

ESTUDIO ANATOMICO DE LA MADERA E INCIDENCIAS TECNOLÓGICAS EN 7 ESPECIES DEL GÉNERO *Protium* Burm. f. (BURSERACEAE)

Williams J. León H.

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Laboratorio de Anatomía de Maderas, Mérida-Venezuela. E-mail: wleon@forest.ula.ve

RESUMEN

Se realizó el estudio anatómico, macroscópico y microscópico, del leño en siete especies del género *Protium* (Burseraceae): *P. amazonicum*, *P. aracouchini*, *P. colombianum*, *P. copal*, *P. grandifolium*, *P. robustum* y *P. sagotianum*. En base a las características anatómicas encontradas para cada especie se establecieron relaciones con algunos parámetros de procesamiento y utilización de la madera. La presencia de sílice en algunas de las especies estudiadas requiere de herramientas reforzadas para el aserrado de las mismas. Todas las especies estudiadas presentan depósitos de tñides lo cual afecta la permeabilidad de la madera y, con ello, los procesos de secado y preservación. Anatómicamente, las diferentes especies estudiadas son muy similares entre sí.

Palabras clave: *Protium*, Burseraceae, anatomía de la madera, tecnología de la madera.

ABSTRACT

This paper deals about macroscopic and microscopic wood anatomy of seven species from *Protium* genus (Burseraceae): *P. amazonicum*, *P. aracouchini*, *P. colombianum*, *P. copal*, *P. grandifolium*, *P. robustum* and *P. sagotianum*. According wood anatomy, some relations were established about wood processing and utilization. Some species have silica inclusions and is necessary reforzed cutting tools. Tylosis was observed in all the samples and its presence affect wood permeability, seasoning and preservation. The seven species studied are very similars in wood anatomy.

Key words: *Protium*, Burseraceae, wood anatomy, wood technology.

INTRODUCCIÓN

La familia Burseraceae esta constituida por, aproximadamente, 18 géneros y 540 especies de distribución tropical las cuales se incluyen en tres subfamilias: Protieae, Bursereae y Canarieae (Mabberley, 1990). Según Veillon (1994), en Venezuela se encuentran especies arbóreas correspondientes a cinco géneros: *Bursera*, *Dacryodes*, *Protium*, *Tetragastris* y *Trattinickia*. Desde el punto de vista de estructura anatómica de la madera, se han realizado descripciones a nivel de familia (Record y Hess, 1949; Metcalfe y Chalk, 1950) y de algunas especies pertenecientes a diferentes géneros. El género *Protium* Burm. f. es uno de los más amplios de la familia Burseraceae e incluye cerca de 146 especies (Daly, 1992) distribuidas en América tropical, Madagascar y Malasia (Mabberley, 1990). Uno de los principales centros de distribución del género

Protium es la Guayana venezolana, donde se encuentran 38 especies de las cuales seis son endémicas (Daly, 1992). Algunas especies de este género han sido estudiadas con respecto a la anatomía del xilema, presentándose descripciones macroscópicas y/o microscópicas de *Protium aracouchini* (Pérez M., 1981; Omaña, 1984), *P. copal* (Gómez, 1982; Barajas, Ángeles y Solís, 1997), *P. cubense* (Carreras y Dechamps, 1995), *P. crenatum* (Omaña, 1984; Espinoza de Pernía, 1991; Taquire, 1996; INIA, 1996; Espinoza de Pernía y León, 1996), *P. decandrum* (Kribs, 1968; Omaña, 1984; Nardi y Edlmann, 1992), *P. fragans* (Carrera y Dechamps, 1995), *P. glabrescens* (Pérez M., 1981; Omaña, 1984), *P. grandifolium* (Pérez M., 1981), *P. guianensis* (Pérez M., 1981; Omaña, 1984; Nardi y Edlmann, 1992), *P. heptaphyllum* (Loureiro y

Freitas da Silva, 1968; Roa, 1973; Tomazello, Peres y Vieitez, 1983; Omaña, 1984; Manieri y Peres, 1989; Nardi y Edlmann, 1992), *P. nodulosum* (Pérez M., 1981; Omaña, 1984), *P. pedicellatum* (Pérez M., 1981; Omaña, 1984), *P. puncticulatum* (Loureiro y Freitas da Silva, 1968; Tomazello, Peres y Vieitez, 1983), *P. robustum* (Pérez M., 1977), *P. sagotianum* (Kribs, 1968), *P. schomburgkianum* (Pérez M., 1977; Omaña, 1984), *P. tenuifolium* (Londoño, 1967; Omaña, 1984).

En el presente trabajo se realizará la descripción anatómica, macroscópica y microscópica, de la madera en las especies *Protium amazonicum*, *P. aracouchini*, *P. colombianum*, *P. copal*, *P. grandifolium*, *P. robustum* y *P. sagotianum*. En función de las características estudiadas se establecerán las posibles incidencias de la estructura anatómica de la madera sobre aspectos de tecnología, en cuanto a procesamiento y utilización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio esta constituido por muestras de madera de siete especies del género *Protium* Burm. f. (Cuadro 1) las cuales pertenecen a la xiloteca MERv del Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes (Mérida-Venezuela).

La preparación de material para el estudio microscópico se realizó de acuerdo a la metodología utilizada en el Laboratorio de Anatomía de Maderas de la Universidad de Los Andes (Corothie, 1967). Para la preparación de macerados se utilizó la metodología de Franklin (1937). La descripción de las muestras se hizo tomando en consideración lo estipulado por IAWA Committee (1989). En la determinación de color se utilizó la Tabla de Colores para Suelos de Munsell (1975).

Cuadro 1. Lista de especies estudiadas.

Nombre científico	Muestra de xiloteca
<i>Protium amazonicum</i>	X4882
<i>Protium aracouchini</i>	X2239, X5686
<i>Protium colombianum</i>	X3449
<i>Protium copal</i>	X1693
<i>Protium grandifolium</i>	X2485, X4370
<i>Protium robustum</i>	X221
<i>Protium sagotianum</i>	X3874, X5089, X5858

RESULTADOS

Descripciones anatómicas

Protium amazonicum (Cuatrec.) Daly (X4882)

Paraprotium amazonicum Cuatrec.

Protium fimbriatum Swart

Distribución geográfica: Ecuador, Perú, Venezuela (MBG 2001).

Madera de color amarillo pálido (2.5 Y 8/4) sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre mediano. Textura fina. Grano recto a ligeramente entrecruzado. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por engrosamiento y reducción del diámetro radial de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3 (-4), 12 poros por mm², con diámetro tangencial de (80-) 101 (-130) µm. Longitud de elementos vasculares de (315-) 450 (-590) µm. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, con diámetro de 5-7 µm. Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducidas o aparentemente simples, redondeadas y alargadas horizontalmente. Punteaduras ornadas ausentes. Engrosamientos espiralados ausentes. Tíldes presente (Figura 1a). Fibras septadas, paredes delgadas (Figura 1a) a medianas, longitud de (795-) 968 (-1175) µm, punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, en series de 2-5 células. Parénquima no lignificado ausente. Radios heterocelulares con 1-2 rutas de células marginales (Figura 1b), 5-9 radios por mm lineal, exclusivamente uniseriados, altura de (320-) 400 (-500) µm. Radios de dos tamaños ausentes. Radios agregados ausentes. Células envolventes ausentes. Células tipo baldosa ausentes. Células radiales perforadas ausentes. Parénquima radial disyuntivo presente, bien definido; también en el parénquima axial. Estructura estratificada ausente. Cristales prismáticos en células procumbentes de los radios (Figura 1b), pocos, un cristal por célula. Sílice presente (Figura 1b) y abundante en las fibras, parénquima axial y radial. Células oleíferas ausentes. Canales intercelulares ausentes. Tubos taniníferos y laticíferos ausentes. Floema incluso ausente.

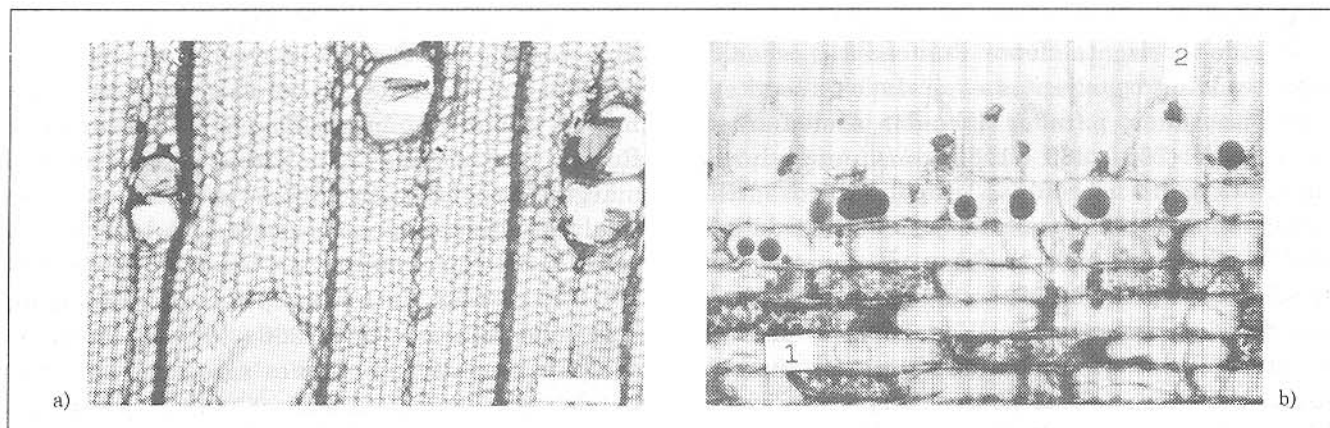


Figura 1. *Protium amazonicum*. a) Poros con tílides, fibras de paredes delgadas (Barra = 100 μm). b) Radio heterocelular, cristales (1) y sílice (2) (Barra = 50 μm).

Protium aracouchini (Aubl.) Marchand (X2239, X5686)

Icica aracouchini Aubl.

Protium aracouchini var. *angustifolium*

Distribución geográfica: Costa Rica, Panamá, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, en los estados Bolívar y Amazonas (MBG 2001).

Madera de color blanco rosáceo (7.5YR 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre mediano. Textura fina. Grano recto. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos por reducción del diámetro radial y engrosamiento de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4 (-7), algunos arracimados, 17-23 poros por mm^2 , con diámetro tangencial de (65-) 86-112 (-140) μm . Longitud de elementos vasculares de (200-) 371-408 (-680) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, algunas veces poligonales, medianas, con diámetro de 6,25-10 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducidas o aparentemente simples, redondeadas y alargadas horizontalmente. Punteaduras ornadas ausentes. Engrosamientos espiralados ausentes. Tílides presente, ocasionalmente depósitos de goma. Fibras septadas, paredes delgadas a medianas, longitud de (770-) 913-1043 (-1280) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado; en series de 3-7 células. Parénquima no lignificado ausente. Radios heterocelulares con 1-2

rutras de células marginales, algunos homocelulares; 4-8 radios por mm lineal, 1-2 células de ancho, predominantemente biseriados, altura de (220-) 320-360 (-450) μm . Radios de dos tamaños ausentes. Radios agregados ausentes. Células envolventes ausentes. Células tipo baldosa ausentes. Células radiales perforadas ausentes. Parénquima radial disyuntivo presente y abundante, también en el parénquima axial. Estructura estratificada ausente. Cristales prismáticos en las células procumbentes y cuadradas o erectas de los radios, un cristal por célula. Sílice presente en las fibras, abundante (X2239) a escaso (X5686). Células oleíferas ausentes. Canales intercelulares ausentes. Tubos taniníferos y laticíferos ausentes. Floema incluso ausente.

Protium colombianum Cuatrec. (X3449)

Distribución geográfica: Colombia, Ecuador (MBG 2001).

Madera de color blanco (2.5Y 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre bajo a mediano. Textura fina. Grano recto. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3, 12 poros por mm^2 , con diámetro tangencial de (95-) 113 (-155) μm . Longitud de elementos vasculares de (290-) 456 (-625) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas a grandes, con diámetro de 7,5-11,25 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con are-

ola reducidas o aparentemente simples, redondeadas y alargadas horizontalmente. Punteaduras ornadas ausentes. Engrosamientos espiralados ausentes. Fibras septadas, paredes delgadas a medianas, longitud de (760-) 969 (-1180) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal escaso, en series de 2-5 células, ocasionalmente fusiforme. Parénquima no lignificado ausente. Radios heterocelulares con una ruta de células marginales, 5-7 radios por mm lineal, 1-2 células de ancho, predominantemente biseriados, altura de (340-) 529 (-830) μm . Radios de dos tamaños ausentes. Radios agregados ausentes. Células envolventes ausentes. Células tipo baldosa ausentes. Células radiales perforadas ausentes. Parénquima radial disyuntivo presente. Estructura estratificada ausente. Cristales prismáticos en las células procumbentes de los radios, pocos, un cristal por célula. Sílice ausente. Células oleíferas ausentes. Canales intercelulares ausentes. Tubos taniníferos y laticíferos ausentes. Floema incluso ausente.

Protium copal (Schltdl. & Cham.) Engl. (X1693)

Icica copal Schltdl. & Cham.

Icica palmeri Rose

Distribución geográfica: Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México, Panamá (MBG 2001).

Madera con albura de color rosado (7.5 YR 8/4) y duramen amarillo rojizo (7.5 YR 6/6); transición gradual entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre mediano. Textura fina. Grano recto. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3, algunos arracimados, 15 poros por mm^2 , con diámetro tangencial de (85-) 107 (-125) μm . Longitud de elementos vasculares de (190-) 357 (-495) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas, con diámetro de 7,5-8,75 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducidas o aparentemente simples, redondeadas y alargadas horizontalmente. Punteaduras ornadas ausentes. Engrosamientos espiralados ausentes. Tíldes presente. Fibras septadas (Figura 2), paredes delgadas a medianas, longitud de (720-) 963 (-1155) μm , punteaduras

indistintamente areoladas. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, en series de 2-5 células, ocasionalmente hasta 8 células. Parénquima no lignificado ausente. Radios heterocelulares con una ruta de células marginales (Figura 2), algunos homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con dos rutas de células marginales; 4-7 radios por mm lineal, 1-3 células de ancho, predominantemente biseriados, altura de (205-) 266 (-330) μm . Radios de dos tamaños ausentes. Radios agregados ausentes. Células envolventes ausentes. Células tipo baldosa ausentes. Células radiales perforadas ausentes. Parénquima radial disyuntivo presente y abundante, también en el parénquima axial. Estructura estratificada ausente. Cristales prismáticos en las células procumbentes y cuadradas o erectas de los radios, pocos, un cristal por célula. Sílice presente en las fibras, poco. Células oleíferas ausentes. Canales intercelulares ausentes. Tubos taniníferos y laticíferos ausentes. Floema incluso ausente.

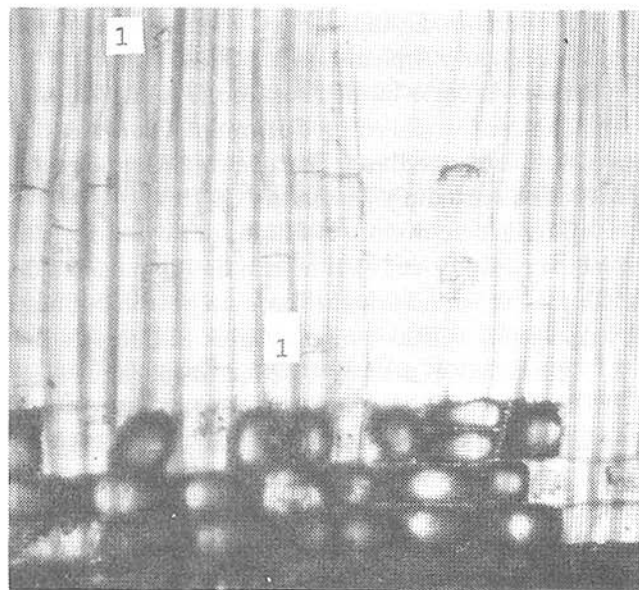


Figura 2. *Protium copal*. Radio heterocelular, fibras septadas, sílice (1). (Barra = 50 μm).

Protium grandifolium Engl. (X2485, X4307)

Protium llewelynii J.F. Mach.

Distribución geográfica: Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela (MBG, 2001)

Madera con albura de color blanco rosáceo (7.5 YR 8/2) y duramen castaño claro (7.5 YR 6/4),

transición gradual entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre mediano. Textura fina. Grano recto. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento definidos (Figura 3a) por reducción del diámetro radial y engrosamiento de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4, algunos arracimados, 12-21 poros por mm^2 , con diámetro tangencial de (70-) 92-106 (-135) μm . Longitud de elementos vasculares de (160-) 323-364 (-470) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas, con diámetro de 7,5-11 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducidas o aparentemente simples, redondeadas y alargadas horizontalmente. Punteaduras ornadas ausentes. Engrosamientos espiralados ausentes. Tíldes presente. Fibras septadas, paredes medianas a gruesas, longitud de (745-) 917-927 (-1120) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado, en series de 2-6 células. Parénquima no lignificado ausente. Radios heterocelulares con una ruta de células marginales, algunos homocelulares de células procumbentes; 4-8 radios por mm lineal, 1-2 células de ancho, predominantemente biseriados, altura de (160-) 300-330 (-505) μm . Radios de dos tamaños ausentes. Radios agregados ausentes. Células envolventes ausentes. Células tipo baldosa ausentes. Células radiales perforadas ausentes. Parénquima radial disyuntivo presente y abundante, también en el parénquima axial. Estructura estratificada ausente. Cristales prismáticos en las células procumbentes y cuadradas o erectas de los radios, un cristal por célula, ocasionalmente dos cristales por célula. Sílice presente en las fibras, radios y parénquima axial, abundante. Células oleíferas ausentes. Canales intercelulares ausentes. Tubos taniníferos y laticíferos ausentes. Floema incluso ausente.

***Protium robustum* (Swart) D.M. Porter (X221)**

Protium neglectum var. *robustum* Swart.

Distribución geográfica: Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela (MBG, 2001).

Madera de color blanco rosáceo (7.5YR 8/2), sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor

ausente. Lustre bajo. Textura fina. Grano recto. Blanda y liviana a moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento ligeramente definidos por reducción del diámetro radial y engrosamiento de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4, algunos arracimados, 19 poros por mm^2 , con diámetro tangencial de (80-) 104 (-120) μm . Longitud de elementos vasculares de (290-) 534 (-740) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas y poligonales, medianas, con diámetro de 7,5-8,75 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducidas o aparentemente simples, redondeadas y alargadas horizontalmente. Punteaduras ornadas ausentes. Engrosamientos espiralados ausentes. Tíldes presente. Fibras septadas, paredes delgadas a medianas, longitud de (960-) 1149 (-1360) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal escaso, en series de 3-5 células. Parénquima no lignificado ausente. Radios heterocelulares con una ruta de células marginales, algunos homocelulares de células cuadradas o erectas; 3-6 radios por mm lineal, exclusivamente uniseriados, altura de (210-) 411 (-505) μm . Radios de dos tamaños ausentes. Radios agregados ausentes. Células envolventes ausentes. Células tipo baldosa ausentes. Células radiales perforadas ausentes. Parénquima radial disyuntivo presente y abundante, también en el parénquima axial. Estructura estratificada ausente. Cristales prismáticos en las células procumbentes de los radios, un cristal por célula. Sílice ausente. Células oleíferas ausentes. Canales intercelulares ausentes. Tubos taniníferos y laticíferos ausentes. Floema incluso ausente.

***Protium sagotianum* Marchand**

Icica insignis Triana & Planch.

Protium insigne (Triana & Planch.) Engl.

Distribución geográfica: Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú, Surinam (MBG 2001).

Madera con albura de color blanco rosáceo (7.5YR 8/2) y duramen amarillo rojizo (5YR 6/6), transición gradual entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre mediano. Grano recto. Textura fina.

Anillos de crecimiento definidos a ligeramente definidos por reducción del diámetro radial y

engrosamiento de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-4, algunos arracimados, 10-19 poros por mm^2 , con diámetro tangencial de (70-) 97-133 (-175) μm . Longitud de elementos vasculares de (180-) 347-458 (-610) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, algunas veces poligonales, medianas a grandes, con diámetro de 7,5-11,25 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducidas o aparentemente simples, redondeadas y alargadas horizontalmente. Punteaduras ornadas ausentes. Engrosamientos espiralados ausentes. Tíldes presente. Fibras septadas, paredes delgadas a medianas, longitud de (675-) 804-1030 (-1315) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Traqueidas ausentes. Parénquima paratraqueal escaso, vasicéntrico delgado; en series de 3-6(-7) células. Parénquima no lignificado ausente. Radios heterocelulares con 1-2 rutas de células marginales, algunos homocelulares; 3-6 radios por mm lineal, 1-2 células de ancho (Figura 3b), predominantemente biseriados, altura de (190-) 248-423 (-720) μm . Radios de dos tamaños ausentes. Radios agregados ausentes. Células envolventes ausentes. Células tipo baldosa ausentes. Células radiales perforadas ausentes. Parénquima radial disyuntivo presente y abundante, también en el parénquima axial. Estructura estratificada ausente. Cristales

prismáticos en las células procumbentes y cuadradas o erectas de los radios, un cristal por célula. Sílice presente en fibras, parénquima radial y axial. Células oleíferas ausentes. Canales intercelulares ausentes. Tubos taniníferos y laticíferos ausentes. Floema incluso ausente.

Análisis cuantitativo

El análisis de las características cuantitativas se hizo mediante pruebas de Rangos Múltiples a 95 % de nivel de probabilidad con el fin de establecer si existen diferencias significativas entre los diferentes individuos estudiados con respecto al valor promedio de las características diámetro de poros, longitud de elementos vasculares y longitud de fibras. El estudio de este tipo de características es de gran importancia para aspectos relacionados con la tecnología de la madera.

Diámetro de poros

El diámetro promedio de los poros osciló entre 86,4 y 133,4 μm . El menor valor se observó en un individuo de *Protium aracouchini*, mientras que el mayor promedio lo presentó un individuo de *P. sagotianum*. Tomando en consideración las categorías establecidas por IAWA Committe (1989), el 36,36 % de los individuos se ubican en la categoría II y el 63,64 % en la categoría III (Figura 4). Sin embargo, de acuerdo a la prueba de rangos múltiples a un 95 %

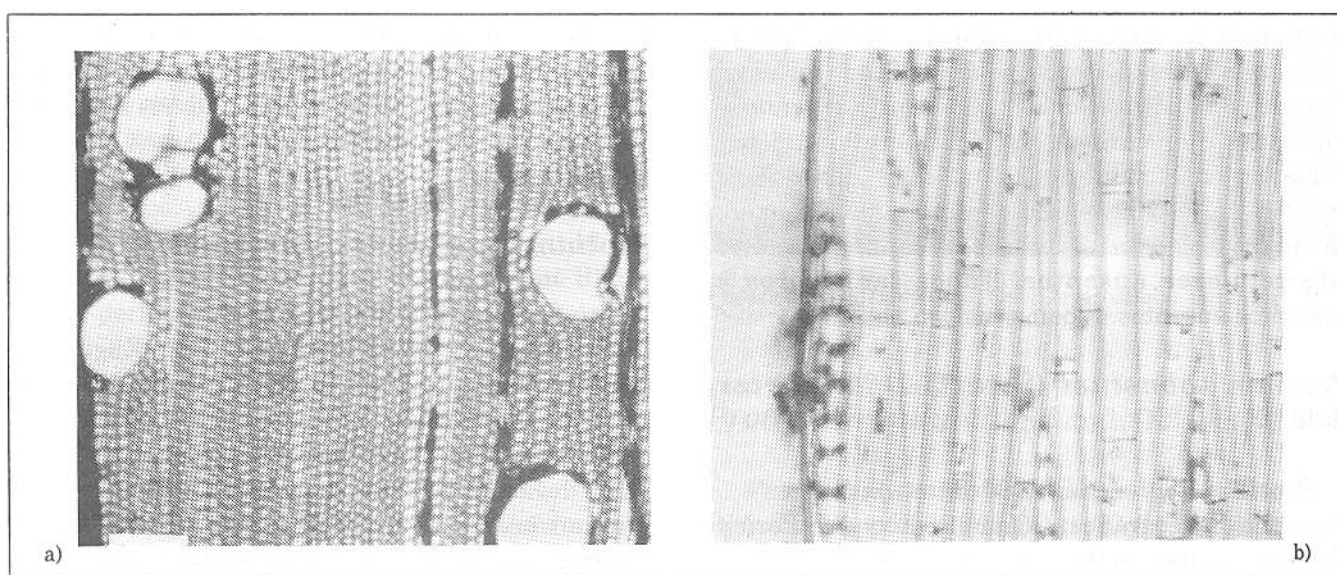


Figura 3. a) *Protium grandifolium*. Anillos de crecimiento definidos (Barra = 100 μm).
b) *Protium sagotianum*. Radios con 1-2 células de ancho, sílice (Barra = 50 μm).

de probabilidad, no existen diferencias significativas entre los individuos ubicados en la categoría II y III, es decir que estadísticamente todos los individuos estudiados se encuentran en la categoría III.

Longitud de Elementos Vasculares

La longitud promedio de los elementos vasculares osciló entre 323 μm , para *Protium grandifolium*, y 532,6 μm , para *P. robustum*. Tomando en consideración las categorías establecidas por IAWA Committee (1989), se tiene que el 18,18 % de los individuos se ubica en la categoría I y el 81,82 % se encuentra en la categoría II (Figura 5). La prueba de rangos múltiples a 95% de nivel de probabilidad indica que no existen diferencias significativas, desde el punto de vista estadístico, entre la longitud promedio de *Protium grandifolium* (323 μm) y *P. sagotianum* (347,4 μm) con respecto a la de *Protium copal* (357 μm). Adicionalmente, para las especies que se ubican en la categoría I se estudiaron dos individuos y sólo uno de ellos se ubicó en la categoría I, mientras que el otro se ubicó en la categoría II. Esto indica que, desde el punto de vista estadístico, todas las especies estudiadas poseen elementos vasculares medianos, con longitud promedio que los ubica en la categoría II de IAWA Committee (1989).

Longitud de Fibras

El valor promedio de longitud de las fibras osciló entre 803 μm , en *P. sagotianum*, y 1149,4 μm , en *P. robustum*. En relación a las categorías establecidas por IAWA Committee (1989), el 9,09 % de los individuos se ubica en la categoría I y el 90,91 % restante en la categoría II (Figura 5). El único individuo ubicado en la categoría I fue de la especie *P. sagotianum* y esto se mantuvo tanto a nivel de valor absoluto como a nivel estadístico. Sin embargo, el otro individuo de esa misma especie se ubicó en la categoría II con una longitud promedio de fibras de 1030,2 μm . La razón por la que se obtiene esta diferencia entre individuos de la misma especie se debe a que una de las muestras fue tomada en un individuo de poco diámetro y la medición de longitud de fibras se corresponde a un sitio cercano a la médula. Si tomamos en consideración el patrón de variación de la longitud de las fibras a lo ancho de una sección transversal, se tiene que las menores longitudes se presentan en las zonas cercanas a la médula y a medida que se avanza hacia las adyacencias de la zona cambial hay un incremento de la longitud de fibras hasta un punto a partir del cual tiende a mantenerse constante. En este caso particular, la ubicación de la muestra estudiada puede ser responsable de este comportamiento y el

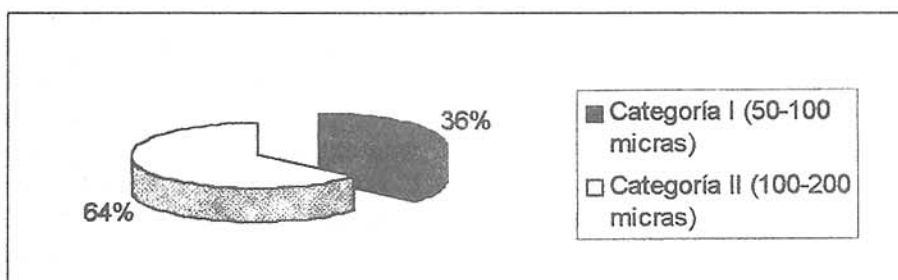


Figura 4. Proporción de individuos por categorías de diámetro de poros según IAWA Committee (1989).

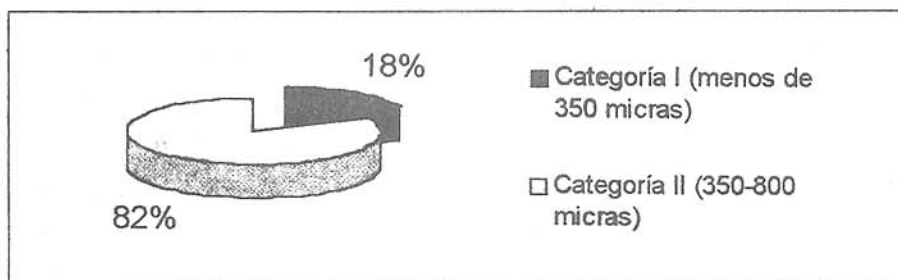


Figura 5. Proporción de individuos por categorías de longitud de elementos vasculares según IAWA Committee (1989).

mismo se repetiría en todos los individuos estudiados si la toma de muestra se hubiese realizado en esa posición.

Con respecto a descripciones anteriores de las especies incluidas en esta investigación, Gómez (1982) y Barajas M., Ángeles y Solís (1997) realizaron la descripción de *Protium copal* y no mencionan la presencia de cristales y sílice. En este estudio se observaron los dos tipos de inclusiones minerales en baja proporción. Igualmente, también se observó la presencia de parénquima radial disyuntivo, lo cual no había sido reportado. Gómez (1982) indica que esta especie presenta fibras con punteaduras claramente areoladas y esta observación no coincide con lo encontrado en el presente estudio ni con lo reportado por Barajas M., Ángeles y Solís (1997). Para *P. grandifolium* y *P. robustum*, Pérez (1977) y Pérez (1981) realizó la descripción macroscópica de dichas especies pero, en la bibliografía disponible, no se encontró información sobre aspectos de estructura microscópica. Kribs (1968) describió la especie *P. sagotianum* y no hace referencia sobre la presencia de sílice, la cual fue observada en el presente estudio y ha sido reportada por Welle (1976) y Espinoza de Pernía (1987). Sin embargo, Welle (1976) indica que la especie *P. aracouchini* no desarrolla inclusiones síliceas, esto no coincide con lo observado en el presente estudio donde el material estudiado de dicha especie presenta sílice en las fibras, lo cual también es reportado por Omaña (1984). Para las especies *P. amazonicum* y *P. colombianum* no se encontraron descripciones en la bibliografía disponible.

Con relación a los aspectos de tecnología de la madera, en las especies estudiadas se presentaron algunos elementos que inciden directamente sobre el procesamiento y utilización de las mismas: fibras de paredes delgadas a medianas, poros pequeños, poco parénquima y radios finos; esto incide de forma directa sobre el grado de dureza de la madera y sus propiedades de resistencia mecánica y estas especies pueden mostrar valores intermedios de resistencia mecánica lo cual indica que se pueden procesar, en la producción de madera aserrada, con herramientas cortantes cuyas características se corresponderían con los grupos energéticos II ó III (JUNAC, 1989). Sin embargo, en el caso de las especies *Protium amazonicum*, *P. aracouchini*, *P. grandifolium*, *P. sagotianum* y, en baja proporción, en *P. copal* se requiere el uso de herramientas reforzadas con estelite, debido a la presencia de sílice, para así

garantizar que no se produzca un desgaste acelerado de las herramientas cortantes. También se debe indicar que las diferentes especies incluidas en el presente estudio poseen una serie de características que indican que el comportamiento, en cuanto a propiedades físicas y mecánicas, debe ser homogéneo o uniforme. La presencia de poros de tamaño uniforme, radios finos, parénquima de tipo paratraqueal escaso y vasicéntrico delgado y la poca variación en el grosor de las paredes de las fibras son algunas de las características que indican la posible uniformidad de las propiedades físicas y mecánicas.

Las especies estudiadas se caracterizaron por presentar una alta proporción de poros obstruidos con tálides, lo cual afecta de forma negativa la permeabilidad de la madera y, por lo tanto, incide directamente y de forma negativa sobre procesos de secado y preservación. Adicionalmente, al tratarse de maderas de colores claros, en algunos casos sin transición entre albura y duramen, podría indicar que los extractivos que se depositan al ocurrir la transformación de albura a duramen presentan un bajo nivel de toxicidad para los agentes atacantes y, por lo tanto, es probable que sean maderas con baja durabilidad natural y que requieran de procesos de preservación. Burger y Richter (1991) indican que la presencia de extractivos que producen coloración oscura en la madera tienden a garantizar una mayor durabilidad de la misma. Esta posible baja durabilidad natural implica la aplicación de proceso de preservación y, por lo mencionado en cuanto a permeabilidad de la madera, se requiere que se utilicen técnicas que garanticen una buena penetración de la sustancia preservante.

Los valores de longitud de fibras indica que estas especies tiene fibras cuya longitud promedio se encuentra por debajo del promedio general para las latifoliadas: 1500 mm según Jane (1970) y JUNAC (1989). En general, tomando tanto los valores absolutos como los valores provenientes del análisis estadístico, se puede decir que las especies estudiadas están muy por debajo del promedio de las latifoliadas.

En cuanto a la posibilidad de aplicar recubrimientos superficiales o técnicas de encolado, Burger y Richter (1991) indican que las maderas de textura gruesa absorben grandes cantidades de las sustancias que le son aplicadas y esto afecta, de forma negativa, cualquier proceso que implique la aplicación de sustancias. En el caso de las especies estudiadas, la textura es, predominantemente, fina y esto podría

indicar que no deben ofrecer problemas en los procedimientos de recubrimientos y encolados. Adicionalmente, la ausencia de estructuras secretoras garantiza que no se eliminen sustancias que pueda interferir con el fraguado del adhesivo que se vaya aplicar. En cuanto a las tasas de contracción e hinchamiento de la madera, estas no deben ser muy altas por tratarse de especies con fibras de paredes delgadas a medianas, poco parénquima y radios finos.

Se debe indicar que la presencia de sílice, como ya se mencionó, afectaría negativamente el procesamiento de estas especies; pero podría incrementar la resistencia ante la acción de taladradores marinos lo cual indica que las especies estudiadas en donde se observó la presencia de sílice, especialmente *Protium amazonicum*, *P. aracouchini*, *P. grandifolium* y *P. sagotianum* podrían ser utilizadas en contacto con agua de mar (botes, pilotes marinos, etc.).

CONCLUSIONES

1. Las especies estudiadas muestran una estructura anatómica muy similar entre si lo cual dificulta su identificación en base a las características anatómicas del leño. Se observa similitud en aspectos tales como diámetro, agrupación y contenido de los poros; tipo de parénquima; ancho, altura y composición de los radios; tipo de fibras, presencia de parénquima axial y radial disyuntivo, presencia y tipo de cristales. En cuanto a características cuantitativas también se observa cierta homogeneidad entre las especies estudiadas.
2. La presencia de sílice se observó en *Protium amazonicum*, *P. aracouchini*, *P. copal*, *P. grandifolium* y *P. sagotianum*. Esto representa el 71,43 % de las especies estudiadas. El aserrado de estas especies debe realizarse mediante el uso de herramientas estelitadas para garantizar que no ocurra un desgaste excesivo de los filos cortantes.
4. El desarrollo de depósitos de tálides afecta de forma negativa la permeabilidad de la madera lo cual puede generar problemas en los procesos de secado y preservado.
5. El grosor de paredes de las fibras, ancho y altura de radios, tamaño de los poros, tipo y cantidad de parénquima muestran poca variación entre individuos de una misma especie y entre las diferentes especies estudiadas. Esto indica que puede existir cierta homogeneidad en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas de la madera.
6. De acuerdo a las características anatómicas observadas, la madera de estas especies podría ser adecuada para aquellos usos en donde se requieran propiedades de resistencia intermedias, en contacto con agua de mar, carpintería, instrumentos deportivos, chapas y contraenchapados.
7. Con relación a la estructura anatómica de la madera se presentan descripciones microscópicas para algunas especies las cuales, de acuerdo a la bibliografía disponible, no contaban con esa información: *Protium amazonicum*, *P. colombianum*, *P. grandifolium* y *P. robustum*; así como se incluyen nuevos aportes para las especies *P. aracouchini*, *P. copal* y *P. sagotianum*.
8. La presencia de parénquima axial y radial disyuntivo no había sido reportada para las especies estudiadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARAJAS M., J., G. ANGELES y P. SOLÍS. 1997. Anatomía de Maderas de México: Especies de una Selva Alta Perennifolia I. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Biología. *Publicaciones Especiales* N° 16. México D.F. 126 pp.
- BURGER, L. y H. RICHTER. 1991. *Anatomía da Madeira*. Livraria Nobel S.A., Departamento Editorial. Sao Paulo. 153 pp.
- GÓMEZ, R. 1982. Características Anatómicas de la Madera de Siete Especies Tropicales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. *Boletín Técnico* N° 86. México D.F. 55 pp.
- CARRERA, R. y R. DECHAMPS. 1995. *Anatomía de la Madera de 157 Especies Forestales que Crecen en Cuba y sus Usos Tecnológicos, Históricos y Culturales*. Musee Royal de L'Afrique Centrale. Documentation Sciences Economiques. Vol. 9. Tervuren, Belgique.
- COROTHIE, H. 1967. *Estructura Anatómica de 47 Maderas de la Guayana Venezolana y Clave para su Identificación*. Universidad de Los Andes y Ministerio de Agricultura y Cría. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. 125 pp.

- DALY, D. 1992. New Taxa and Combinations in *Protium* Burm. f. Studies in Neotropical Burseraceae VI. *Brittonia* 44: 280-299.
- ESPINOZA DE PERNÍA, N. 1991. *Estudio de Nueve Especies Venezolanas para la Producción de Chapas Decorativas*. Universidad de Los Andes. Talleres Gráficos. Mérida, Venezuela.
- _____. 1987. Cristales y Sílice en Maderas Dicotiledóneas de Latinoamérica. *Revista Pittieria* N° 15: 13-65.
- ESPINOZA DE PERNÍA, N. y W. LEÓN. 1996. Estudio Xilológico de *Protium crenatum* Sandw. (*Burseraceae*). *Revista Pittieria* N° 25: 35-41.
- FRANKLIN, G. 1937. Permanent Preparations of Macerated Wood Fibres. *Tropical Woods* No. 49: 21-22.
- IAWA Committe. 1989. IAWA List of Microscopic Features for Hardwood Identification. *IAWA Bull.* n.s. 10: 219-332.
- INIA. 1996. *Manual de Identificación de Especies Forestales de la Subregión Andina*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Editorial Stella. Lima, Perú. 489 pp.
- JUNAC. 1989. *Manual del Grupo Andino para Aserrijo y Afilado de Sierras Cintas y Sierras Circulares*. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú.
- KRIBS, D. 1968. *Commercial Foreign Woods on the American Market*. Dover Publications Inc. New York. 241 pp.
- LONDOÑO, A. 1967. *Estructura Anatómica de 20 Maderas Colombianas y Clave para su Identificación*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Tesis de Grado (Sin publicar). Mérida, Venezuela. 77 pp.
- LOUREIRO, A. y M. FREITAS. 1968. *Catálogo das Madeiras da Amazonia*. Ministerio do Interior. Superintendencia do Desenvolvimento da Amazonia. Belém. 433 pp.
- MABBERLEY, D. 1990. *The Plantbook*. Cambridge University Press. Cambridge.
- MBG. 2001. *Missouri Botanical Garden: W³ Tropics*. <http://mobot.mobot.org/W3T/Search/vast.html>
- MANIERI, C y J. PERES. 1989. *Fichas de Características Brasileiras*. Instituto de Pesquisas tecnológicas. Divisao de Madeiras. Sao Paulo. 418 pp.
- METCALFE, C. y L. CHALK. 1950. *Anatomy of the Dicotyledons*. Vol. II. Clarendon Press. Oxford.
- MUNSELL SOIL COLOR CHARTS. 1975. MacBeth Division of Kollmorgan Corporation. Baltimore, Maryland.
- NARDI, R. y M. EDLMANN. 1992. *Legnami Tropicali Importanti in Italia. Anatomia e Identificazione. Volume II: America Latina*. Instituto di Assesamento e Tecnologia Forestale. Università di Firenze. CNR. Firenze. 320 pp.
- OMANA, S. 1984. *Anatomía de Algunas Maderas de las Anacardiaceae y Burseraceae*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal (Tesis de grado, sin publicar). Mérida, Venezuela. 55 pp.
- PÉREZ M., A. 1981. *Identificación Macroscópica de Algunas Maderas de Latinoamérica*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal (Trabajo de ascenso, sin publicar). Mérida, Venezuela. 83 pp.
- _____. 1977. *Identificación Macroscópica de Algunas Maderas de la Guayana Venezolana*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 57 pp.
- RECORD, S. y R. HESS. 1949. *Timbers of the New World*. Yale University Press. New Haven. 640 pp.
- TAQUIRE, A. 1995. *Relación entre Estructura Anatómica y las Propiedades Físico-Mecánicas de Tres Especies Forestales Procedentes de los Altos Llanos Occidentales de Venezuela*. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Centro de Estudios Forestales y Ambientales de Postgrado. Tesis de Maestría (Sin publicar). Mérida, Venezuela. 67 pp.
- TOMAZELLO, M., J. PERES y P. VIEITEZ. 1983. Madeiras de Especies Florestais do Estado do Maranhao: II. Caracterizacao Anatomica. *IPEF* 23: 29-36.
- VEILLON, J. 1994. *Especies Forestales Autóctonas de los Bosques Naturales de Venezuela*. Instituto Forestal Latinoamericano. 2^{da} Edición. Mérida, Venezuela. 226 pp.
- WELLE, B. Ter. 1976. Silica Grains in Woody Plants of the Neotropics, Especially Surinam. In *Wood Structure in Biological and Technological Research*. Edited by P. Baas, A. Bolton & D. Catling. *Leiden Botanical Series* N° 3: 107-142.