lindorf *et al.* 1985). En general, las lianas presentan un crecimiento longitudinal muy rápido y crecen extendiendo sus ramas y follaje sobre el dosel produciendo sombra sobre sus árboles hospederos, compitiendo por luz, nutrientes y agua, reduciendo de esta manera la tasa de crecimiento de éstos; también causan daños mecánicos y entorpecen las labores de tumba y extracción de madera (Hernández *et al.* 2007). Al comparar la estructura de la madera, se observa que en una liana se encuentran los mismos tejidos xilemáticos que en el tallo de un árbol o arbusto: tejido de conducción (vasos, traqueidas), almacenamiento (parénquima axial y radial) y soporte (fibras). Sin embargo, existen diferencias notables en cuanto a las dimensiones y proporción de cada uno de estos elementos, así como también una mayor incidencia de variantes cambiales (Araque *et al.* 2007). A pesar de ser una forma de vida de presencia común en los bosques tropicales, los estudios anatómicos de lianas son muy pocos aún cuando es la principal fuente de estudio sobre variantes cambiales (Araujo y Costa 2006). Según Carlquist (1991), los trabajos pioneros en anatomía de lianas fueron realizados por Westermeier y Ambronn (1881) y Schenck (1893) quienes observaron grandes diferencias entre la estructura xilemática de plantas trepadoras y plantas que desarrollan su propia capacidad de soporte. Posteriormente, se han ido acumulando datos de esta forma de vida a través de estudios donde se investigan diferentes grupos taxonómicos (Record y Hess 1949, Metcalfe y Chalk 1950, 1983, Gasson y Dobbins 1991, Dos Santos 1996, Mennega 1997, Araujo y Costa 2006, Zevallos y Tomazello 2006, Jacques y Franceschi 2007, Neves y Barros 2008). Carlquist (1985, 1991) presentó una revisión bastante completa de la anatomía del tallo de lianas haciendo énfasis en aspectos relacionados con variantes cambiales,

dimensiones y morfología de elementos de los vasos, presencia de elementos traqueales imperforados, parénquima axial y radios. En Venezuela, los únicos trabajos que se concentran sólo en el estudio de anatomía de lianas son los realizados por Araque *et al.* (2000, 2007) quienes estudiaron material proveniente de los bosques de los Llanos Occidentales del país. En los bosques del sur del Orinoco (estados Bolívar y Amazonas) se han realizado algunos estudios florísticos de lianas destacando el presentado por Hernández *et al.* (2007) en el lote boscoso El Dorado-Tumeremo donde en uno de sus compartimientos encontraron un total de 69 especies pertenecientes a 58 géneros y 33 familias. En esta región geográfica, una de las más importantes del país desde el punto de vista de extensiones boscosas y diversidad florística, no se ha realizado ningún estudio relacionado con la anatomía de la madera de lianas y el objetivo del presente trabajo es presentar la descripción xilemática de 20 especies de esta forma de vida, colectadas en el lote boscoso El Dorado-Tumeremo (estado Bolívar).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio fue colectado en el lote boscoso «El Dorado-Tumeremo» (Fig. 1) ubicado en los municipios Sifontes y Foráneo Dalla Costa del estado Bolívar en el marco del estudio florístico de lianas con fines de manejo realizado en esa región geográfica (Hernández *et al.* 2007). Las muestras de madera fueron incorporadas a la xiloteca MERw y las muestras botánicas al Herbario MER de la Universidad de Los Andes. Se colectó un individuo por especie (Tabla I). Las muestras de madera se prepararon siguiendo el procedimiento convencional de microtecnia xilemática (Johansen 1940, Corothie 1967), aplicando ablandamiento en agua caliente por un tiempo que varió entre 4 y 12 horas, dependiendo del grado de dureza de la madera, se obtuvieron secciones de 25-35  $\mu\text{m}$  de espesor con microtomo de desplazamiento, las cuales se tiñeron con safranina (50:50). Se prepararon macerados usando una mezcla de peróxido de hidrógeno y ácido acético glacial (1:1), donde se sumergieron astillas de madera y se llevaron a estufa (60 °C) durante 12 horas. La descripción se realizó de acuerdo a lo estipulado por IAWA Committee (1989), tomando en consideración todas las características indicadas en dicha lista. En la determinación de características cuantitativas, se hicieron 25 mediciones para diámetro de poros, altura de radios, longitud de elementos vasculares y longitud de fibras; mientras que para el diámetro de punteaduras y frecuencia de radios se realizaron 10 mediciones. En el caso de especies que presentaban vasos y radios de dos tamaños,

se determinó la frecuencia y diámetro de vasos así como la altura de radios para las dos categorías de tamaño. En la determinación de color se utilizó la Tabla de Colores de Munsell (1990). Para la toma de micrografías se utilizó una cámara digital Pixelink, acoplada a un microscopio Nikon E200.

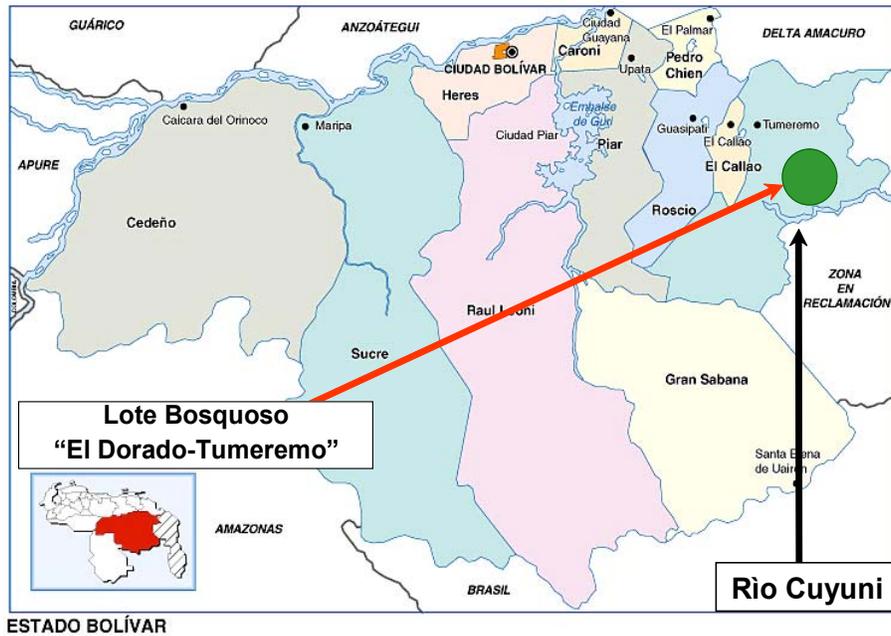


Fig 1. Ubicación del área de estudio (Hernández *et al.* 2007).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Familia Bignoniaceae

*Arrabidaea candicans* (Rich.) DC. (Figs. 2, 3)

Madera de color marrón muy pálido pálido (10YR 8/6), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre mediano. Grano recto a inclinado. Textura mediana. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por porosidad semicircular y parénquima marginal. Porosidad semicircular. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños, solitarios y múltiples radiales de 2-3, arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las

Tabla I. Lista de especies de 20 especies de lianas del Lote Boscoso El Dorado-Tumeremo.

Especie	Familia	Nº Xiloteca	Nº Herbario
<i>Arrabidaea candicans</i>	Bignoniaceae	X6428	53717
<i>Xylophragma seemanianum</i>	Bignoniaceae	X6439	53751
<i>Bauhinia otimouta</i>	Caesalpinaceae	X6437	53757
<i>Senna nitida</i>	Caesalpinaceae	X6456	53733
<i>Combretum fruticosum</i>	Combretaceae	X6432	53767
<i>Davilla rugosa</i> var. <i>rugosa</i>	Dilleniaceae	X6435	53730
<i>Tetracera volubilis</i>	Dilleniaceae	X6447	53732
<i>Dioclea</i> sp.	Fabaceae	X6446	53756
<i>Canavalia brasiliensis</i>	Fabaceae	X6448	53722
<i>Machaerium inundatum</i>	Fabaceae	X6455	53729
<i>Abuta hahnii</i>	Menispermaceae	X6449	53715
<i>Abuta grandifolia</i>	Menispermaceae	X6450	53705
<i>Curarea candicans</i>	Menispermaceae	X6458	53731
<i>Ficus caballina</i>	Moraceae	X6460	53739
<i>Pisonia aculeata</i>	Nyctagynaceae	X6462	---
<i>Gouania</i> cf. <i>lupuloides</i>	Rhamnaceae	X6430	53724
<i>Serjania atrolineata</i>	Sapindaceae	X6431	53763
<i>Celtis iguanea</i>	Ulmaceae	X6436	53734
<i>Petrea aspera</i>	Verbenaceae	X6451	53737
<i>Cissus verticilata</i>	Vitaceae	X6433	53749

intervasculares, en algunas zonas se presentan como de areola reducida o aparentemente simples. Tíldes presentes. Fibras septadas y no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras simples. Parénquima paratraqueal vasicéntrico,

aliforme de ala corta, confluyente, marginal; en series de 2-4 (-5) células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con una mezcla de células cuadradas, erectas y procumbentes en el cuerpo del radio, 1-4 (-5) células de ancho y algunos con más de 10 células de ancho, de dos tamaños. Células radiales perforadas presentes, pocas. Penetración de cuatro pequeñas cuñas floemáticas hasta aproximadamente 1/2 de la sección transversal.

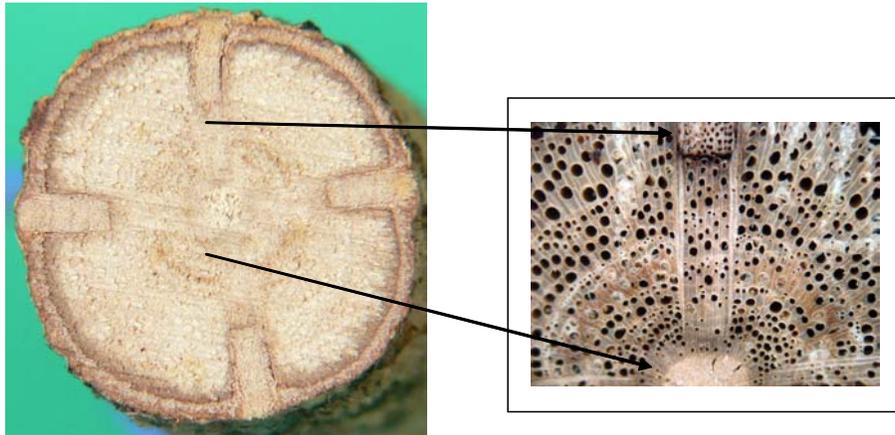


Fig. 2. *Arrabidaea candicans*. Vista macroscópica.

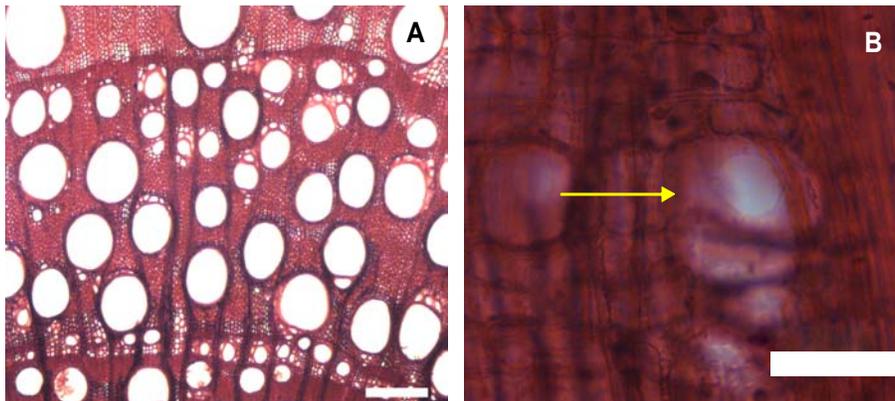


Fig. 3. *Arrabidaea candicans*. A. Anillos de crecimiento definidos; porosidad semicircular; poros de dos tamaños (Barra = 300  $\mu$ m). B. Célula radial perforada (Barra = 50  $\mu$ m).

La porción de xilema delimitada por esas cuñas muestra diferencia con respecto al resto de la sección transversal: los anillos están definidos sólo por parénquima marginal, presenta porosidad difusa, la frecuencia de poros es mayor (56 poros por mm<sup>2</sup>), poros intermedios en cuanto a tamaño (diámetro tangencial de (50-) 64 (-80) µm), predominantemente solitarios. Fibras de paredes muy gruesas. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado.

*Xylophragma seemannianum* (Kuntze) Sandwith (Figs. 4, 5)

Madera de color marrón muy pálido pálido (10YR 7/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano entrecruzado. Textura fina a mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por porosidad semicircular, parénquima marginal y reducción de diámetro radial de las fibras. Porosidad semicircular. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños, solitarios y múltiples radiales de 2-6, arracimados, abundantes poros solitarios. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares hasta de areola reducida o aparentemente simples y de forma redondeada o alargada. Tíldes presentes. Fibras septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras simples. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, aliforme de ala corta, confluyente, marginal; en series de 2-4 células. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con una ruta de células marginales, (1-) 3-5 (-7) células de ancho. Estructura estratificada presente en parénquima axial. Penetración de cuatro pequeñas cuñas floemáticas hasta más de 1/2 de la sección transversal.



Fig. 4. *Xylophragma seemannianum*. Sección transversal tamaño natural. Cuatro cuñas floemáticas con extremos puntiagudos.

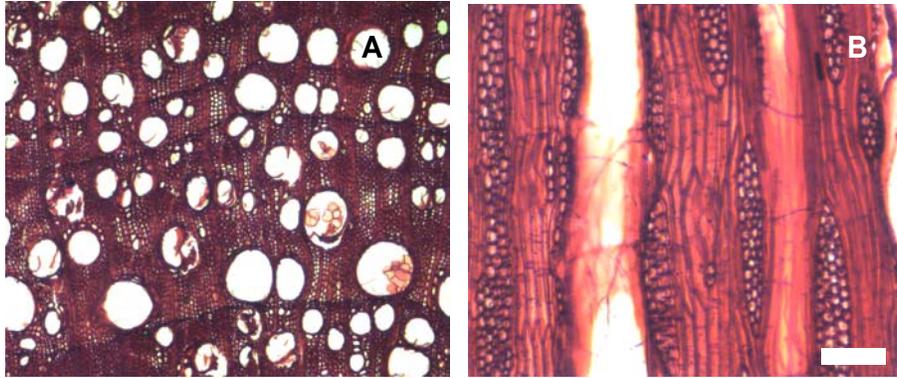


Fig. 5. *Xylophragma seemannianum*. A. Porosidad semicircular; poros con tálides (Barra = 300  $\mu$ m). B. Parénquima estratificado (Barra = 100  $\mu$ m).

Familia Caesalpiniaceae

*Bauhinia outimouta* Aubl. (Fig. 6)

Madera de color marrón rojizo claro (5YR 6/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano entrecruzado. Textura mediana a gruesa. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños, grandes solitarios y múltiples radiales de 2-6, arracimados; pequeños en múltiples arracimados en contacto con los poros grandes. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas, ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma presentes. Fibras no septadas, paredes gruesas a muy gruesas, punteaduras simples. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, confluyente; en series de 4 (-5) células. Radios homocelulares de células procumbentes y homocelulares de células cuadradas o erectas, exclusivamente uniseriados. Cristales prismáticos en parénquima axial, formando series parenquimáticas cristalíferas, abundantes; un cristal por cámara. Floema incluso disperso.

*Senna nitida* (Rich.) H.S. Irwin & Barneby

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

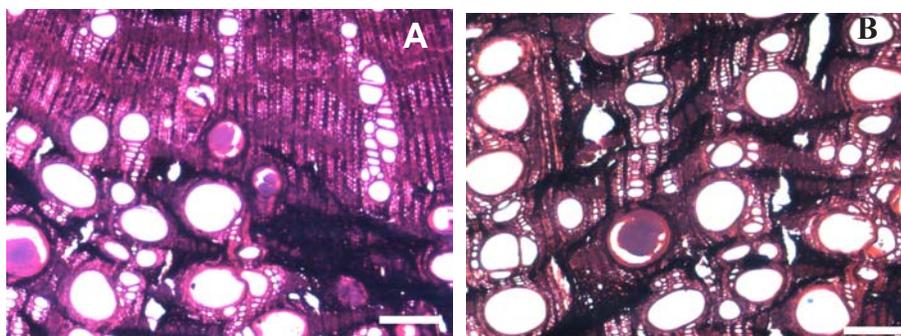


Fig. 6. *Bauhinia outimouta*. A. Diferencias anatómicas entre la zona adyacente a la médula y el resto de la sección transversal (Barra = 300  $\mu$ m). B. Poros de dos tamaños, con goma. Floema disperso (Barra = 300  $\mu$ m).

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-6). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas, ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Fibras no septadas, paredes gruesas, punteaduras simples. Parénquima predominantemente paratraqueal vasicéntrico delgado combinado con aliforme de ala corta y algunas bandas con más de tres células de ancho; en series de 2-3 células. Radios predominantemente homocelulares de células cuadradas o erectas combinados con heterocelulares con más de 4 rutas de células marginales, 1-3 células de ancho. Cristales prismáticos en células cuadradas o erectas y procumbentes de los radios y formando series parenquimáticas cristalíferas; un cristal por célula o cámara.

#### Familia Combretaceae

*Combretum fruticosum* (Loefl.) Stuntz (Figs. 7, 8, 9).

Madera con albura de color marrón muy pálido (10YR 8/4) y duramen marrón muy pálido (10YR 7/4), transición gradual entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano entrecruzado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal y reducción de diámetro radial de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, exclusivamente solitarios. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares.

Depósitos de goma presentes. Fibras septadas, paredes gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala corta, confluyente, predominantemente en bandas con más de 3 células de ancho, en series de 4 (-6) células. Radios homocelulares de células procumbentes y algunos homocelulares de células cuadradas o erectas, exclusivamente uniseriados. Células radiales perforadas presentes. Drusas en parénquima axial, abundantes, formando idioblastos en series parenquimáticas cristalíferas.

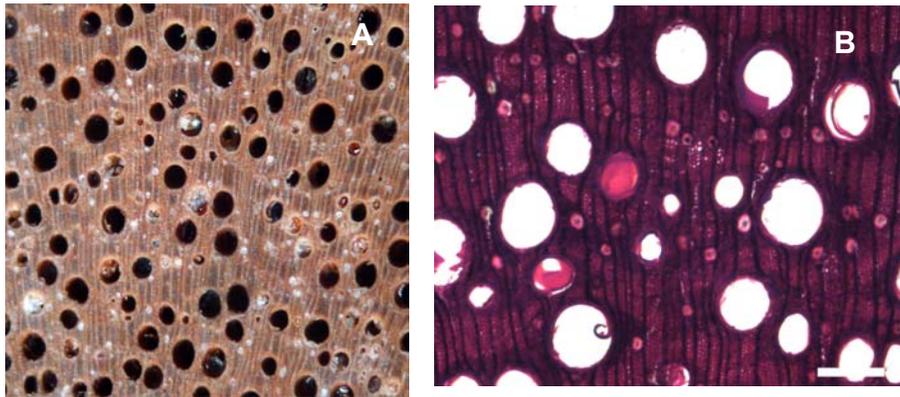


Fig. 7. *Combretum fruticosum*. A. Vista macroscópica. Poros exclusivamente solitarios, con goma. B. Porosidad difusa; poros exclusivamente solitarios, con goma. Idioblastos con cristales (Barra = 300  $\mu$ m).

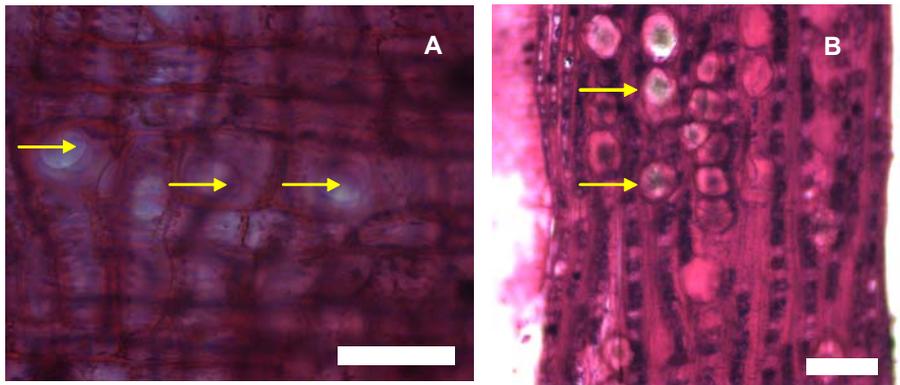


Fig. 8. *Combretum fruticosum*. A. Células radiales perforadas (Barra = 50  $\mu$ m). B. Radios exclusivamente uniseriados. Cristales tipo drusa en parénquima axial, formando idioblastos (Barra = 100  $\mu$ m).

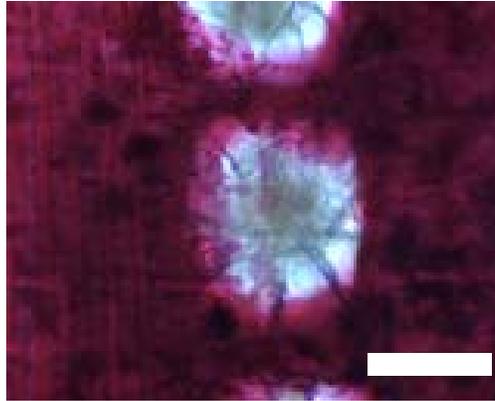


Fig. 9. *Combretum fruticosum*. Drusas en parénquima axial (Barra = 50  $\mu$ m).

Familia Dilleniaceae

*Davilla rugosa* Poir.

Madera de color marrón rojizo claro (5YR 6/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo a mediano. Grano entrecruzado. Textura gruesa. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, exclusivamente solitarios. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, con aberturas coalescentes, circulares a ovaladas, algunas punteaduras de forma alargada, medianas a grandes. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares, en algunas zonas se presentan como de areola reducida o aparentemente simples. Depósitos de goma presentes, escasos. Fibras no septadas, paredes delgadas a medianas, punteaduras claramente areoladas, tanto en paredes radiales como tangenciales. Parénquima apotraqueal difuso y paratraqueal vasicéntrico, en series con más de 8 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-2 radios por mm, más de 10 células de ancho, con altura mayor que las dimensiones de la lámina. Cristales tipo rafidio en células parenquimáticas radiales.

*Tetracera oblongata* DC. (Fig.10)

Madera de color marrón rojizo (5YR 5/3), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo a mediano. Grano entrecruzado. Textura mediana. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, exclusivamente solitarios. Platinas de perforación predominantemente simples combinadas con algunas escalariformes de 7-15 barras. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma presentes, escasos. Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras claramente areoladas tanto en paredes radiales como tangenciales. Parénquima apotraqueal difuso, en agregados y paratraqueal vasicéntrico delgado, en series de de 8 o más células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con una y hasta más de 4 rutas de células marginales y heterocelulares con mezcla de células procumbentes, cuadradas y erectas en el cuerpo del radio, 1-5 células de ancho, de dos tamaños y grandes con altura mayor que las dimensiones de la lámina. Cristales tipo rafidio en células parenquimáticas axiales y radiales. Floema incluso de tipo concéntrico.

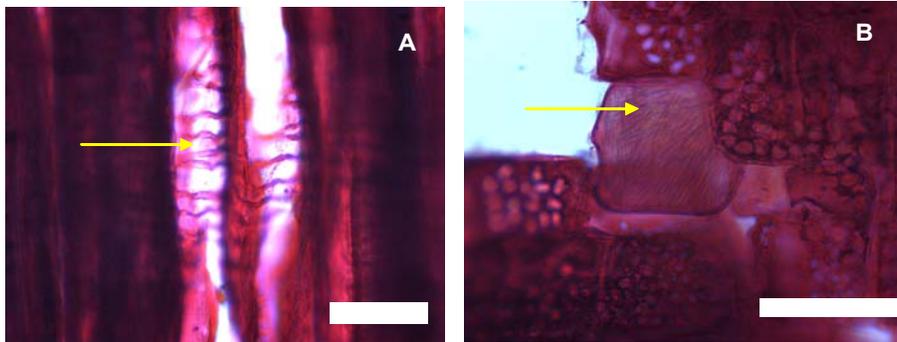


Fig. 10. *Tetracera oblongata*. A. Platinas de perforación escalariformes (Barra = 50  $\mu$ m). B. Rafidios en células parenquimáticas radiales (Barra = 50  $\mu$ m).

Familia Fabaceae

*Canavalia brasiliensis* Mart. ex Benth. (Fig. 11)

Madera de color marrón claro (7.5YR 6/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano entrecruzado. Textura mediana a gruesa. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños, grandes predominantemente solitarios con algunos múltiples radiales de 2 (-3); pequeños en múltiples radiales de 2-3 (-4). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares

a ovaladas, medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma presentes, escasos. Fibras no septadas, paredes gruesas a muy gruesas, gelatinosas, punteaduras simples. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, confluyente; en series de 4-8 células, predominantemente 4 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-2 células de ancho, predominantemente uniseriados. Cristales prismáticos en parénquima axial, formando series parenquimáticas cristalíferas, abundantes; un cristal por cámara. Floema incluso disperso.

La zona adyacente a la médula muestra diferencias con respecto al resto de la sección transversal: poros predominantemente solitarios combinados con múltiples radiales de 2, sin contenido, parénquima paratraqueal escaso y vasicéntrico delgado, ausencia de variantes cambiales.

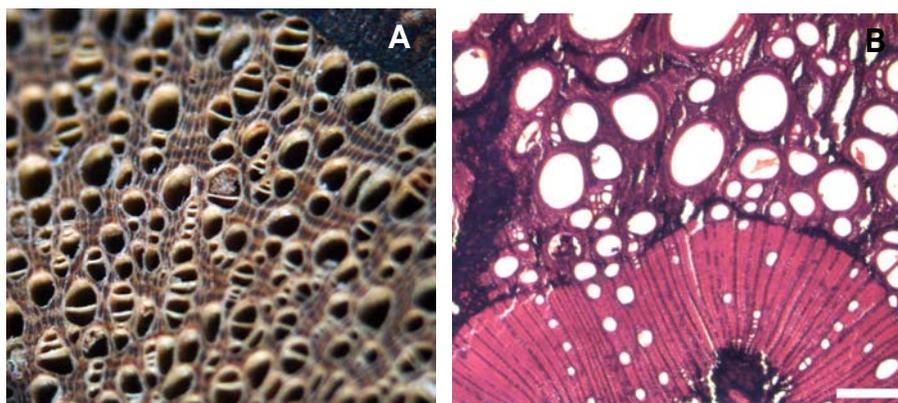


Fig. 11. *Canavalia brasiliensis*. A. Vista macroscópica. B. Diferencia de estructura entre las adyacencias de la médula y el resto de la sección transversal (Barra = 300  $\mu$ m).

*Dioclea* sp. (Fig. 12)

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

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños: grandes solitarios acompañados con algunos múltiples radiales y tangenciales de 2-3; pequeños predominantemente en múltiples radiales de 2-4 (-6). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, ornadas.

Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma presentes. Fibras no septadas, paredes muy gruesas, poco tejido fibroso, punteaduras simples. Parénquima en bandas con más de tres células de ancho; en series de 2 (-4) células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con 1-4 rutas de células marginales, 1-6 células de ancho, predominantemente 4-5 células, de dos tamaños. Estructura estratificada en parénquima axial y fibras. Cristales prismáticos en parénquima axial, formando series parenquimáticas cristalíferas, abundantes; un cristal por cámara.

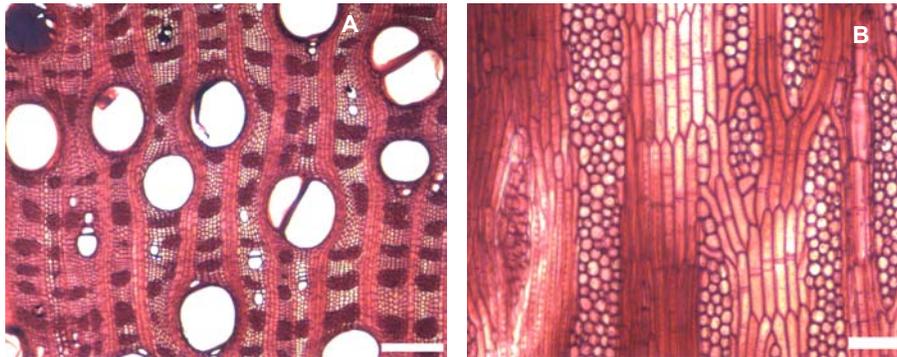


Fig. 12. *Dioclea* sp. A. Poros de dos tamaños, con goma; parénquima en bandas; baja proporción de tejido fibroso (Barra = 300  $\mu$ m). B. Parénquima estratificado, predominantemente en series de 2 células (Barra = 100  $\mu$ m).

*Machaerium inundatum* (Mart. ex Benth.) Ducke (Fig. 13)

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

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños: grandes solitarios acompañados con algunos múltiples radiales de 2; pequeños predominantemente en múltiples radiales de 2-3(-4) combinado con algunos solitarios y múltiples arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas a grandes, ornadas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma presentes, escasos. Fibras no septadas, paredes gruesas, punteaduras simples. Traqueidas ausentes. Parénquima en bandas con más de tres células de ancho; fusiforme y en series de 2-3 células, predominantemente series de 2 células. Radios predominantemente

homocelulares de células procumbentes combinados con heterocelulares de 1-4 rutas de células marginales, 1-2 y 5-6 células de ancho, de dos tamaños. Células radiales perforadas presentes. Estructura estratificada en parénquima axial y fibras. Cristales prismáticos en parénquima axial, formando series parenquimáticas cristalíferas, abundantes; un cristal por cámara.

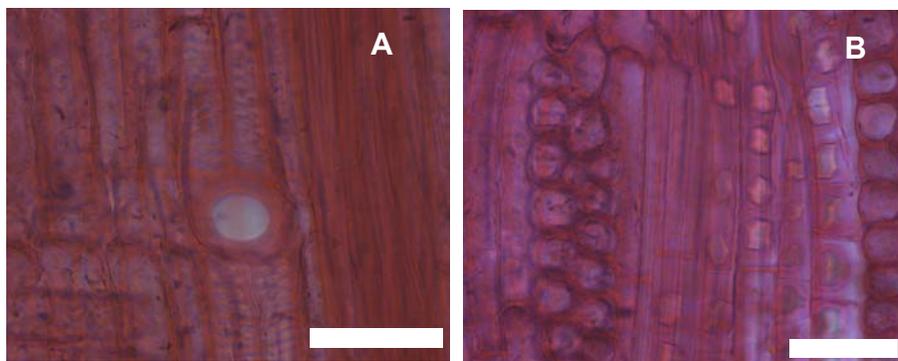


Fig. 13. *Machaerium inundatum*. A. Célula radial perforada (Barra = 50  $\mu$ m). B. Series parenquimáticas cristalíferas (Barra = 50  $\mu$ m).

#### Familia Menispermaceae

##### *Abuta grandifolia* (Mart.) Sanwith

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

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, predominantemente solitarios y algunos múltiples tangenciales de 2. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Tíldes presentes. Fibras no septadas, paredes gruesas a muy gruesas, punteaduras claramente areoladas en paredes radiales y tangenciales. Traqueidas vasicéntricas presentes. Parénquima apotraqueal difuso en agregados, paratraqueal escaso, bandas de tejido conjuntivo, en series de 3-4 células. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con una mezcla de células procumbentes, cuadradas y erectas en el cuerpo del radio, 12-15 células de ancho, células parenquimáticas radiales de paredes engrosadas. Cristales prismáticos en células procumbentes de los radios, un cristal por célula, abundantes. Floema incluso de tipo concéntrico.

*Abuta hahnii* Krukoff & Barneby

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

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios, múltiples radiales de 2, arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Tíldes presentes. Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras claramente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso en agregados, paratraqueal vasicéntrico, confluyente y bandas de tejido conjuntivo, en series de 2-4 (-5) células. Radios homocelulares de células procumbentes, 10-15 células de ancho, con altura superior a las dimensiones de la lámina. Floema incluso de tipo concéntrico.

*Curarea candicans* (Rich. ex DC) Barneby & Krukoff (Figs. 14, 15).

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

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, predominantemente solitarios con algunos múltiples radiales de 2 (-3). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Tíldes presentes. Fibras no septadas, paredes medianas, punteaduras claramente areoladas. Parénquima apotraqueal difuso en agregados, paratraqueal escaso, vasicéntrico y bandas de tejido conjuntivo, en series de 3-4 células. Radios homocelulares de células procumbentes, 10-20 células de ancho. Cristales prismáticos, isodiamétricos, alargados y de contorno redondeado en células procumbentes de los radios, 1-3 cristales por célula. Floema incluso de tipo concéntrico.

Familia Moraceae

*Ficus caballina* Standl.

Madera de color blanco rosáceo (7.5YR 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre alto a mediano. Grano recto a inclinado. Textura fina. Dura y pesada.

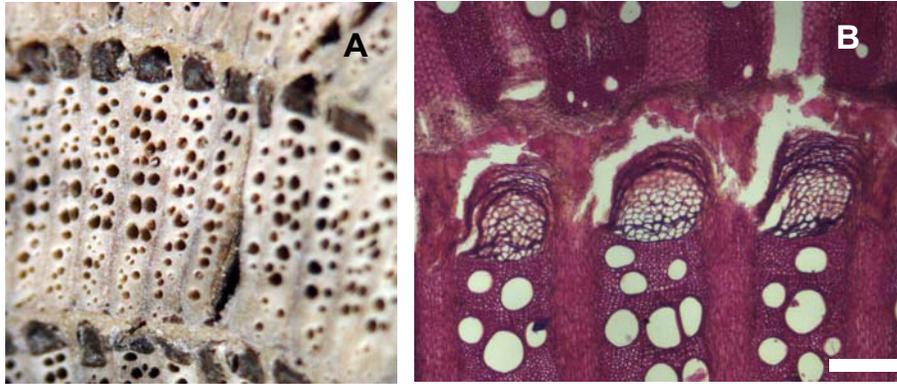


Fig. 14. *Curarea candicans*. A. Floema incluido de tipo concéntrico (vista macroscópica). B. Floema incluido concéntrico; poros predominantemente solitarios; radios anchos (Barra = 300  $\mu\text{m}$ ).

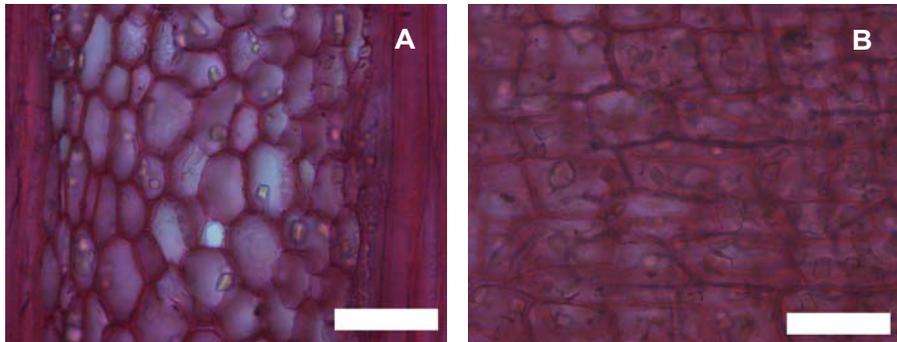


Fig. 15. *Curarea candicans*. A. Cristales en los radios, sección tangencial (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ). B. Cristales en los radios, sección radial (Barra = 50  $\mu\text{m}$ ).

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios, múltiples radiales de 2-4 (-6). Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas. Punteaduras radiovasculares con areola reducida o aparentemente simples, de forma redondeada o alargada horizontal y verticalmente. Tíldes presentes, abundantes; depósitos de goma en baja cantidad. Fibras no septadas, paredes delgadas a medianas; hacia la periferia se presentan fibras de paredes gruesas, punteaduras simples o indistintamente areoladas. Parénquima en bandas con tres o más células de ancho, en series de 4-8 células; predominantemente 4 células. Radios heterocelulares con 1-4 rutas de células marginales, 1-5 células

de ancho, predominantemente 3 células. Cristales prismáticos en células cuadradas o erectas de los radios (pocos) y en parénquima axial, 1(-2) cristales por célula; pudiendo formar cámaras en las células cuadradas de los radios. Tubos laticíferos presentes, 1-4 tubos por radio.

Familia Nyctaginaceae

*Pisonia aculeata* L. (Fig. 16)

Madera de color amarillo pálido (2.5Y 8/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo a mediano. Grano recto a inclinado. Textura mediana. 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), arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovoides, pequeñas a medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras simples. Parénquima paratraqueal escaso y vasicéntrico delgado; fusiforme y en series de 2 células. homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con una ruta de células marginales, 1-2 (-3) células de ancho. Estructura estratificada en parénquima axial y fibras. Cristales tipo rafidio y estiloides en el floema incluso. Floema difuso asociado a los poros.

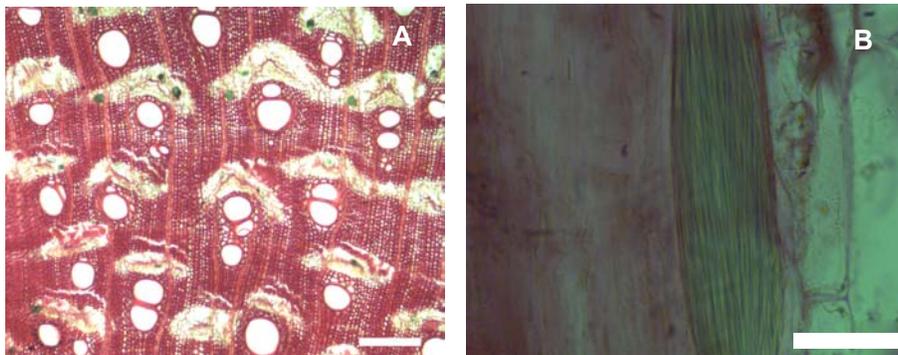


Fig. 16. *Pisonia aculeata*. A. Floema de tipo disperso asociado a los poros (Barra = 300  $\mu$ m). B. Rafidios en el floema incluso (Barra = 50  $\mu$ m).

## Familia Rhamnaceae

*Gouania* cf. *lupuloides* (L.) Urb.

Madera de color amarillo (10YR 8/6), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano inclinado a entrecruzado. Textura mediana a gruesa. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por engrosamiento de las paredes de las fibras y parénquima marginal. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, de dos tamaños: grandes solitarios y múltiples radiales de 2-3 con predominio de los solitarios; pequeños solitarios y arracimados con predominio de los arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas a grandes. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Tíldes presentes. Fibras no septadas, paredes muy gruesas, punteaduras simples. Parénquima apotraqueal difuso, paratraqueal vasicéntrico, aliforme de ala corta, confluyente, bandas con más de tres células de ancho y marginal; fusiforme y en series de 2 (-4) células. Radios homocelulares de células procumbentes, 1-3 (-4) células de ancho, predominantemente biseriados. Estructura estratificada en parénquima axial. Cristales prismáticos en parénquima axial, formando series parenquimáticas cristalíferas, abundantes; un cristal por cámara. La zona adyacente a la médula muestra diferencias con respecto al resto de la sección transversal en los siguientes aspectos: poros con tendencia a la disposición radial, solitarios y múltiples radiales de 2 (-4), con goma; parénquima paratraqueal escaso y vasicéntrico delgado; fibras de paredes delgadas a medianas.

## Familia Sapindaceae

*Serjania atrolineata* C. Wright (Fig. 17)

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

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples tangenciales de 2-3 (-4), de dos tamaños.

Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, aberturas coalescentes, pequeñas a medianas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Tíldes y depósitos de goma presentes. Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas presentes. Parénquima paratraqueal

vasicéntrico, confluyente, bandas hasta de tres células de ancho, en series. Radios heterocelulares con más de 4 rutas de células marginales y heterocelulares con una mezcla de células procumbentes, cuadradas y erectas en el cuerpo del radio, 1-5 células de ancho. Cristales prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por cámara. Desarrollo de masa xilemática compuesta (cilindro central de xilema rodeado por otros cilindros xilemáticos donde cada uno de ellos desarrolla un cambium vascular independiente).

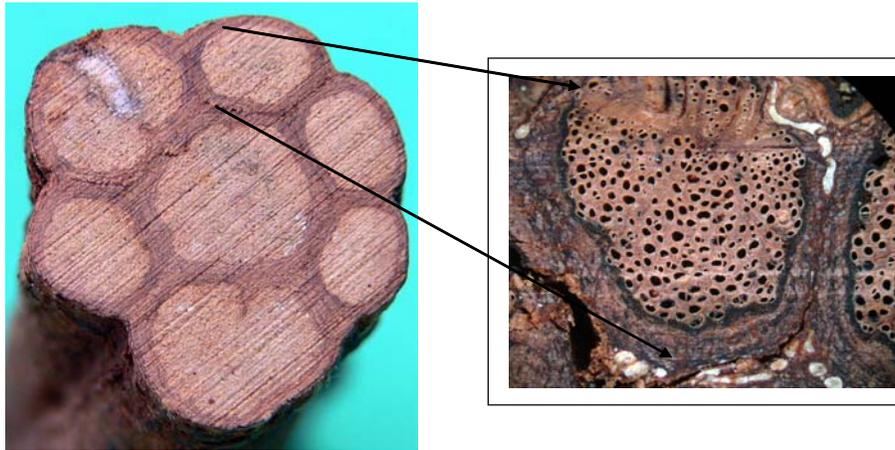


Fig. 17. *Serjania atrolineata*. Masa xilemática compuesta: un cilindro central rodeado por seis cilindros xilemáticos (vista macroscópica).

Familia Ulmaceae

*Celtis iguanaea* (Jacq.) Sarg.

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

Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal y reducción del diámetro radial de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios, múltiples radiales de 2-6. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, grandes. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares y en algunas zonas con areola reducida o aparentemente simples y de forma redondeada. Tíldes presentes, escasas. Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, aliforme de

ala corta, confluyente, marginal, fusiforme y en series de 2-4 células. Radios homocelulares de células procumbentes y heterocelulares con 1-4 rutas de células marginales, 1-6 células de ancho. Cristales prismáticos en células procumbentes y cuadradas o erectas de los radios, un cristal por célula; drusas en células parenquimáticas radiales.

Familia Verbenaceae

*Petrea volubilis* L. (Fig. 18)

Madera de color amarillo pálido (2.5Y 8/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre alto. Grano inclinado a entrecruzado. Textura fina. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por porosidad semicircular y reducción del diámetro radial de las fibras. Porosidad semicircular. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios, múltiples radiales de 2-3, arracimados, múltiples tangenciales. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Depósitos de goma en los poros. Fibras no septadas, paredes medianas, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal escaso y vasicéntrico delgado, fusiforme y en series de 2-4 células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con 1-4 rutas de células marginales, (1-) 4-10 células de ancho. Radios agregados presentes. Arena cristalífera en células parenquimáticas radiales.

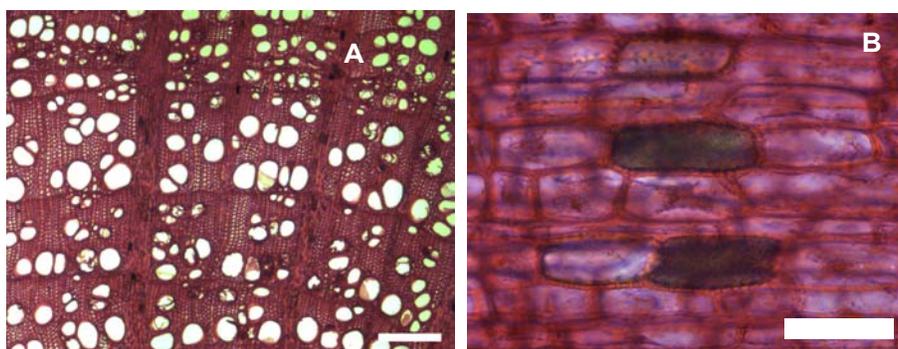


Fig. 18. *Petrea volubilis*. A. Anillos de crecimiento definidos; porosidad semicircular; poros con tílides (Barra = 300  $\mu$ m). B. Arena cristalífera en células procumbentes radiales (Barra = 50  $\mu$ m).

Familia Vitaceae

*Cissus verticilata* (L.) Nicholson & C.E. Jarvis (Fig. 19)

Madera de color marrón claro (7.5YR 6/4), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor no distintivo. Lustre bajo. Grano entrecruzado. Textura mediana. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, predominantemente solitarios combinados con múltiples radiales de 4-8 y arracimados. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas a grandes. Punteaduras radiovasculares con areola reducida o aparentemente simples, de forma redondeada o alargada. Tíldes y depósitos de gomas presentes. Fibras no septadas, paredes medianas, baja proporción de tejido fibroso, punteaduras simples. Parénquima paratraqueal vasicéntrico, confluyente, en series de (2-) 4 (-6) células. Radios homocelulares de células procumbentes. Cristales prismáticos en parénquima axial, formando series parenquimáticas cristalíferas; cristales aciculares y rafidios en parénquima axial y radial formando idioblastos. Conductos longitudinales normales aislados en parénquima axial los cuales incluyen cristales tipo rafidios. Floema incluso disperso o difuso.

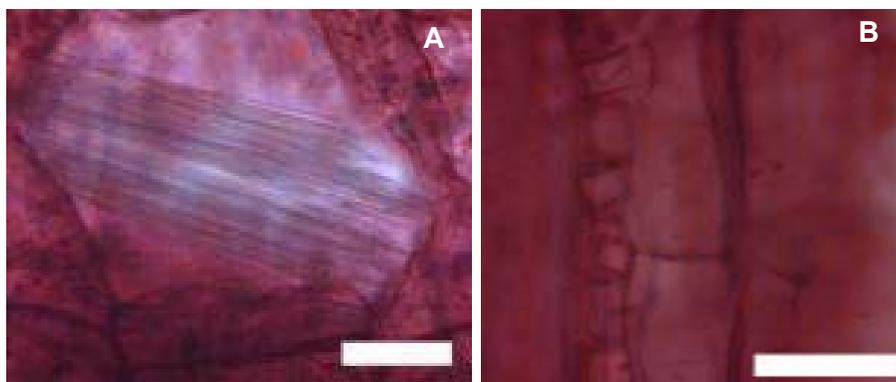


Fig. 19. *Cissus verticilata*. A. Espacio intercelular axial con cristales tipo rafidio (Barra = 50 µm). B. Cristales prismáticos en parénquima axial (Barra = 50 µm).

En la Tabla II se presentan los resultados correspondientes a las características cuantitativas de los vasos (vasos por mm<sup>2</sup>, diámetro de vasos, diámetro de punteaduras, longitud de elementos de los vasos), radios (frecuencia, altura) y longitud de fibras.

## Clave de identificación:

- 1 a. Variantes cambiales presentes ..... 2
- b. Variantes cambiales ausentes ..... 12
- 2 a. Porosidad semicircular, penetración de cuatro cuñas floemáticas ..... 3
- b. Porosidad difusa, sin penetración de cuñas floemáticas ..... 4
- 3 a. Estructura estratificada en parénquima axial .....  
..... *Xylophragma seemannianum*
- b. Estructura estratificada ausente .....  
..... *Arrabidaea candicans*
- 4 a. Poros de dos tamaños presentes ..... 5
- b. Poros de dos tamaños ausentes ..... 7
- 5 a. Masa xilemática compuesta presente, floema incluso ausente, radios hasta  
5 células de ancho ..... *Serjania atrolineata*
- b. Masa xilemática compuesta ausente, floema de tipo difuso, radios  
exclusiva o predominantemente uniseriados ..... 6
- 6 a. Poros grandes solitarios y múltiples ..... *Bauhinia outimouta*
- b. Poros grandes exclusivamente solitarios ..... *Canavalia brasiliensis*
- 7 a. Floema incluso de tipo difuso ..... 8
- b. Floema incluso de tipo concéntrico ..... 9
- 8 a. Floema asociado a los poros; estratificación de fibras y parénquima; espa-  
cios intercelulares ausentes ..... *Pisonia aculeata*
- b. Floema sin asociación con los poros; estratificación ausente; espacios  
intercelulares de tipo longitudinal presentes, con cristales .....  
..... *Cissus verticilata*
- 9 a. Cristales tipo rafidio presentes; platinas escalariformes presentes .....  
..... *Tetracera oblongata*
- b. Cristales tipo rafidio ausentes; platinas exclusivamente simples ..... 10
- 10 a. Cristales prismáticos presentes ..... 11
- b. Cristales prismáticos ausentes ..... *Abuta hahnii*

- 11 a. Cristales exclusivamente prismáticos ..... *Abuta grandifolia*  
 b. Cristales prismáticos, isodiamétricos, alargados, contorno redondeado ..... *Curarea candicans*
- 12 a. Estructura estratificada y poros de dos tamaños presentes ..... 13  
 b. Estructura estratificada y poros de dos tamaños ausentes ..... 15
- 13 a. Radios de dos tamaños presentes; parénquima exclusivamente en bandas ..... 14  
 b. Radios de dos tamaños ausentes; parénquima apotraqueal difuso, para traqueal vasicéntrico, aliforme, confluyente, bandas ..... *Goiania cf. lupuloides*
- 14 a. Punteaduras intervasculares pequeñas a medianas ..... *Dioclea* sp.  
 b. Punteaduras intervasculares medianas a grandes ..... *Machaerium inundatum*
- 15 a. Rafidios presentes; fibras con punteaduras claramente areoladas ..... *Davilla rugosa*  
 b. Rafidios ausentes; fibras con punteaduras simples ..... 16
- 16 a. Porosidad semicircular; arena cristalífera presente ..... *Petrea volubilis*  
 b. Porosidad difusa; arena cristalífera ausente ..... 17
- 17 a. Drusas presentes ..... 18  
 b. Drusas ausentes ..... 19
- 18 a. Fibras septadas; drusas en parénquima axial; radios exclusivamente uniseriados ..... *Combretum fruticosum*  
 b. Fibras no septadas; drusas en radios; radios de 1-6 células de ancho .... *Celtis iguanea*
- 19 a. Punteaduras no ornadas; tubos laticíferos presentes ..... *Ficus caballina*  
 b. Punteaduras ornadas; tubos laticíferos ausentes ..... *Senna nitida*

Tabla II. Frecuencia de vasos, diámetro de vasos y diámetro de punteaduras intervasculares.

Especie	Vasos mm <sup>2</sup>	Diámetro de vasos (um)**	Diámetro punt. (um)	LEV (um)	Radios (mm)	Altura de radios (um)***	Longitud de fibras (um)
<i>Arrabidaea candicans</i>	12 15	G: (145-)218 (-330) P: (20-)39(-70)	6,25-8,75	(160-)217 (-310)	3-6	B: (150-)271 (-380) A: (595-)970 (-1630)	(915-)1123 (-1570)
<i>Xylophragma seemannianum</i>	19	G: (130-)183 (-245)	7,5-8,75	(170-)228 (-380)	4-5	(220-)411 (-630)	(870-)1024 (-1220)
<i>Bauhinia otimouta</i>	26	P: (20-)32(-50) (185-)336 (-510)	7,5-8,75(-10)	(200-)308 (-400)	7-13	(200-)257 (-330)	(2090)2994 (-3520)
<i>Senna nitida</i>	20	(69-)98(-150)	7,5-8,75	(140-)235 (-365)	7-14	(230-)439 (-930)	(650-)792 (-930)
<i>Combretum fruticosum</i>	7	(-14)238(-325)	3,75-6,25	(180-)318 (-580)	12-18	(210-)563 (-1215)	(650-)790 (-1225)
<i>Davilla rugosa</i>	6	(195-)266(-400)	7,5-11,25	(350-)650 (-910)	1-2	*	(1380-)1767 (-230)
<i>Tetracera oblongata</i>	5	(180-)274(-410)	5-7,5	(430-)740 (-1050)	9-10	B: (340-)479 (-590) A.*	(1220-)1601 (-2020)
<i>Canavalia brasiliensis</i>	6 21	G: (190-)335 (-450) P: (25-)35(-50)	7,5-8,75	(145-)296 (-420)	4-7	(190-)295 (-410)	(1075-)1708 (-2680)

Tabla II. Continuación.

Especie	Vasos (mm <sup>2</sup> )	Diámetro de vasos (um)**	Diámetro punt. (um)	LEV (um)	Radios (mm)	Altura de radios (um)***	Longitud de fibras (um)
<i>Dioclea</i> sp.	4	G: (220-) 266 (-330) P: (30-) 42 (-65)	6,25-7,5	(150-) 238 (-320)	3-5	B: (150-) 242 (-340) A: (443-) 998 (-1230)	(1130-) 1449 (-1790)
<i>Machaerium inundatum</i>	4	G: (105-) 155 (-230) P: (30-) 38 (-55)	8,75-11,25	(175-) 238 (-335)	4-8	B: (125-) 209 (-260) A: (470-) 889 (-1520)	(1155-) 1734 (-2130)
<i>Abuta grandifolia</i>	13	(95-) 141 (-200)	5-6,25	(155-) 256 (-330)	2-3	(600-) 1628 (-3520)	(975-) 1187 (-1490)
<i>Abuta hahnii</i>	7	(130-) 243 (-320)	7,5-10	(180-) 289 (-390)	2-3	*	(920-) 1193 (-1480)
<i>Curarea candicans</i>	21	(80-) 126 (-190)	6,25-7,5	(225-) 330 (-500)	2-3	(2100-) 4766 (-8240)	(790-) 1036 (-1410)
<i>Ficus caballina</i>	12	(80-) 115 (-145)	7,5-8,75	(170-) 300 (-365)	5-10	(235-) 505 (-790)	(860-) 1015 (-1160)
<i>Pisonia aculeata</i>	13	(70-) 115 (-160)	6,25-8,75	(130-) 180 (-245)	3-5	(150-) 239 (-430)	(560-) 805 (-1240)
<i>Gouania</i> cf.	9	G: (135-) 257 (-360) P: (15-) 27 (-45)	8,75-11,25	(115-) 172 (-245)	6-13	(250-) 337 (-450)	(810-) 1169 (-1630)
<i>lupuloides</i>	54						

Tabla II. Continuación.

Especie	Vasos (mm <sup>2</sup> )	Diámetro de vasos (um)**	Diámetro punt. (um)	LEV (um)	Radios (mm)	Altura de radios (um)***	Longitud de fibras (um)
<i>Serjania atrolineata</i>	26	G: (120-) 168 (-220)	6,25-7,5	(205-) 290 (-450)	-	(330-) 623 (-890)	(400-) 519 (-680)
<i>Celtis iguanea</i>	33	P: (20-) 32 (-55)	10-11,25	(200-) 296 (-450)	6-9	(300-) 603 (-930)	(830-) 1105 (-1440)
<i>Petrea volubilis</i>	30	(115-) 153 (-245)	3,75-6,25	(180-) 264 (-350)	2-3 (-4)	(480-) 1193 (-2300)	(630-) 746 (-945)
<i>Cissus verticilata</i>	61	(65-) 85 (-110)	8,75-12,5	(250-) 369 (-580)	-	-	(530-) 728 (-930)
8							

\* Mayores que las dimensiones de la lámina. G = Grandes, P = Pequeños. A = Altos, B = Bajos.

Entre las diferentes especies estudiadas, se encontraron una serie de características importantes de mencionar por su relativa alta frecuencia. La primera de ellas corresponde a la presencia de variantes cambiales, las cuales se observaron en once especies (55 % del material estudiado). Los tipos de variantes cambiales encontrados fueron penetración de cuñas floemáticas (*Arrabidaea candicans*, *Xylophragma seemannianum*), floema disperso (*Bauhinia outimouta*, *Canavalia brasiliensis*, *Cissus verticilata*, *Pisonia aculeata*), floema concéntrico (*Abuta hahnii*, *A. grandifolia*, *Curarea candicans*, *Tetracera oblongata*) y masa xilemática compuesta (*Serjania atrolineata*). Carlquist (1988), IAWA Committee (1989) y Araujo y Costa (2006) señalan que la presencia de este tipo de estructura es más frecuente en lianas que en árboles o arbustos. Carlquist (1991) presenta una clasificación de los diferentes tipos de variantes cambiales que se pueden desarrollar en las lianas y las observadas en el presente estudio coinciden con lo indicado en dicha clasificación. La posible razón del desarrollo de este tipo de estructura con tan elevada frecuencia podría ser para mejorar la flexibilidad del tallo y facilitar el hábito trepador que tiene este tipo de plantas. Carlquist (2007) indica que la presencia de cambium sucesivo permite que se desarrollen diferentes patrones de disposición de fibras con respecto a la disposición de las células parenquimáticas de paredes delgadas y algunos de estos patrones pueden mejorar la flexibilidad del tallo además de formar una envoltura que mejora la resistencia del tejido de conducción.

Otra característica importante por su relativa alta frecuencia fue la presencia de poros de dos tamaños (*Arrabidaea candicans*, *Bauhinia outimouta*, *Canavalia brasiliensis*, *Dioclea* sp., *Gouania* cf. *lupuloides*, *Machaerium inundatum*, *Serjania atrolineata*, *Xylophragma seemannianum*) los cuales se presentaron en el 40 % del material estudiado. Carlquist (1985) señala que los elementos de los vasos en plantas trepadoras leñosas tienden a ser notablemente anchos o notablemente estrechos y no se observa esa curva de distribución normal que se podría esperar en una población celular. Este patrón de desarrollo de dos clases de tamaños en los vasos ejerce un papel importante en la función de conducción ya que ofrece a la planta dos líneas de movilización de agua y sales minerales donde. Por un lado, las especies tiene un sistema que les garantiza eficiencia en la conducción; mientras que por otro tienen seguridad de conducción. Ewers *et al.* (1991) indican que los vasos pequeños pueden ejercer un papel importante como elemento complementario de soporte, almacenamiento, movimiento radial y tangencial de agua y como subsidiario de conducción cuando se producen embolias en los vasos de mayor tamaño. Los

vasos más grandes son los que suministran eficiencia en la conducción. Según Carlquist (1985), la presencia de vasos anchos es un mecanismo que busca compensar la reducida sección transversal de la mayoría de las plantas con porte lianoide. De acuerdo a las categorías establecidas por IAWA Committee (1989), el 50 % de las especies estudiadas presentaron poros grandes (mayores de 200  $\mu\text{m}$ ); siendo el máximo promedio el observado en *Cissus verticilata* con 369  $\mu\text{m}$ ; adicionalmente el diámetro promedio inferior a 100  $\mu\text{m}$  sólo se observó en dos especies (*Senna nitida*, *Petrea volubilis*).

La presencia de cristales es la otra característica que se presentó con notable frecuencia en el material estudiado, observándose en 17 especies (85 % del total estudiado). El tipo y ubicación de cristal más común fue el cristal prismático formando series parenquimáticas cristalíferas. También se encontraron rafidios en cuatro especies: *Cissus verticilata*, *Davilla rugosa*, *Pisonia aculeata* y *Tetracera oblongata*; mientras que *Combretum fruticosum* desarrolló cristales tipo drusas y *Petrea aspera* presentó arena cristalífera.

De las especies descritas, las únicas con las cuales se contaba con información de anatomía xilemática utilizando material colectado en Venezuela eran *Arrabidaea candicans* y *Xylophragma seemannianun* de la familia Bignoniaceae (Araque *et al.* 2007), observándose que la frecuencia de vasos y el diámetro de poros pequeños son las principales diferencias entre lo descrito por Araque *et al.* (2007) y lo encontrado en el presente estudio donde se observó una menor cantidad de vasos por  $\text{mm}^2$  y el diámetro de los poros pequeños también mostró menores valores. Las diferencias encontradas fueron bastante acentuadas y puede influir, además de tratarse de localidades con características muy particulares, el hecho de determinar la frecuencia de poros en la zona periférica de la sección transversal por ser esta la zona donde se concentra la actividad de conducción. Adicionalmente, el conteo de poros no incluyó los que se encontraban en las porciones correspondientes a la continuidad de las «cuñas» floemáticas, donde se observó la mayor frecuencia de poros. En el caso de *Arrabidaea candicans*, la cantidad de poros pequeños (15 por  $\text{mm}^2$ ), la de poros grandes (12 por  $\text{mm}^2$ ) y los incluidos en las áreas correspondientes a las cuñas (56 por  $\text{mm}^2$ ) daría una frecuencia total de 83 poros/ $\text{mm}^2$ . En estas dos especies, se presentó como variante cambial la penetración de cuatro cuñas floemáticas, elemento que coincide con lo indicado por Gasson y Dobbins (1994) y Araque *et al.* (2007).

Con respecto a las otras especies, Dickison (1967) presentó la descripción de *Davilla rugosa* y menciona la presencia de punteaduras intervasculares

opuestas y una combinación de platinas de perforación simples y escalariformes, así como también reporta la presencia de poros y radios de dos tamaños, células oleíferas y ausencia de cristales; observaciones que no coinciden con lo encontrado en el presente estudio donde se evaluaron platinas de perforación exclusivamente simples y punteaduras intervasculares alternas, con aberturas coalescentes, mientras que los radios y poros no se presentaron de dos tamaños. Adicionalmente se encontraron cristales tipo rafidios en los radios y no se observaron células oleíferas. Esto último coincide con lo mencionado por Carlquist (1988) donde no incluye a la familia Dilleniaceae entre las que desarrollan células oleíferas y señala al género *Davilla* entre los que presentan rafidios en las células radiales. En *Tetracera oblongata* se encontró también la presencia de rafidios en parénquima axial y fue la única especie estudiada donde se presentaron platinas escalariformes, aunque predominaron las simples. Estas observaciones coinciden con lo mencionado por Dickison (1967); aunque este autor también menciona la presencia de células oleíferas en los radios y las mismas no fueron observadas en el presente estudio. En las dos especies de la familia Dilleniaceae se observó platinas de perforación exclusivamente simples (*Davilla rugosa*) a predominantemente simples acompañadas de algunas escalariformes de pocas barras (*Tetracera oblongata*). Metcalfe y Chalk (1950) afirman que la familia Dilleniaceae se caracteriza por presentar platinas predominantemente escalariformes excepto en los géneros *Davilla*, *Doliocarpus* y *Tetracera* donde son mayormente simples y sólo se presentan escalariformes de pocas barras en los vasos más estrechos. En *Tetracera oblongata* se encontró floema incluso de tipo concéntrico y según Metcalfe y Chalk (1950) y Carlquist (1991), este tipo de variante cambial sólo se presenta dentro de la familia Dilleniaceae en el género *Doliocarpus*; aunque Kubitzki *et al.* (1999) señalan que todas las especies de *Doliocarpus* y las formas lianoides de *Davilla*, *Neodillenia*, *Pinzona* y muchas *Tetracera* neotropicales probablemente desarrollan un cambium concéntrico que produce cilindros interxilemáticos de floema secundario, parénquima conjuntivo, idioblastos con rafidios y esclereidas o fibras de paredes muy gruesas. Dickison (1967) también reportó la presencia de floema concéntrico en *Tetracera volubilis*; sinónimo de *T. oblongata*.

Para *Combretum fruticosum*, Vliet (1979) presentó la descripción y hay diferencias en los siguientes aspectos: lo relacionado con poros de dos tamaños, fibras de paredes delgadas y parénquima sólo de tipo paratraqueal escaso no coincide con lo encontrado en el presente estudio.

En el caso de *Serjania atrolineata*, se presenta el patrón típico descrito para este género (Metcalfé y Chalk 1950) en lo que corresponde al desarrollo de masa xilemática compuesta, variante cambial que sólo se presenta en dos géneros de la familia Sapindaceae: *Serjania* y *Paullinia* (Metcalfé y Chalk 1950, Carlquist 1991). En *Serjania atrolineata* se observó un cilindro central xilemático rodeado por 6-8 cilindros xilemáticos. Con respecto a las Menispermaceae, las tres especies estudiadas mantienen el patrón reportado para la familia (Metcalfé y Chalk 1950, 1983, Carlquist 1988, 2001, Jacques y Franceschi 2007) observándose el desarrollo de cambium sucesivo que da como resultado la formación de floema incluso concéntrico (*Abuta grandifolia*, *A. hahnii*, *Curarea candicans*). Jacques y Franceschi (2007) presentan información sobre la anatomía xilemática de Menispermaceae e incluyen en su trabajo a *Abuta grandifolia* y *Curarea candicans*; coincidiendo las descripciones con las realizadas en el presente estudio.

En el caso de *Ficus caballina*, no se encontraron descripciones de esta especie, pero se observa que las características del material coinciden con lo reportado para el género *Ficus*, especialmente en lo que corresponde a tipo de parénquima, presencia de tubos laticíferos, punteaduras radiovasculares, tipo y ubicación de cristales. Con relación a *Pisonia aculeata*, lo encontrado en el presente estudio coincide con lo reportado por Inside Wood (2009). Para *Cissus verticilata* (= *C. sicyoides*); Metcalfé y Chalk (1950) reportan la presencia de conductos gomíferos traumáticos; sin embargo, lo observado en el presente estudio indica que los conductos axiales allí observados corresponden a conductos normales. También mencionan al género *Cissus* como el único de la familia Vitaceae donde se presentan rafidios y *C. sicyoides* como una de las pocas especies de esa familia con fibras no septadas, observaciones que coinciden con lo encontrado en el presente trabajo.

En *Bauhinia outimouta* se observó una estructura bastante característica: en las adyacencias de la médula se presentó parénquima predominantemente en bandas anchas, poros de tamaño uniforme y en múltiples radiales largos junto a una banda con apariencia de floema de tipo concéntrico. En el resto de la sección transversal el parénquima es de tipo paratraqueal vasicéntrico confluyente, poros de dos tamaños, la agrupación de poros es más variada y el floema es de tipo disperso. Carlquist (2007) señala que el género *Bauhinia* es un ejemplo donde se puede presentar porciones de madera dispersas o separadas en divisiones de parénquima o expansiones parenquimáticas que indican que además del cambium sucesivo se pueden presentar otros fenómenos de tipo meristemático que dan origen a ese tipo de estructura.

## CONCLUSIONES

La incidencia de variantes cambiales (55 % del material estudiado), la presencia de vasos de dos tamaños (40 % del material estudiado) y la presencia de cristales (85 % del material estudiado) fueron las principales características que se manifestaron en las 20 especies de liana descritas en la presente investigación. La variante cambial que se manifestó con mayor frecuencia fue el desarrollo de floema incluso de tipo concéntrico, observándose en las tres especies de la familia Menispermaceae y en una Dilleniaceae. Este carácter posiblemente busca mejorar la flexibilidad del tallo de esta forma de vida con el fin de garantizarle mayor eficiencia en su hábito trepador. Por otra parte, los vasos de dos tamaños le permiten tener un sistema de conducción de gran complejidad en donde se mezclan elementos que garantizan eficiencia en la conducción (vasos de mayor diámetro) y elementos que garantizan la seguridad en el movimiento de aguas y sales minerales (vasos estrechos).

Desde el punto de vista taxonómico, es posible la diferenciación de especies con base a las características de la madera. Es necesario incrementar el número de especies y el número de individuos por especie para tener mayor certeza en la precisión del uso de claves con características xilemáticas para procesos de identificación. Taxonómicamente, las especies estudiadas se pueden incluir en dos grupos de acuerdo a la presencia o ausencia de variantes cambiales.

La presencia de cristales fue la característica que se manifestó con mayor frecuencia, observándose en el 85 % del material estudiado. El tipo y ubicación más común de cristales fueron los prismáticos formando series parenquimáticas cristalíferas. También se encontraron rafidios (*Davilla rugosa*, *Tetracera oblongata*, *Pisonia aculeata*, *Cissus verticilata*), drusas (*Combretum fruticosum*, *Celtis iguanea*) y arena cristalífera (*Petrea aspera*).

## AGRADECIMIENTOS

Al Prof. Iván Akirov por la colaboración en la toma de macrografías. Al Técnico Julio Maldonado por la preparación del material.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Araque, O., W. León y C. Hernández. 2007. Anatomía xilemática de lianas de la familia Bignoniaceae en la Reserva Forestal de Caparo (Barinas, Venezuela). *Acta Bot. Venez.* 30: 191-215.
- Araque, O., N. Espinoza y W. León. 2000. Estudio anatómico del leño de seis especies de lianas. *Rev. Forest. Venez.* 44: 39-48.
- Araujo, G. y C. Costa. Cambial variant in the stem of *Serjania corrugata* (Sapindaceae). *IAWA J.* 27: 269-280.
- Carlquist, S. 2007. Succesive cambia revisited: ontogeny, histology, diversity, and functional significance. *J. Torr. Bot. Soc.* 134: 301-332.
- Carlquist, S. 1991. Anatomy of vine and liana stems: a review and synthesis. In: Putz, F. y H. Mooney (Eds.). *The biology of vines.* 53-71. Cambridge University Press. Cambridge. 525 p.
- Carlquist, S. 1988. *Comparative wood anatomy.* Springer-Verlag. Series in Wood Science. 436 p.
- Carlquist, S. 1985. Observations on functional wood histology of vines and lianas: vessel dimorphism, tracheids, vasicentric tracheids, narrow vessels, and parenchyma. *Aliso* 11: 139-157.
- 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. 125 p.
- Dickison, W. 1967. Comparative morphological studies in Dilleniaceae I. *Wood anatomy.* *J. Arnold Arboretum* 48: 1-29.
- Dos Santos, G. 1996. Systematic wood anatomy of lianas in Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Amer. J. Bot.* 83: 152
- Ewers, F., J. Fisher and K. Fichtner. 1991. Water flux and xylem structure in vines. In: Putz, F. y H. Mooney (Eds.). *The biology of vines.* 127-160. Cambridge University Press. Cambridge. 525 p.
- Gasson, P. and D. Dobbins. 1991. Wood anatomy of the Bignoniaceae with comparison of trees and lianas. *IAWA Bull.* n.s. 12: 389-417.

- Hernández, J., C. Hernández y O. Noguera. 2007. Estudio florístico de las lianas con fines de manejo del bosque, en un área del lote boscoso El Dorado Tumeremo, estado Bolívar, Venezuela. *Rev. Forest. Venez.* 51: 153-164.
- IAWA Committee. 1989. IAWA List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.* n.s. 10: 219-332.
- Inside Wood. 2009. <http://insidewood.lib.ncsu.edu/search>
- Jacques, F. and D. de Franceschi. 2007. Menispermaceae wood anatomy and cambial variants. *IAWA J.* 28: 139-172.
- Johansen, D. 1940. *Plant microtechnique*. McGraw-Hill Book Co. New York.
- Lindorf, H., L. De Parisca y P. Rodríguez. 1985. *Botánica: Clasificación, estructura, reproducción*. Universidad Central de Venezuela. Ediciones de la Biblioteca. Caracas.
- Mennega, A. 1997. Wood anatomy of Hippocrateoideae (Celastraceae). *IAWA J.* 18: 331-368.
- Metcalf, C. and L. Chalk. 1983. *Anatomy of dicotyledons Vol. II*. Clarendon Press. London. 297 p.
- Metcalf, C. and L. Chalk. 1950. *Anatomy of dicotyledons Vol. I y II*. Clarendon Press. London.
- Munsell. 1990. *Soil Color Charts*. Macbeth Division of Kollmorgen Corporation. Baltimore.
- Neves, A. e C. Barros. 2008. Anatomia do lenho de oito espécies de lianas da família Leguminosae ocorrentes na Floresta Atlântica. *Acta Bot. Bras.* 22: 465-480.
- Record, S. and R. Hess. 1949. *Timbers of the new world*. Yale University Press. New Haven.
- Vliet, G. van. 1979. Wood anatomy of the Combretaceae. *Blumea* 25: 141-223.
- Zevallos, P. e M. Tomazello. 2006. Anatomia do lenho de *Uncaria guianensis* e *U. tomentosa* (Rubiaceae) do estado do Acre, Brasil. *Acta Amazonica* 36: 169-176.