

ECOANATOMIA DEL ÉBANO SUDAMERICANO: “GUAYACÁN” (*LIBIDIBIA PARAGUARIENSIS*, FABACEAE)

ANA M. GIMÉNEZ¹, GRACIELA BOLZON MUNIZ², JUANA G. MOGLIA¹ y SILVANA NIGOSKY²

Summary: Ecoanatomy of southamerican ebony, ‘guayacán’ (*Libidibia paraguariensis*, Fabaceae). The wood of *Libidibia paraguariensis* (D. Parodi) G. P. Lewis, “guayacan” is homologous to that of *Diospyros ebenum* J. Koenig “ebony”. It is a wood with technological and organoleptic characteristics that give excellent quality and significant future potential. For this reason study objectives were: (1) deepen the knowledge of anatomical qualities of the wood and bark; (2) analyze sapwood-heartwood ratio, and (3) characterize the growth rings. The study was conducted using samples from Guasayán, Santiago del Estero, and Villa Rio Bermejito, Chaco (Argentina). Six trees from each site were selected randomly. A wood disk from the main shaft of each individual, at a height of 1.3 m was achieved. The description of the wood and bark was performed. The relevant anatomical character with high diagnostic value was full stratification of radios. The rings are demarcated, with an average radial increment (RI) average 3.57 mm, the growth is slow-medium, with thick sapwood. The xylem has corresponding features to a mesomorphic species. The outer bark with one or two accumulated periderms, presents dehiscence in thin plates, which is a diagnostic element for field determination.

Key words: *Libidibia paraguariensis*, bark, growth rings, heartwood, sapwood, xylem.

Resumen: La madera de *Libidibia paraguariensis* (D. Parodi) G. P. Lewis “guayacán”, es homóloga a la de *Diospyros ebenum* J. Koenig “ébano”. Es una madera cuyas características tecnológicas y organolépticas le otorgan extraordinaria calidad y gran potencial futuro. Por este motivo los objetivos del trabajo fueron: (1) profundizar el conocimiento de las cualidades anatómicas del leño y la corteza; (2) analizar la relación albura-duramen y (3) caracterizar los anillos de crecimiento. El estudio se realizó empleando muestras provenientes de Guasayán, Santiago del Estero y Villa Rio Bermejito, Chaco (Argentina). Seis árboles de cada sitio, fueron seleccionados al azar. Se consiguió una rodaja del fuste principal de cada individuo, a una altura de 1,3 m. Se realizó la descripción del leño y de la corteza. El carácter anatómico relevante con alto valor diagnóstico resultó la estratificación completa de los radios. Los anillos son demarcados, con un incremento radial (IR) medio de 3,57 mm, el crecimiento es lento a medio, con albura gruesa. El leño presenta características correspondientes a una especie mesomórfica. La corteza externa con una o dos peridermis acumuladas, presenta dehiscencia en placas delgadas, lo cual resulta un elemento diagnóstico para la determinación a campo.

Palabras clave: *Libidibia paraguariensis*, albura, anillos de crecimiento, corteza, duramen, xilema.

INTRODUCCIÓN

Hay maderas que se destacan mundialmente por tener un homónimo famoso. Tal es el caso del “guayacán” [*Libidibia paraguariensis* (D. Parodi) G. P. Lewis, Fabaceae], que en América latina es considerado como el ébano sudamericano. Valiosa

es la madera del “ébano” (*Diospyros ebenum* J. Koenig, Ebenaceae) por su color negro intenso, su densidad alta, buena textura y capacidad de pulido muy suave. Esta especie originaria de India y de Sri Lanka, está a punto de extinguirse. Con el mismo nombre común se designa a otras especies que presentan madera con características similares como *Diospyros dendro* (D. *crassiflora* Hiern.), ébano de Gabón nativo del oeste de África (Orton, 1988). En los bosques Neo-tropicales de América hay especies de los géneros *Tabebuia* (Bignoniaceae), *Caesalpinia* (Fabaceae), *Guaiacum*

¹ LAM- INSIMA Facultad de Ciencias Forestales, UNSE, Santiago del Estero, Argentina.

² UFPR, Curitiba, Brasil.

y *Porlieria* (Zygophyllaceae) que si bien pertenecen a diferentes familias, poseen madera muy dura y de colores oscuros. Estas especies son conocidas como “guayaco” o “guayacán” y sus maderas son comparadas con las del ébano.

El género *Caesalpinia* L. tradicionalmente estaba compuesto por 140 especies originarias de las regiones tropicales del Viejo y Nuevo Mundo. Por medio de estudios moleculares se ha demostrado que el género en su sentido más amplio es polifilético y la mayoría de las especies se han asignado a géneros segregados: *Caesalpinia* (25 spp.), *Coulteria* Kunth (10 spp.), *Erythrostemon* Klotzsch (13 spp.), *Guilandina* L. (7 spp.), *Libidibia* (DC.) Schltld. (8 spp.), *Mezoneuron* Desf. (ca. 26 spp.), *Poincianella* Britton Rose (35 spp.), *Pomaria* Cav. (16 spp.) y *Tara* Molina (3 spp.). Cerca de 15 taxones de origen asiático permanecen sin asignar a la espera de más datos, especialmente las secuencias de ADN (Lewis, 2005). Gasson *et al.* (2009) describe la anatomía de la madera de estos géneros destacando las características que constantemente ayudan a definir algunos de ellos. La mayoría carecen de anillos de crecimiento bien definidos, los vasos son solitarios y múltiples radiales, las punteaduras intervasculares alternas y ornamentadas, las fibras principalmente no septadas, el parénquima axial aliforme a confluyente estratificado e irregular y los radios principalmente 1-2seriados, en su mayoría no estratificados y de altura variable. En el parénquima axial se encuentran cristales prismáticos, excepto *Erythrostemon gilliesii* (Wall. ex Hook.) Link, Klotzsch & Otto y también en muchas especies se hallan cristales en las células de los radios.

El género *Libidibia* tiene seis especies: *Libidibia coriaria* (Jacq.) Schltld. (= *Caesalpinia coriaria*); *Libidibia sclerocarpa* (Standl.) Britton & Rose (= *Caesalpinia sclerocarpa*); *Libidibia punctata* (Willd.) Britton (= *Caesalpinia granadillo*) y *Libidibia ebano* (H. Karst.) Britton & Killip; *Libidibia férrea* (Mart. ex Tul.) L. P. Queiroz (= *Caesalpinia ferrea*); *Libidibia paraguariensis* (D. Parodi) G.P. Lewis [= *Caesalpinia paraguariensis* (D. Parodi) Burkart], *Libidibia glabrata* Kunth (= *Caesalpinia glabrata*) (Vasquez Correa, 1993).

Las especies arbóreas de *Libidibia* se distribuyen en áreas forestales tropicales estacionalmente secas en todo el Neotrópico, desde México y las Antillas a Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Paraguay, Brasil, Bolivia y Argentina. Con la excepción de

la especie tipo, *Libidibia coriaria*, todas las demás especies del género tienen corteza típica con un patrón mosaico de color blanco, gris y verde, que se describe como corteza piel de leopardo (Lewis; 2005).

Libidibia tiene un rasgo distintivo en la anatomía de la madera, que es la estratificación del leño, con radios homocelulares, parénquima axial y las células de los radios, que carecen de cristales prismáticos (Gasson *et al.*, 2009). Es relevante la dureza de la madera (pe: superior a 1,1 kg/dm³) y el color castaño violáceo.

Libidibia paraguariensis es una especie endémica de Argentina, Bolivia, Brasil, Paraguay y Uruguay. Está amenazada por pérdida de hábitat. Se distribuye en la Provincia Chaqueña, hasta los 1300 m s.n.m. Habita en diversos ambientes desde muy secos (Distrito Chaqueño Occidental o Chaco semiárido y Distrito Chaqueño Serrano) hasta los húmedos (Distrito Chaqueño Oriental o Chaco Húmedo y la Provincia Biogeográfica de las Yungas). En los bosques chaqueños ocupa gran porcentaje del estrato superior junto con *Ziziphus mistol* Griseb., *Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltld. que forman el grupo de las especies del Chaco semiárido, con presencia y abundancia variada en el área de estudio (Giménez *et al.*, 2015). Giménez & Moglia (2003), destacan como rasgos dendrológicos que es un árbol de cuarta magnitud (18 m), fuste corto (2 m), tortuoso, con diámetro de hasta 1 m, copa amplia extendida y globosa, corteza lisa, muy delgada de color castaño verdoso, dehiscente en placas irregulares de bordes redondeados que dejan ver la corteza nueva que es gris verdosa (Fig. 1 A-D). La madera se distingue por su elevada dureza (1,2 kg/dm³) y el color castaño violáceo del duramen, atributos que hacen del “guayacán” una madera sustituta del “ébano” (Tortorelli, 2009). Madera con 8% de taninos, de buena resistencia en contacto con la tierra y la intemperie, bajo el agua o enterrada, encontrando excelente utilización como leña (poder calorífico: 4200 kcal/kg), para carbón, durmientes, construcciones hidráulicas, pilotes, tranqueras, postes y varillas de alambrados, almacén de puentes, etc. También se utiliza en la fabricación de partes de instrumentos musicales como diapasones, botones, cejillas y clavijas de violines y guitarras. A sus hojas y corteza se le atribuyen propiedades vulnerarias y son empleadas contra las neuralgias



Fig. 1. A: Aspecto del árbol. B: Aspecto de la copa. C: Tipo de hojas. D: Muestras de madera para su estudio. E: Sección transversal del tronco. F: Sección longitudinal radial y tangencial del tronco (veteado en arcos superpuestos). G: Sección de albura y duramen con la marcación de anillos. H: Marcación microscópica del anillo. I: Evolución del espesor de anillos con la edad. Nota: la regla blanca corresponde a 100μm.

reumáticas y en los casos de golpes (www.oni.escuelas.edu.ar/2001/santiago/habitat/pmed.htm). La madera y la corteza son usadas como colorantes naturales (Giménez *et al.*, 2007). Dada la importancia ecológica y económica de la especie, se plantearon los siguientes objetivos: (1) profundizar el conocimiento de las cualidades anatómicas del leño y la corteza de *Libidibia paraguariensis*, (2) analizar la relación albura-duramen y (3) caracterizar los anillos de crecimiento.

MATERIAL Y MÉTODO

Área de dispersión: Según la base de datos de biodiversidad de leñosas del Chaco Argentino (Giménez *et al.* 2015), el “guayacán” está presente en 8 de los 22 sitios estudiados, con más frecuencia en los Distritos Chaqueños Oriental y Serrano, menos en el Distrito Chaqueño Occidental. Es una especie poco abundante, que crece en pies aislados.

El estudio se realizó empleando muestras provenientes de Guasayán, Santiago del Estero y Villa Rio Bermejito (Chaco). Seis árboles de cada sitio fueron seleccionados al azar. De cada individuo se obtuvo una rodaja del fuste principal a una altura de 1,30 m. De cada disco se extrajeron dos cubos de 2 cm de lado, para realizar los preparados microscópicos de madera. Se tiñeron las muestras con crisoidina-acridina roja y azul de astra, montándose en Entellán. Para los macerados se empleó una solución elaborada con una parte de ácido acético glacial y dos partes de peróxido de hidrógeno (Berlyn & Miskische, 1976). En las descripciones del leño se siguió la terminología propuesta por IAWA (Wheeler *et al.*, 1989) y Tortorelli (2009). Las imágenes fueron tomadas con video cámara Sony. Además se trabajó con MEB Hitachi TM 1000 Tabletop del Laboratorio de Anatomía de Madera de la UFPR, Curitiba, Brasil.

Se calcularon los índices de vulnerabilidad y mesomorfía propuestos por Carlquist (1988) para determinar el tipo de comportamiento (mesomórfico, xeromórfico):

Índice de Vulnerabilidad (IV) = (diámetro medio de los vasos/ número de vasos por mm²)

Índice de Mesomorfía = IV x Lev

Lev = longitud de elementos vasculares (mm)

La descripción de la corteza se realizó utilizando la terminología de Roth (1981) y Junikka (1994).

Para analizar la relación albura/duramen se

trabajó con las rodajas, las que se prepararon con cepilladora, lijadora de banda y lijadora orbital con juego de lijas de granulometría de 100/1000, hasta obtener una superficie con buena demarcación. El conteo y medición de los anillos de crecimiento se efectuó con el equipo computarizado ANIOL. Se trabajó sobre 4 radios perpendiculares. En este procedimiento se consignó el número de años y el espesor del anillo con una precisión de centésima de milímetro. Se sincronizaron los anillos manualmente y por cuadrantes, a fin de tener diferencia de edad (± 2 años). La albura y el duramen fueron analizadas en función de la edad (número de anillos) y de su espesor. Los datos fueron procesados con el programa INFOSTAT (2015). Para la nomenclatura botánica se consideraron los sitios www.darwin.edu.ar; Tropicos.org (consultados: 3/04/2016).

RESULTADOS

Leño

Libidibia paraguariensis presenta madera muy dura y pesada con diferencia entre albura (blanco rosado) y duramen (castaño violáceo que al oxidarse toma color negro) (Fig. 1 E); de veteado suave, enmascarado por el color, en arcos superpuestos, textura fina y grano entrecruzado, difícil de trabajar (Fig. 1 F). Anillos medianamente demarcados por una banda más clara (Fig. 1 G). Microscópicamente el anillo está definido por una banda de parénquima terminal delgada formada por dos estratos de células (tipo 11A de Carlquist, 1988). Sobre ella se apoyan los vasos del comienzo del anillo (Fig. 1 H). El espesor medio de los anillos de crecimiento (IR) es 3,57 mm (1,4 y 6,59), una desviación estándar de 1,06 y un coeficiente de variabilidad del 30 %, para un intervalo de 50 años. El espesor de los anillos varía con la edad del árbol, se ajusta a una curva explicada por una función polinómica de segundo grado con un R² de 0,74 (Fig. 1 I).

El leño es de porosidad difusa no uniforme (Fig. 2 A), son abundantes las sustancias orgánicas de color castaño, que ocluyen los vasos del duramen (Fig. 2 B). Poros solitarios (60%) y múltiples cortos de 2-3-4, racemiformes y geminados, vasos numerosos (12-22 mm²) y de diámetro pequeño (81,4 μ m: 61-108), cortos 200 μ m (170-250). Punteaduras intervasculares alternas (7-10 μ m), ornamentadas (Fig. 2 C, D), de placa de perforación simple y apéndices usualmente

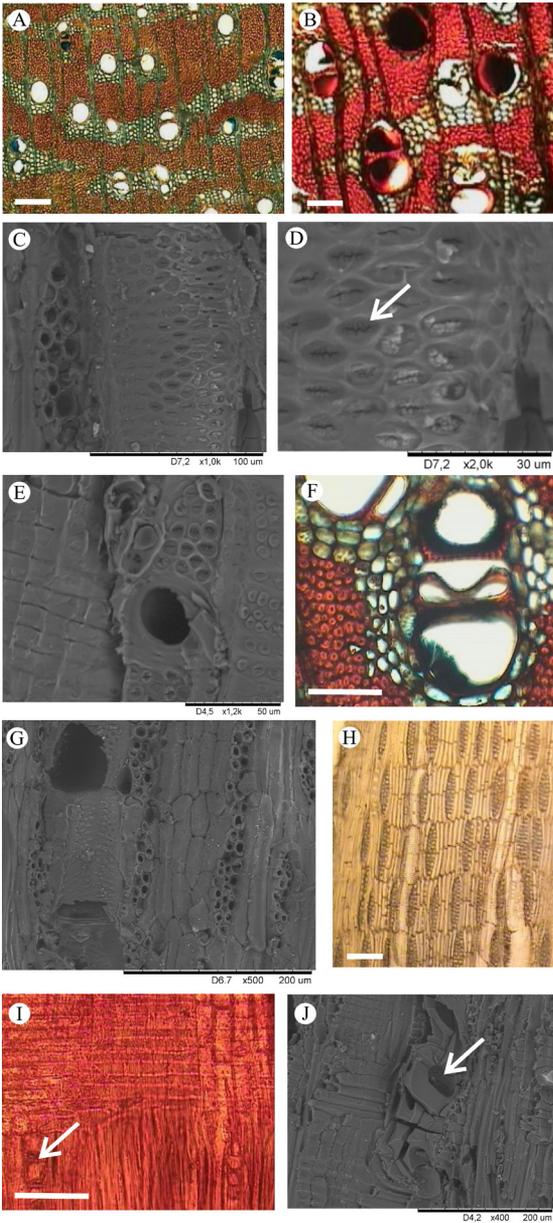


Fig. 2. A. Leño con porosidad difusa. B. Vasos del duramen ocluidos por sustancias orgánicas. C y D. Puntuaciones intervasculares alternas y ornadas. E: Miembro de vaso corto con placa de perforación simple. F: Parénquima paraatraqueal vasicéntrico a unilateral. G: Parénquima en bandas. H: Radios leñosos y parénquima axial en estratificación completa. I: Radios leñosos homocelulares y cristales rómicos en serie en el parénquima axial, J: Sustancias secretoras solidificadas en el lúmen de los vasos del duramen. Nota: la regla blanca corresponde a 100µm.

presentes (Fig. 2 E). Las punteaduras radiovasculares con aréolas distintivas, similares a las punteaduras intervasculares, de tamaño y tipo uniforme, localizadas a través de todo el radio. Las fibras son cortas (740 µm), con paredes gruesas (4,88 µm) y puntuaciones simples. El parénquima axial es estratificado, paratraqueal vasicéntrico, unilateral confluyente en bandas angostas interrumpidas, aliforme (Fig. 2 F), además se diferencia el parénquima terminal angosto. El parénquima axial es en serie (2 células/ serie). Los radios leñosos se presentan estratificados (Fig. 2 H, I), 2-3-1 seriados (47, 42 y 11%), bajos (100-212 µm), homocelulares, en estratificación completa, de 5-13 radios/mm. Los cristales rómicos de oxalato de calcio están localizados en las células del parénquima axial (Fig. 2 I). El índice de vulnerabilidad es 3,63 y de mesomorfía: 762.

Relación albura / duramen

Libidibia paraguariensis, presenta bien diferenciada por el color la albura del duramen, (Fig. 1 E). Desde el punto de vista de la anatomía, el leño del duramen tiene vasos ocluidos por sustancias oscuras parcialmente solubles en agua (Fig. 2 J). La albura ancha está formada por 7-8 anillos (desviación estándar: 2,4). La relación DAP (diámetro del tronco a la altura del pecho) / espesor de albura, se estabiliza en 9 anillos a los 40 cm de DAP. La evolución de la albura y el duramen en función del DAP se indica en la Fig. 3.

El espesor de la albura expresado en cm, presenta valor promedio de 2,83 cm (S: 1,1). Según las funciones anteriores, el espesor de la albura se estabiliza en 5 cm después de los 30 cm de DAP, significando el 9% del DSC (diámetro sin corteza).

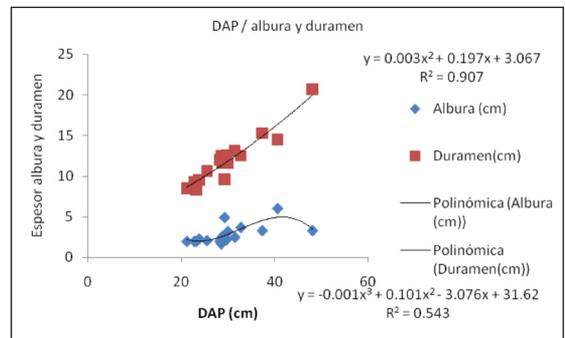


Fig. 3. Evolución de la albura y el duramen con la edad del árbol.

Corteza Forestal

La corteza total es delgada (2-4 mm de espesor), con lenticelas, dehiscente en placas irregulares, con bordes redondeados, verde violáceo, que dejan ver la peridermis nueva verde grisácea. Cuando hay

heridas, se observan exudados traumáticos pardo amarillentos (Fig. 4 A-C). La corteza interna es amplia, el floema activo o floema secundario no colapsado, presenta tubos cribosos, de paredes delgadas y formas angulosas, dispuestos en

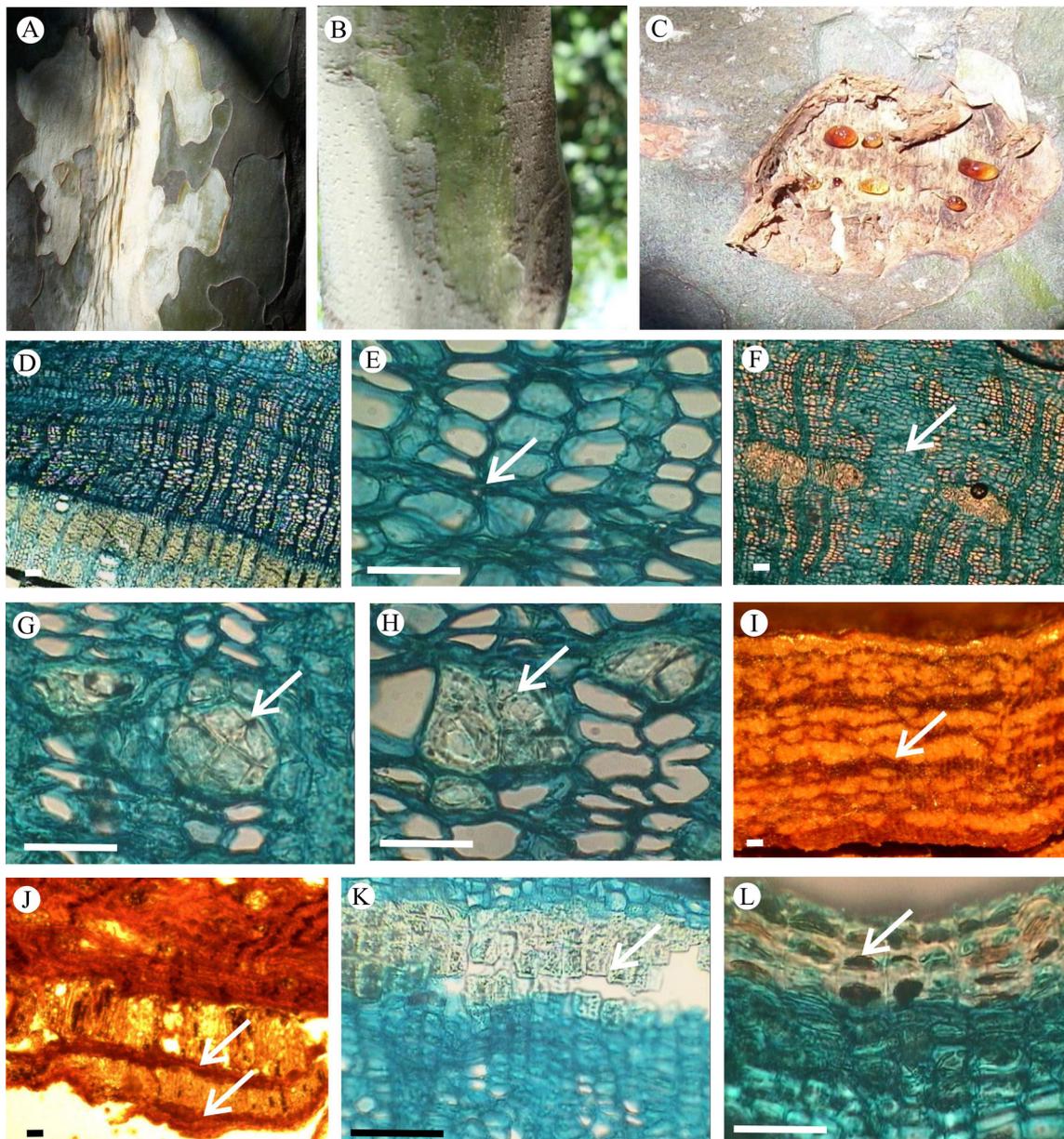


Fig. 4. A. Corteza externa. B. Dehiscencia de la corteza, lenticelas. C. exudados traumáticos. D. Sección transversal, floema activo. E. Floema colapsado con los tubos cribosos aplastados tangencialmente. F. Los radios floemáticos se desvían y ensanchan.. G-H. Esclerideas cristalíferas en placas lenticulares. I. Esclerideas formando bandas tangenciales de formación secundaria. J.: Acumulación de dos peridermis. K. Células pétreas en la felodermis. L. Células suberosas con paredes engrosadas en U invertida. Nota: la regla corresponde a 100 µm.

bandas tangenciales (Fig. 4 D, E). En el floema colapsado se obliteran los tubos cribosos y aplastan tangencialmente (Fig. 4 E). El parénquima axial es abundante y predomina en la estructura del floema, forma bandas tangenciales entre los tubos cribosos y células acompañantes. Los radios liberianos estratificados, bajos, con trayecto sinuoso, se dilatan en embudo en el floema colapsado (Fig. 4 F). El tejido mecánico se diferencia tardíamente, forma placas lenticulares de esclereidas, isodiamétricas, de paredes gruesas, que contienen cristales (Fig. 4 G, H). Posteriormente se transforman en bandas tangenciales gruesas, interrumpidas por los radios (Fig. 4 I).

La corteza externa o ritidoma está poco desarrollada. Hay acumulación de hasta 2 peridermis (Fig. 4 J). La peridermis está constituida por suber, felógeno y felodermis. La felodermis es desarrollada y estratificada, con bandas de células parenquimáticas en hileras de paredes delgadas y banda de células pétreas (Fig. 4 K). El súber es de poco espesor, con células de paredes engrosadas en U invertida (Fig. 4 L).

DISCUSIÓN

Metcalfé & Chalk (1983) destacan como rasgos característico de las Cesalpínáceas los vasos solitarios y múltiples pequeños, de longitud media a cortos, con puntuaciones alternas, a veces ornadas, el parénquima paratraqueal abundante, confluyente, los radios 1-7 seriados, comunmente estratificados, características todas halladas en *Libidibia paraguariensis* “guayacán”.

Interian-Ku *et al.* (2011) describen el leño de *Caesalpinia gaumeri*, de alta afinidad con *Libidibia paraguariensis*, siendo los caracteres relevantes la porosidad difusa; los elementos de vaso extremadamente cortos con placa de perforación simple y punteaduras pequeñas e inclusiones; radios uni y biseriados, extremadamente bajos y finos; parénquima axial aliforme y confluyente; fibras de longitud mediana y con paredes extremadamente gruesas. Todas estas características coincidentes con la especie estudiada. *Caesalpinia ebano* ha sido descrita con un leño de porosidad difusa, vasos múltiples (2-3), poco frecuente solitarios, cortos, con gomas; el parénquima paratraqueal confluyente y apotraqueal; las fibras con espesamientos espiralados, septadas, con cristales en serie

(Vasquez Correa, 1993). El xilema de *Caesalpinia paraguariensis* ha sido descrito por Roth & Gimenez (1997) y Tortorelli (2009). El rasgo anatómico relevante del leño es la estratificación total de los radios, así como los miembros de vaso y altura de las series del parénquima axial (200 μm), todos caracteres de evolución, presentes en Asteraceae, Bignoniaceae, Bombacaceae, Fabaceae, Zigophyllaceae, entre las más destacadas (Carlquist, 1988). El acortamiento de los miembros de vaso es un carácter de evolución filogenética y típico de ambientes áridos. Se describe por primera vez para la especie, la presencia de puntuaciones intervasculares ornamentadas. Carlquist (1988) introduce los índices de vulnerabilidad y mesomorfía como indicadores de las relaciones de los caracteres anatómicos del leño y su hábitat. Valores bajos de IV se interpreta como una redundancia de vasos. Ello implica menor posibilidades de desactivación de un determinado número de vasos por efecto del embolismo producido bajo estrés hídrico, lo cual afecta seriamente la conducción en una planta. Miembros de vaso de menor diámetro y mayor frecuencia/ mm^2 , conforman una estructura que asegura la conducción y evita el embolismo. Según Roth & Gimenez (1997, 2006) el guayacán se encuentra entre las especies con mayor número de rasgos xeromórficos dentro del Distrito Chaqueño Oriental o Chaco húmedo (IV 3,63) y por el contrario, entre las especies que habitan los Distritos Chaqueño Occidental y Serrano (Chaco seco o serrano), como una especie de características mesomórficas. EL IM presenta valores elevados en especies méxicas que habitan en regiones moderadamente húmedas. Valores de IV entre 0-5 corresponden a las maderas de mayor seguridad en la conducción y representan el 50% de las especies del Chaco Húmedo. Parra & Jorge (2010) refieren valores de índices para especies mesomórficas (IV > 1; IM > 200) y xeromórficas (IV < 1; IM < 200). Según este parámetro el guayacán es una especie mesomórfica.

Libidibia es un género que está bien definido, con parénquima axial estratificado, radios cortos homocelulares, estratificados con pisos estrechos y ausencia de cristales en las células de los radios. Los radios presentan signos de especialización: bajos y homocelulares. Los otros géneros son menos consistentes en los caracteres de madera. En *Caesalpinia* los radios no siempre están estratificados y la mayoría de las especies carecen de cristales en

las células de los radios. *Coulteria* tiene algunas especies con radios estratificados y todas tienen radios homocelulares y cristales en las células de los radios. *Poincianella* está particularmente mal definido desde el punto de vista anatómico de la madera, tal vez esto indica que puede ser aún más segregado. Unas pocas especies de *Poincianella* tienen fibras septadas, que se ven de otro modo sólo en *Libidibia corymbosa*. *Mezoneuron* tiene, rayos heterocelulares no estratificados (Ganson *et al.*, 2009). En relación al espesor de los anillos de crecimiento (IR), es interesante comparar las características biológicas de *Libidibia paraguariensis* “guayacán” (3,75 mm promedio) con referencia a otras especies de la región chaqueña. Fue estudiado el IR de: *Prosopis alba* Griseb., con anillos promedio de 4,05 mm (Giménez *et al.*, 1999); *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron., con valores promedio de 3,29 mm (Giménez *et al.*, 2000 a); *Prosopis kuntzei* Harms., 3,26 mm (Giménez *et al.*, 1997); *Schinopsis quebracho-colorado* (Schltdl.) F.A. Barkley & T. Mey., 2,19 mm (Giménez & Ríos, 1999); *Zizyphus mistol* Griseb.: 2,73 mm (Giménez *et al.* 2014). Son escasas las especies de crecimiento medio, como posee *L. paraguariensis*, en la Región Chaqueña Seca: *Geoffroea decorticans* (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart, con 5,90 mm (Giménez *et al.* 2013) y 5,66 mm para *Prosopis ruscifolia* Griseb. (Giménez *et al.*, 2009).

Libidibia paraguariensis junto con *Zizyphus mistol* (Giménez *et al.*, 2014), *Schinopsis lorentzii* (Griseb.) Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl., forman el grupo de las especies del Chaco semiárido, de crecimiento lento con anillos de tipo 2 (entre 2 y 4 mm de espesor promedio) (Giménez *et al.* 2007). La relación albura/duramen es de interés económico cuando se emplea la madera principalmente para uso exterior. A menor proporción de albura, mayor el volumen de fuste maderable. Chattaway (1952) estudió un número importante de especies con anillos escasos constituyendo la albura. La dimensión de la albura puede considerarse una expresión del funcionamiento y de la estructura ecofisiológica del árbol y es usada en el análisis de crecimiento y modelos de simulación (Maguire & Batista, 1996). La tendencia generalizada es la disminución del ancho de la albura a edades avanzadas, debido al fenómeno de decaimiento del árbol, con respecto a esto Bamber (1976) sugiere que la formación del duramen es un proceso regulatorio que permite mantener el volumen de

la albura en niveles óptimos. La relación albura/duramen ha sido estudiada para diferentes especies nativas. En el caso de *L. paraguariensis* se halló una albura ancha con un valor promedio de 2,83 cm para 7/8 anillos. *Prosopis alba* posee la albura de 3 (2 a 6) anillos de espesor; *Prosopis kuntzei* cinco anillos (Giménez *et al.*, 1997), *Prosopis nigra* 5 (4-8) (Giménez *et al.*, 2000b).

El espesor de la albura tiene importantes implicancias económicas en el aprovechamiento de una especie. En *Schinopsis quebracho-colorado* para DAP de 20 cm, el espesor de la albura representa un porcentaje del 15% del diámetro; en *Prosopis alba* de 8% y en *Prosopis kuntzei* de 10% (Giménez *et al.*, 2000a). El duramen se incrementa en función de la edad y el diámetro. Entre las modificaciones anatómicas que se presentan en el duramen, la oclusión de vasos es frecuente en *L. paraguariensis*. En *Prosopis alba* la oclusión de vasos por gomas se manifiesta en un porcentaje de 10-30%; en *Prosopis kuntzei* el 70% de los vasos por gomas pardas. En *Schinopsis quebracho-colorado*, el duramen presenta la oclusión del 100% de los vasos por tilosis, tanino y cristales.

Con relación a la corteza, Roth (1981) destaca ciertos caracteres comunes con 21 especies de *Cesalpineae* estudiadas, pero el grupo se comporta de manera heterogénea. Es característica la dominancia de cortezas con tejido esclerenquimático con fibras libriformes; en menor grado la combinación de fibras y esclereidas y por último esclereidas con cristales rómbicos solitarios como en *Cassia* y *Peltogyne*. Este es el caso de *L. paraguariensis* “guayacán”, que presenta esclereidas con cristales. En la misma especie es característica la distribución del tejido esclerenquimático en placas pequeñas, lenticulares, que se transforman posteriormente en bandas tangenciales abundantes y es frecuente la presencia de 1 o 2 peridermis, con tendencia al espesamiento en U invertida, mientras que en la felodermis las células pétreas forman un patrón continuo, tipo anillo. Los rasgos predominantes hallados concuerdan con Roth (1981) y, Roth & Gimenez (1997, 2006). Por lo expuesto se concluye que *Libidibia paraguariensis* presenta: leño con características mesomórficas, siendo el rasgo anatómico relevante la estratificación completa de los radios; los anillos de crecimiento están bien demarcados; el crecimiento es lento a medio, (3,57 mm), con albura gruesa de 7-8 anillos de espesor.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Fabián Zubrinic por la compaginación del trabajo, a la Sra. Mirta Sposetti por la realización de los preparados microscópicos.

BIBLIOGRAFÍA

- BAMBER R. 1976. Hearth wood, its function and formation. *Wood Sci. Technol.* 10: 1-8.
- BERLYN G. & J. MISKSCHE. 1976. *Botanical microtechnique and cytochemistry*. Iowa State University, Ames, IOWA.
- CARLQUIST S. 1988. *Comparative Wood anatomy. Systematic, Ecological and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Woods*. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- CHATTAWAY M. 1952. The sapwood- heartwood tranformation. *Aust. For.* 16: 25- 34.
- GASSON P., K. WAMER & W. LEWIS. 2009. Wood Anatomy of *Caesalpinia* S.S., *Couleria*, *Erythrostemon*, *Guilandina*, *Libidibia*, *Mezoneuron*, *Poincianella*, *Pomaria* and *Tara* (Leguminosae, Caesalpinioideae, Caesalpinieae). *IAWA J.* 30: 247-276.
- GIMÉNEZ A & J. G. MOGLIA. 2003. *Árboles del Chaco Argentino. Guía para el reconocimiento dendrológico*. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable del Ministerio de Desarrollo Social y Facultad de Ciencias Forestales, UNSE. Editorial El Liberal.
- GIMÉNEZ A. & N. RÍOS. 1999. Crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado*, Anacardiaceae. *Bosques* 5: 35-51.
- GIMÉNEZ, A., N. RÍOS & J.G. MOGLIA. 1997. Leño y corteza de *Prosopis kuntzei* en relación a algunas magnitudes dendrométricas. *Revista de Investigaciones Agrarias Sistemas y Recursos Forestales- España-6-*: 163-182.
- GIMÉNEZ, A., N. RÍOS & J.G. MOGLIA. 2000a. Relación albura-duramen en tres especies arbóreas de la Región Chaqueña Seca. *Quebracho. Revista de Ciencias Forestales* 8: 56-63. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina.
- GIMÉNEZ, A.M., P. HERNÁNDEZ, R. GEREZ, & R. RÍOS. 2007. Principales leñosas del Chaco Argentino con potencialidad de uso tintóreo. *III Jornadas Nacionales de Flora Nativa- IV Encuentro de Cactáceas*. Córdoba. Octubre. 60-70.
- GIMÉNEZ A., P. HERNÁNDEZ, N. RÍOS & F. CALATAYU. 2013. Crecimiento de árboles individuales de *Geoffroea decorticans* Burk., en un bosque del Chaco semiárido, Argentina. *Madera y Bosques* 19: 37-51.
- GIMÉNEZ A., G. MOGLIA, P. HERNANDEZ & S. BRAVO. 2000b. Leño y corteza de *Prosopis nigra* (Griseb.) Hieron., Mimosaceae, en relación a algunas magnitudes dendrométricas. *Revista Forestal Venezolana* 44: 29-37.
- GIMÉNEZ, A., N. RÍOS, P. HERNÁNDEZ & J.G. MOGLIA. 2009. Influencia de la edad en el crecimiento de vinal (*Prosopis ruscifolia* Burkart), en la provincia de Santiago del Estero, Argentina. *Madera y Bosques* 15: 45-57.
- GIMÉNEZ, A., N. RÍOS, J.G. MOGLIA & C. LÓPEZ. 1999. Leño y corteza de *Prosopis alba* Griseb., algarrobo blanco, en relación con algunas magnitudes dendrométricas. *Bosque* 19: 53-62.
- GIMÉNEZ, A.M., M.E. FIGUEROA, J. DIAZ ZÍRPOLO, B. AGÜERO. & F. CALATAYU. 2014. Anatomía del leño de *Ziziphus mistol* Griseb. (Rhamnaceae). Relación albura/duramen. *Revista Quebracho* 22: 81-89.
- GIMÉNEZ. A.M., M.E. FIGUEROA, J. DIAZ ZIRPOLO, D. GONZALES, F. CALATAYU & L. LUNA. 2015. Aspectos ecoanatómicos del ébano argentino guayacán (*Libidibia paraguariensis* G.P. Lewis). *Revista Quipu Forestal. Edición especial* 1: 18-19.
- INFOSTAT. 2015. Programa Estadístico. Universidad Nacional de Córdoba. <http://www.infostat.com.ar/>
- INTERIÁN-KU, V. M., M. A. DE LA ROSA, J. VALDEZ-HERNÁNDEZ, J. I., MOYA, E. G., MANZANARES, A. R., & H. VAQUERA-HUERTA. 2011. Características anatómicas y propiedades físicas de la madera de *Caesalpinia gaumeri* Greenm en Dzan, Yucatán. *Madera y bosques* 17: 23-36.
- JUNIKKA, L. 1994. Survey of English macroscopic bark terminology. *IAWA J.* 15: 3-45.
- LEWIS, G. P. 2005. Tribe Caesalpinieae. In: LEWIS, G.P., B., SCHRIRE, B., MACKINDER, & M., LOCK (eds.), *Legumes of the World*. Royal Botanic Gardens, Kew.
- MAGUIRE, D. & J. BATISTA. 1996. Sapwood taper models and implied sapwood volume and foliage profiles for coastal Douglas fir. *Can. J. Forest Res.* 26: 849-863.
- METCALFE, C. & L. CHALK. 1983. *Anatomy of the dicotyledons*. 2nd Ed. Vol. II. Wood structure and conclusion of the general introduction. Clarendon Press, Oxford.
- ORTOM. 1988. *List Vascular Plants. Gabon Herbar National du Gabon, Yaounde*. P: 1-806.
- PARRA M. & S. JORGE. 2010 Determinación de índices de vulnerabilidad y Mesomorfia en especies de laurales de la selva San Eusebio (Mérida, Venezuela). *Pittieria* 34: 13-22.
- ROTH, I. 1981. *Structural Patterns of Tropical barks*. Encyclopedia of Plant Anatomy, Band IX/3, Schweitzerbart Science Publishers.

- ROTH, I. & A. M. GIMÉNEZ. 1997. Argentine Chaco forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 1- The semiarid Chaco. *Encyclopedia of plant anatomy*. XIV/5. Gerbruder-Borntraeger-Berlin-Stuttgart.
- ROTH, I. & A.M. GIMÉNEZ, 2006. Argentine Chaco forests. Dendrology, tree structure, and economic use. 2- The humid Chaco. *Encyclopedia of plant anatomy*. XIV/5. Gerbruder-Borntraeger-Berlin-Stuttgart.
- TORTORELLI, L. 2009. *Maderas y bosques argentinos*. 2da. Ed. Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. Tomos 1 y 2.
- VASQUEZ CORREA, A. 1993. *Estudio anatómico de seis especies de la región de zambrano-bolivar*. Universidad Nacional de Colombia.
- WHEELER, E. A., P. BAAS & P. E. GASSON. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull.(ns)* 10: 219-332.
- Recibido el 9 de mayo de 2016, aceptado el 22 de agosto de 2016.