

ESTUDIO ANATÓMICO DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES DEL GÉNERO *Brosimum* Sw. (MORACEAE) QUE CRECEN EN VENEZUELA

Wood anatomy of five species from Brosimum Sw. genus (Moraceae) in Venezuela

Williams J. León H.

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

RESUMEN

Se realizó el estudio anatómico de la madera de cinco especies del género *Brosimum* Sw. (Moraceae) que crecen en diferentes regiones geográficas de Venezuela. Las especies *B. alicastrum*, *B. guianense*, *B. lactescens*, *B. rubescens* y *B. utile* fueron descritas de acuerdo a lo estipulado por IAWA Committee (1989). En el caso de *B. utile* se incluyen dos subespecies. Las especies estudiadas mostraron una estructura bastante uniforme y algunas características que pueden mostrar utilidad para su separación es la presencia de cristales y tamaño de punteaduras. Esta última característica mostró diferencias entre especies a través de la prueba de Tukey al 99 % lo cual indica que puede ser considerada como confiable para la identificación.

Palabras clave: Moraceae, madera, tubos laticíferos, cristales, identificación.

ABSTRACT

Wood anatomy of five species from *Brosimum* Sw. genus growing in Venezuela were studied. A wood anatomical description, according to IAWA Committee (1989) are given for the following species: *B. alicastrum*, *B. guianense*, *B. lactescens*, *B. rubescens* and *B. utile* subsp. *ovatifolium*, *B. utile* subsp. *utile*. Wood structure is very similar between species and features like pits size and crystals presence can be useful for identification. Pits size was analyzed by Tukey test (99 %) and significative differences were obtained which could be a good feature for identification.

Key words: Moraceae, wood, laticifers tubes, crystals, identification.

INTRODUCCIÓN

La familia Moraceae comprende 37 géneros y 1050-1100 especies, la mayoría de las cuales se encuentran en los trópicos, se divide en 5 tribus: Moreae (10), Artocarpeae (22), Castilleae (42), Dorstenieae (78) y Ficeae (108). En el neotrópico la familia está representada por 19 géneros y cerca de 270 especies. En la flora de Venezuela se incluyen aproximadamente 90 especies indígenas. El género *Brosimum* pertenece a la tribu Dorstenieae, se distribuye en toda América tropical y comprende 15 especies. En Venezuela se ha colectado material correspondiente a siete especies: *Brosimum alicastrum* subsp. *bolivarense*, *B. lactescens*, *B. guianense*, *B. rubescens*, *B. melanopotamicum*, *B. utile* subsp. *utile*, *B. utile* subsp. *ovatifolium*, *B. potabile* (Berg y Simonis 2000), aunque Aristeguieta (2003) menciona la presencia de nueve especies que se distribuyen al norte y sur del Orinoco. La especie *Brosimum alicastrum* es la que presenta mayor amplitud de distribución y ha sido colectada en el 60 % de

los estados del país; mientras que especies como *B. rubescens*, *B. melanopotamicum*, *B. utile* subsp. *ovatifolium* y *B. potabile* restringen su distribución sólo hacia los estados Amazonas y Bolívar (Berg y Simonis 2000).

Desde el punto de vista de estructura anatómica se tienen algunas descripciones macroscópicas y/o microscópicas (Record y Hess, 1940; Bascopé, 1962; Kribs, 1968; Sosa, 1973; Paula, 1980; JUNAC, 1981; Détienne *et al.*, 1982; Huerta y Becerra, 1986; Manieri y Peres, 1989; Welle *et al.*, 1992; Nardi y Edlmann, 1992; Barajas *et al.*, 1997; INIA, 1996). En Venezuela sólo se tienen descripciones macroscópicas de *B. paraense* (Bascopé, 1962) y *B. alicastrum* (Espinoza de P. y León, 1994; León y Espinoza de P., 1995; León, 2002). A nivel microscópico se tiene información para *B. alicastrum*, León y Espinoza de P. (2001), JUNAC (1981) e INIA (1996) también presentan descripciones de esta especie utilizando material colectado en Venezuela.

Tomando en cuenta la poca información disponible sobre especies de este género en Venezuela, se

presenta la descripción anatómica de cinco especies del género *Brosimum* que crecen en diferentes regiones geográficas de nuestro país, lo cual representa el 71,43 % de las especies del género en Venezuela según Berg y Simonis (2000).

MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio está representado por muestras de madera del género *Brosimum* Sw. colectadas en diferentes localidades de Venezuela (Cuadro 1). La preparación del material de estudio se hizo aplicando las técnicas convencionales de microtecnología xilemática, utilizando el proceso de hervido en agua como medio de ablandamiento, micrótopo de deslizamiento para el corte y safranina como agente de coloración. La descripción se realizó tomando en consideración todas las características indicadas en IAWA Committee (1989), aún cuando en las descripciones de cada especie sólo se mencionen aquellas características que se manifiestan en condición de presentes. La preparación de macerados se hizo de acuerdo a lo indicado por Franklin (1937). Para el

análisis estadístico se utilizó el programa SPSS 10.0 bajo Windows. La toma de fotomicrografías se hizo con una cámara Pentax SXn acoplada a un microscopio Kyowa Medilux-12. La sinonimia botánica fue tomada de Berg y Simonis (2000).

RESULTADOS

Brosimum alicastrum Sw. subsp. *bolivarense* (Pittier) C.C. Berg

Brosimum alicastrum Sw., *Helicostylis bolivarenses* Pittier, *Brosimum bolivarense* (Pittier) Romero, *Helicostylis latifolia* Pittier, *Brosimum bernadetteae* Woodson, *Brosimum colombianum* S.F. Blake, *Brosimum uleanum* Mildbr., *Brosimum latifolium* Standl., Trop.

Madera de color amarillo, sin transición entre albura y duramen aunque ocasionalmente (X5656) se puede presentar un duramen de color marrón con transición abrupta albura-duramen. Olor y sabor ausente. Lustre alto a mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Dura y pesada.

Cuadro 1. Especies estudiadas, muestra de xiloteca y herbario, lugar de recolección.

Especie	Muestra Xiloteca MERw	Muestra Herbario MER y colector	Localidad de colección
<i>Brosimum alicastrum</i>	X3259	7023, Bernardi	Bolívar
	X1759	93, Conejos	Bolívar
	X5655	07-2Ba, Hernández	Barinas
	X5656	07-3Ba, Hernández	Barinas
	X5654	07-1Ba, Hernández	Barinas
	X5837		
	X4534	95, H. Gutiérrez	Barinas
	X1852	3972, Breteler	Barinas
<i>Brosimum guianense</i>	X123	1154, Bernardi	Barinas
	X888	12, Veillon	Barinas
<i>Brosimum lactescens</i>	X122	1155, Bernardi	Barinas
	X1832	3934, Breteler	Barinas
	X1848	3965, Breteler	Barinas
	X1850	3970, Breteler	Barinas
<i>Brosimum rubescens</i>	X3251	---	Yaracuy
<i>Brosimum utile</i> subsp. <i>ovatifolium</i>	X303	2907, Bernardi	Bolívar
	X5293	99-979 Marcano Berti	Amazonas
<i>Brosimum utile</i> subsp. <i>utile</i>	X3611	1, A. Chávez	Yaracuy

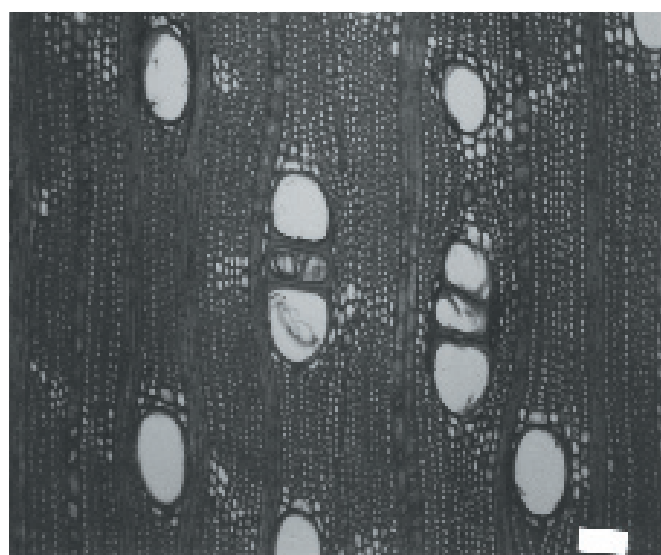
Anillos de crecimiento no definidos a ligeramente definidos por reducción del diámetro radial de las paredes de las fibras. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3(-4-6), 11-31 poros por mm², diámetro tangencial de (75-) 94-112 (-145) µm. Longitud de elementos vasculares (150-) 289-357 (-555) µm. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas a medianas, diámetro de 5-7,5 µm. Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, de forma redondeada o alargada y generalmente en la zona de contacto de células cuadradas o erectas con los vasos; ocasionalmente hay punteaduras radiovasculares en el área de contacto de células procumbentes con los vasos y tienden a ser similares a las intervasculares. Tíldes y esclerotíldes en los poros, ocasionalmente cristales (X5837) (Figura 1a). Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, longitud (930-) 1049-1291 (-1610) µm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina y extendida pudiendo llegar a formar bandas, confluyente, unilateral; en series de 2-4(-8) células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con 1-5(-7) rutas de células marginales, 5-10 radios por mm, 1-6 células de ancho, predominantemente 3-5 células; altura (275-) 408-708 (-1410) µm. Cristales prismáticos abundantes en células cuadradas o erectas, algunos en células procumbentes y ocasionalmente en

células parenquimáticas axiales, 1(-3) cristales por célula. Tubos laticíferos presentes (Figura 1b).

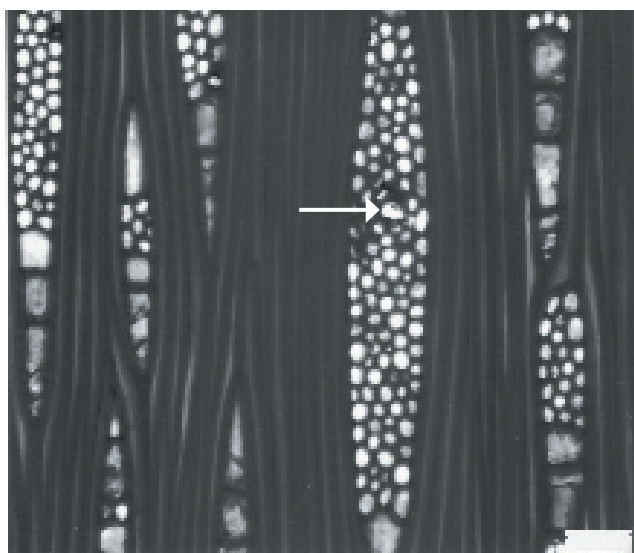
Brosimum guianense (Aubl.) Huber (X123, X888)
Piratinera guianensis Aubl., *Brosimum aubletii* Poepp. & Endl., *Alicastrum guianense* (Aubl.) Kuntze, *Brosimum discolor* Schott, *Piratinera discolor* (Schott) Pittier, *Piratinera panamensis* Pittier, *Brosimum panamense* (Pittier) Standl. & Steyerl., *Brosimum lecoinctei* Ducke, *Piratinera scabridula* S.F. Blake, *Piratinera velutina* S.F. Blake, *Brosimum velutinum* (S.F. Blake) Ducke, *Brosimum tesmannii* Mildbr., *Piratinera lemeei* Benoist, *Brosimum lemeei* (Benoist) Lemée, *Brosimum mollis* Killip, *Brosimum palmarum* Standl., *Brosimum rotundatum* Standl.

Madera de color amarillo, sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausentes. Lustre bajo a mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3(-5), 6-12 poros/mm², diámetro tangencial de (65-) 85-119 (-150) µm. Longitud de elementos vasculares de (215-) 355-366 (-620) µm. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, diámetro de 2,5-6,25 µm. Punteaduras radiovasculares distintas a



(a)



(b)

Figura 1. *Brosimum alicastrum*. (a) Cristal en los poros (Barra = 100 µm) (b) Tubo laticífero (Barra = 50 µm).

las intervascuales, con areola reducida o aparentemente simples. Tílices y esclerotílices presente. Fibras no septadas, paredes gruesas a muy gruesas, longitud de (1100-) 1306-1350 (-1790) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina y extendida, confluyente (Figura 2a), unilateral, pudiendo formar bandas discontinuas; en series de 3-4(-5) células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares con 1-4 rutas de células marginales, 4-9 radios por mm lineal, 1-4 células de ancho, predominantemente 2-3 células; altura de (300-) 421-475 (-800) μm . Cristales prismáticos en células cuadradas o erectas de los radios, abundantes, y en el parénquima axial (Figura 2b) pudiendo formar series parenquimáticas cristalíferas, 1(-2-3) cristales por célula o cámara. Tubos laticíferos presentes.

Brosimum lactescens (S. Moore) C.C. Berg (X122, X1832, X1848, X1850)

Brosimopsis lactescens S. Moore, *Brosimopsis oblongifolia* Ducke, *Brosimopsis diandra* S.F. Blake, *Brosimopsis amplifolia* Ducke, *Brosimum ojoche* Woodson, *Brosimum belizense* Lundell

Madera de color amarillo, sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausente. Lustre bajo a mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos a 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), algunos arracimados, 14-18 poros por mm^2 , diámetro tangencial de (65-) 101-113 (135) μm . Longitud de elementos vasculares de (200-) 303-345 (-440) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervascuales alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, diámetro de 2,5-5 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervascuales, con areola reducida o aparentemente simples, de forma alargada horizontalmente. Tílices presente (Figura 3a). Fibras no septadas, paredes medianas a gruesas, longitud de (900-) 1178-1218 (-1480) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina y extendida, confluyente, unilateral, algunas bandas discontinuas con menos de tres células de ancho, en series de 2-6 células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas y heterocelulares (Figura 3a) hasta con 6 rutas de células marginales; predominantemente 2-3 rutas, 5-10 radios por mm lineal, 1-6 células de ancho, predominantemente 4-5 (Figura 3b), en X1848 se presentan de 1-3 células de ancho y predominantemente biseriados; altura de (310-) 586-761 (-1125) μm . Tubos laticíferos presentes (Figura 3b), hasta dos tubos por radio.

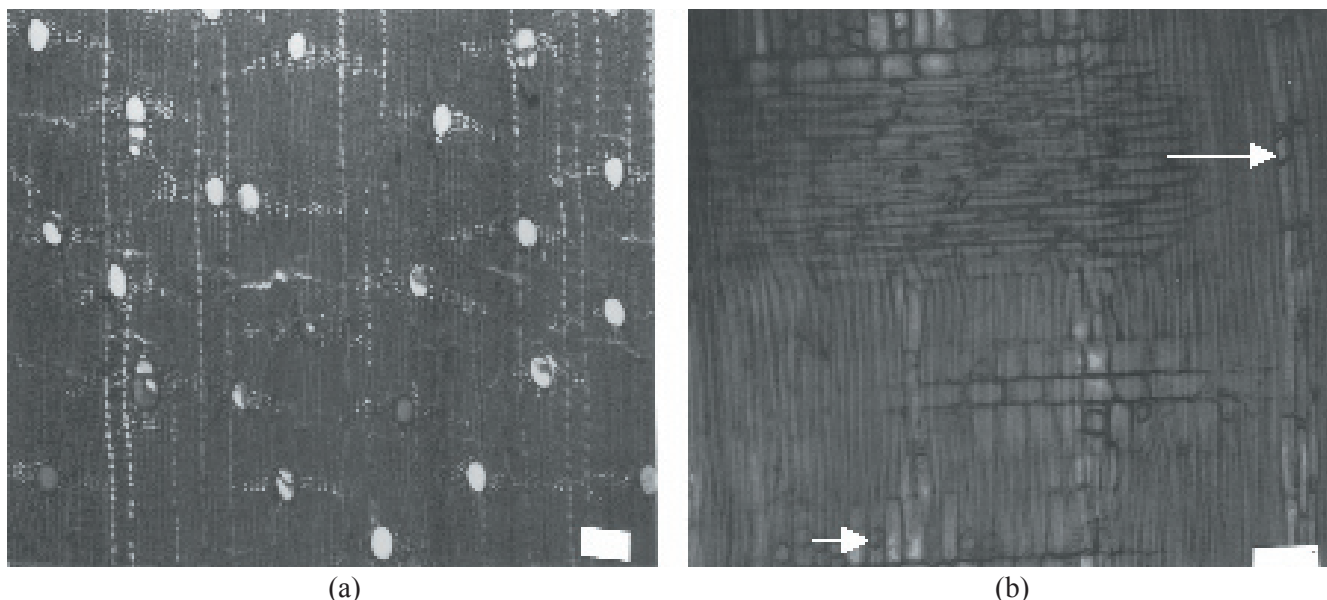


Figura 2. *Brosimum guianense*. (a) Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina y extendida, confluyente; poros con tílices (Barra = 200 μm). (b) Cristales en los radios y parénquima axial (Barra = 100 μm).

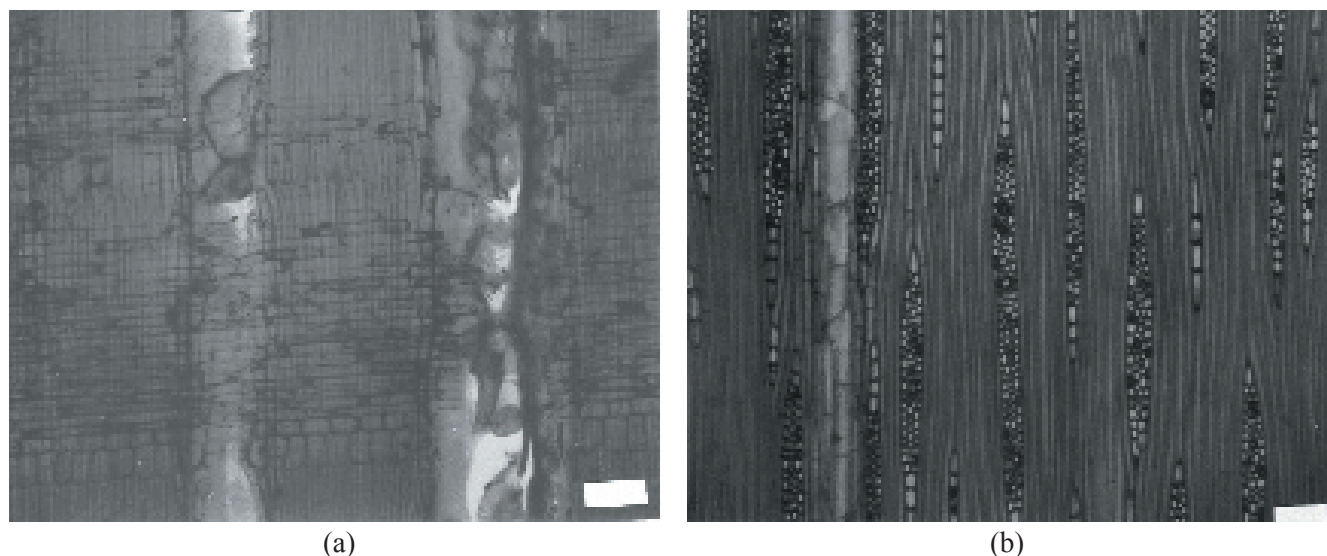


Figura 3. *Brosimum lactescens*. (a) Vaso con tñlides, radio heterocelular (Barra = 100 µm). (b) Tubos laticíferos (Barra = 100 µm).

Brosimum rubescens Taubert (X3521)

Alicastrum rubescens (Taubert) Taubert,
Piratinera rubescens (Taubert) Pittier,
Ferolia guianensis Aubl., *Brosimum paraense* Huber, *Piratinera paraensis* (Huber) Benoist, *Brosimum angustifolium* Ducke, *Brosimum lanciferum* Ducke, *Piratinera lancifera* (Ducke) Benoist, *Brosimum caloxylon* Standl., *Brosimum platyneurum* Ducke, *Brosimum longistipulatum* Ducke, *Brosimum brevipedunculatum* Ducke.

Madera con albura de color amarillo y duramen marrón rojizo, transición abrupta entre albura y duramen. Olor y sabor ausentes. Lustre mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Dura y pesada a muy dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3, 8 poros por mm², diámetro tangencial de (85-) 111 (150) µm. Longitud de elementos vasculares de (150-) 300 (-400) µm. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, pequeñas, diámetro de 5-6,25 µm. Punteaduras radiovasculares similares a las intervasculares. Tñlides, esclerotñlides y depósitos de goma en los poros. Fibras no septadas, paredes muy gruesas, longitud de (870-) 1064 (-1230) µm, punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina y extendida, confluyente, unilateral, algunas bandas discontinuas con menos de tres células de ancho, en

series de 3-6 células. Radios heterocelulares hasta con 6 rutas de células marginales, 4-6 radios por mm lineal, 3-6(-8) células de ancho, altura de (300-) 458 (-750) µm. Cristales prismáticos en células parenquimáticas radiales y en series parenquimáticas cristalíferas, un cristal por célula o cámara. Tubos laticíferos presentes. Abundantes depósitos gomosos en células parenquimáticas radiales y axiales.

Brosimum utile subsp. *ovatifolium* (Ducke) C.C. Berg (X303, X5293)

Brosimum ovatifolium Ducke, *Brosimum rigidum* Ducke, *Brosimum krukovii* Standl., *Brosimum pallescens* Ducke.

Madera de color amarillo sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausentes. Lustre mediano. Grano recto a entrecruzado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3 (-4), abundantes solitarios, 2-4 poros/mm², diámetro tangencial de (90-) 128-177 (-240) µm. Longitud de elementos vasculares de (180-) 358-463 (-760) µm. Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, ocasionalmente poligonales (X5293), medianas a grandes, diámetro de 8,75-11,25 µm. Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducida o aparentemente simple, redondeadas o alargadas horizontalmente. Tñlides y esclerotñlides presente.

Fibras no septadas, paredes medianas, longitud de (1010-) 1405-1417 (-1815) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina y extendida, confluyente, unilateral (Figura 4), bandas con menos de 3 células de ancho; en series de 2-4 células. Radios homocelulares de células cuadradas o erectas, ocasionalmente homocelulares de células procumbentes (X303) y heterocelulares con 1-3 rutas de células marginales, 3-6 radios por mm lineal, 1-5 células de ancho, altura de (440-) 615-820 (1180) μm . Tubos laticíferos presentes, hasta dos tubos por radio.

Brosimum utile* subsp. *utile (X3611)

Madera de color amarillo, sin transición entre albura y duramen. Olor y sabor ausentes. Lustre mediano. Grano recto a inclinado. Textura fina. Moderadamente dura y pesada.

Anillos de crecimiento no definidos. Porosidad difusa. Poros sin patrón definido de disposición, solitarios y múltiples radiales de 2-3, 4 poros/ mm^2 , diámetro tangencial de (140-) 166 (-185) μm . Longitud de elementos vasculares de (230-) 357 (-465) μm . Platinas de perforación simples. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, medianas a grandes, diámetro de 8,75-11,25 μm . Punteaduras radiovasculares distintas a las intervasculares, con areola reducida o aparentemente simple, redondeadas o alargadas horizontalmente; en algunas zonas se presentan como similares a las intervasculares. Tílides presente. Fibras no septadas, paredes medianas, longitud de (1000-) 1167 (-1340) μm , punteaduras indistintamente areoladas. Parénquima paratraqueal aliforme de ala fina y extendida, con-

fluyente, unilateral (Figura 5); en series de 2-4 células. Radios heterocelulares con 1-2(-3) rutas de células marginales, 4-6 radios por mm lineal, 1-4 células de ancho, predominantemente 3 células de ancho; altura de (410-) 670 (-945) μm . Cristales prismáticos en células cuadradas o erectas de los radios y en el parénquima axial, pocos, un cristal por célula. Tubos laticíferos presentes.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como es de esperar, al tratarse de especies de un mismo género, se observa una notable homogeneidad entre especies, aunque se presentan algunas características de interés que pueden servir para separar en base a la anatomía xilemática las cinco especies estudiadas. Desde el punto de vista de características macroscópicas hay una notable uniformidad, excepto en el caso de transición entre albura y duramen: la especie *Brosimum rubescens* presentó un duramen de color marrón oscuro y albura amarillenta, con una transición abrupta entre ambas zonas; mientras que el resto de las especies mostraron un color amarillo, sin transición entre albura y duramen. Record y Hess (1940) indican que las especies de *Brosimum* se pueden incluir en dos grupos; un primer grupo donde no hay transición albura-duramen y un segundo grupo donde se presenta un duramen oscuro con transición abrupta respecto al color de la albura; sin embargo señalan que esa clasificación no es muy confiable porque se pueden presentar casos donde algunas especies, como *B. utile*, las cuales no poseen transición al-

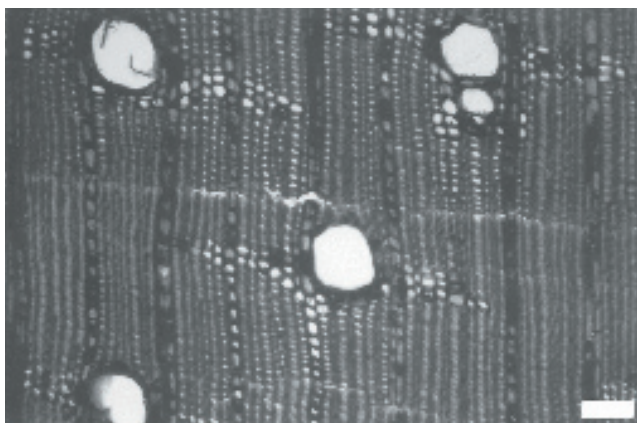


Figura 4. *Brosimum utile* subsp. *ovatifolium*. Parénquima paratraqueal aliforme, unilateral (Barra = 100 μm).

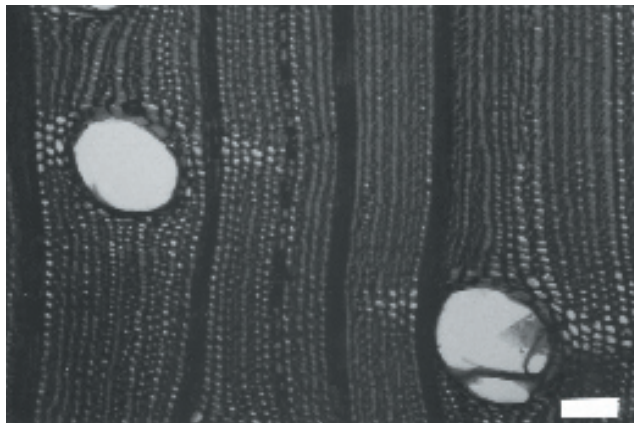


Figura 5. *Brosimum utile* subsp. *utile*. Parénquima paratraqueal aliforme, unilateral (Barra = 100 μm).

bura-duramen, ocasionalmente pueden desarrollar un duramen color oscuro como consecuencia de ubicarse en áreas cercanas a lesiones. El material estudiado confirma lo indicado por Record y Hess (1940) ya que en *B. alicastrum* se observó que la especie se caracteriza por no presentar transición albura-duramen, pero en una de las muestras se encontró un duramen oscuro y transición abrupta respecto a la zona de la albura.

A nivel microscópico se observó similitud en aspectos tales como tipo de porosidad, agrupación y disposición de poros, tipo de platinas de perforación y punteaduras intervasculares, características de las fibras en cuanto a la ausencia de septas, punteaduras y grosor de paredes. El tipo de parénquima encontrado en todas las especies fue paratraqueal aliforme de ala fina y extendida, confluyente y unilateral, pudiendo presentarse bandas finas y discontinuas. Respecto a los radios, predominantemente se encontraron de tipo heterocelular combinados con homocelulares de células cuadradas o erectas, hasta de 6 células de ancho y con tubos laticíferos.

En la diferenciación de especies, se observa que *Brosimum rubescens* fue la única en donde se mantuvo de manera constante el desarrollo de un duramen oscuro con transición abrupta albura-duramen; además fue la única especie que mostró el desarrollo de depósitos de goma, junto con tílides y esclerotílides, en los poros. Adicionalmente, la cantidad de depósitos gomosos en células parenquimáticas axiales y radiales es abundante y presenta, simultáneamente cristales en radios y parénquima axial, pudiendo estos últimos llegar a formar series parenquimáticas cristalíferas. Aún cuando se describió una sola muestra, la cual fue colectada en el estado Yaracuy, se hicieron comparaciones con material procedente de Guyana (X5486) y Brasil (X2443) con el fin de tener mayor precisión en cuanto a las características encontradas. La presencia de tílides, esclerotílides y goma en los poros, así como de cristales en los radios de *B. rubescens* ha sido reportada por Kribs (1968), mientras que Déttiene *et al.*, (1982) señala que además de la presencia de cristales en los radios, algunas veces se pueden presentar en el parénquima axial. *B. lactescens* y *B. utile* subsp. *ovatifolium* fueron las únicas especies estudiadas que no presentaron ningún tipo de cristal, aunque en *B. lactescens*, una de las muestras (X122) presentó cristales en baja proporción. Esto coincide con lo reportado por Welle *et al.*, (1992), quienes indican

que *B. lactescens* puede presentar ocasionalmente cristales en los radios. Respecto a *B. utile*, los reportes existentes son contradictorios: Kribs (1968) y Déttiene *et al.*, (1982) mencionan la presencia de cristales en los radios; mientras que JUNAC (1981) y Welle *et al.*, (1992) indican que dicha especie no presenta cristales. De acuerdo a lo observado en el presente estudio, en *B. utile* subsp. *ovatifolium* no se encontró ningún tipo de cristal, mientras que en *B. utile* subsp. *utile* se encontraron cristales, en baja cantidad, tanto en parénquima axial como radial. Tal vez la razón por la que se presentan contradicciones en los diferentes reportes mencionados se debe a que se está presentando información para las dos subespecies indicadas. En relación a *B. guianense*, se observó el desarrollo de cristales tanto en parénquima axial como radial, tal como lo indican Welle *et al.*, (1992). En *B. alicastrum*, Kribs (1968), Barajas *et al.*, (1997), Espinoza de P. (1987) y León y Espinoza de P. (2001) mencionan la presencia de cristales en los radios y sólo JUNAC (1981) y Welle *et al.*, (1992) indican que ocasionalmente se pueden presentar cristales en el parénquima axial, tal como se observó en el presente estudio. Adicionalmente se encontraron cristales en los poros.

En relación a las características cuantitativas se observó lo siguiente: El diámetro promedio de los poros osciló entre un promedio mínimo de 85,2 μm , en un individuo de *Brosimum guianense*, y 176,6 μm en uno de *B. utile* subsp. *ovatifolium* (Figura 6). El análisis de varianza y la prueba de Tukey a 99% de probabilidad indica que existen diferencias significativas entre individuos de una misma especie en *B. alicastrum*, *B. guianense* y *B. utile*. De acuerdo a las categorías establecidas por IAWA Committe (1989) y a los valores promedio absolutos observados en cada individuo, el 33,33 % se ubica en la categoría de poros pequeños (50-100 μm) y 66,67 % corresponden a poros medianos (100-200 μm). Sin embargo, la prueba de Tukey señala que no hay diferencias estadísticamente significativas entre los valores de los individuos de poros pequeños y medianos por lo que se puede decir que el 100 % de los individuos poseen poros medianos.

El diámetro de las punteaduras mostró un comportamiento en donde se varió desde individuos y especies con punteaduras desde diminutas hasta medianas. El análisis de varianza y la prueba de Tukey a 99% indica que existen diferencias entre individuos de una misma especie en *B. alicastrum*

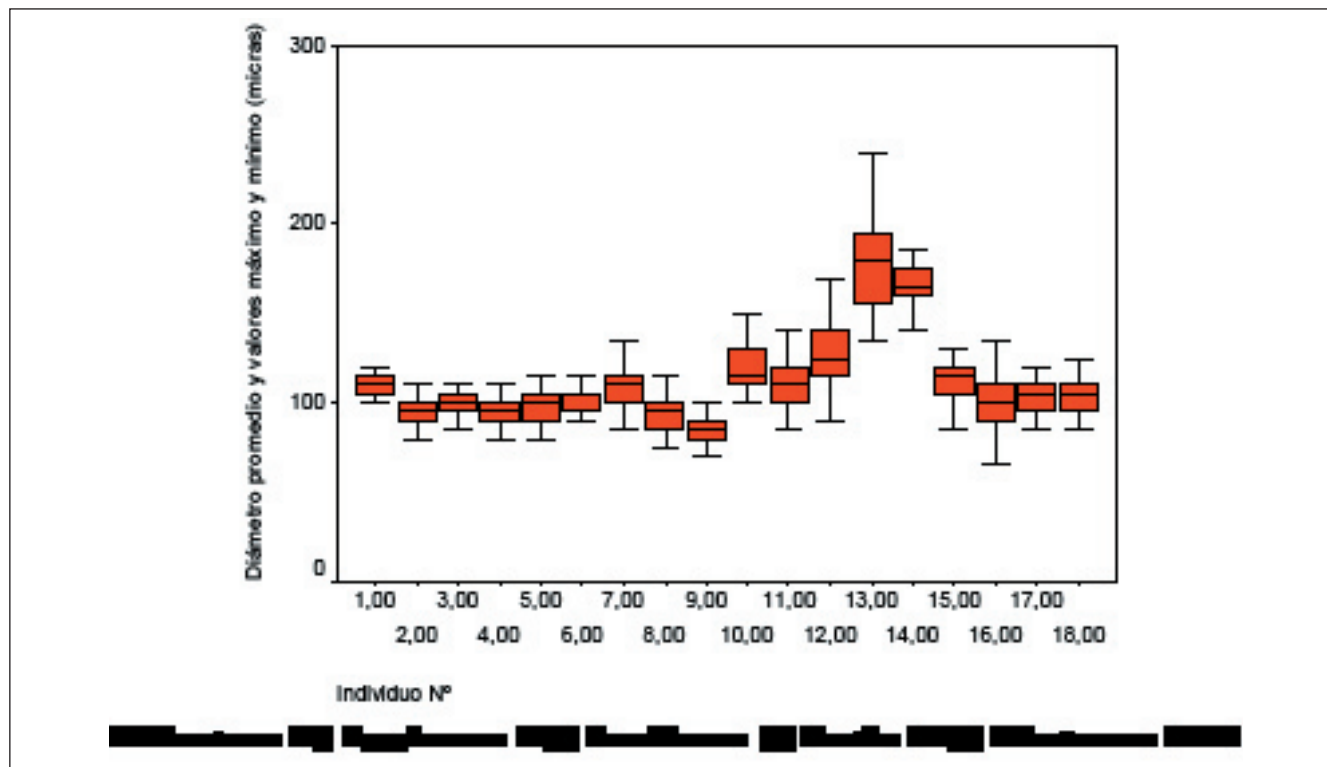


Figura 6. Diámetro promedio de los poros de cinco especies del género *Brosimum* Sw.

y *B. guianense*. Los comportamientos más uniformes se presentaron en las especies ubicadas en las categorías extremas: *B. lactescens*, con punteaduras diminutas, y las dos subespecies de *B. utile* con punteaduras de medianas a grandes.

La longitud de los elementos vasculares fue la característica cuantitativa que guardó mayor homogeneidad (Figura 7) observándose que la mayoría de los individuos tienden a formar un solo grupo y esto es confirmado por la prueba de Tukey la cual indica que sólo se forman dos grupos homogéneos: el primero corresponde a individuos con longitud de elementos vasculares de 289-366,2 μm y el segundo incluye sólo un individuo de *B. utile* subsp. *ovatifolium* con elementos vasculares cuya longitud promedio es de 462,6 μm , siendo esta la única donde se observaron diferencias significativas entre individuos de una misma especie. De acuerdo a las categorías establecidas por IAWA Committe (1989), el 66,67 % de los individuos tienen elementos vasculares cortos (< 350 μm) y todos estos individuos pertenecen a las especies *B. alicastrum*, *B. rubescens* y *B. lactescens*; mientras que el 33,33 % tienen elementos vasculares medianos (350-800 μm); incluyéndose en esta categoría individuos de *B. guianense* y *B. uti-*

le. Sin embargo, de acuerdo a la prueba de Tukey, todos los individuos se pueden considerar como de elementos vasculares cortos, exceptuando uno de *B. utile* subsp. *ovatifolium*.

La longitud promedio de las fibras varió entre un mínimo de 1049,48 μm en un individuo de *B. alicastrum* y un máximo de 1416,8 μm en un individuo de *B. utile* subsp. *ovatifolium* (Figura 8). Según el análisis de varianza y la prueba de Tukey a 99 % de probabilidad, existen diferencias significativas entre individuos de una misma especie sólo en el caso de *B. alicastrum*. El 100 % de los individuos se caracterizaron por poseer fibras medianas (900-1600 μm) de acuerdo a las categorías de IAWA Committe (1989).

En relación a la altura de radios, los valores promedio oscilaron entre 407,6 μm en un individuo de *B. alicastrum*, y 820,4 μm en *B. utile* subsp. *ovatifolium* (Figura 9). El análisis de varianza y la prueba de Tukey indican que hay diferencias significativas desde el punto de vista estadístico, pudiéndose diferenciar tres grupos: el primero incluye a los individuos con altura promedio de radios de 407,6-508,4 μm y esta representado por las especies *B. alicastrum*, *B. guianense* y *B. rubescens*;

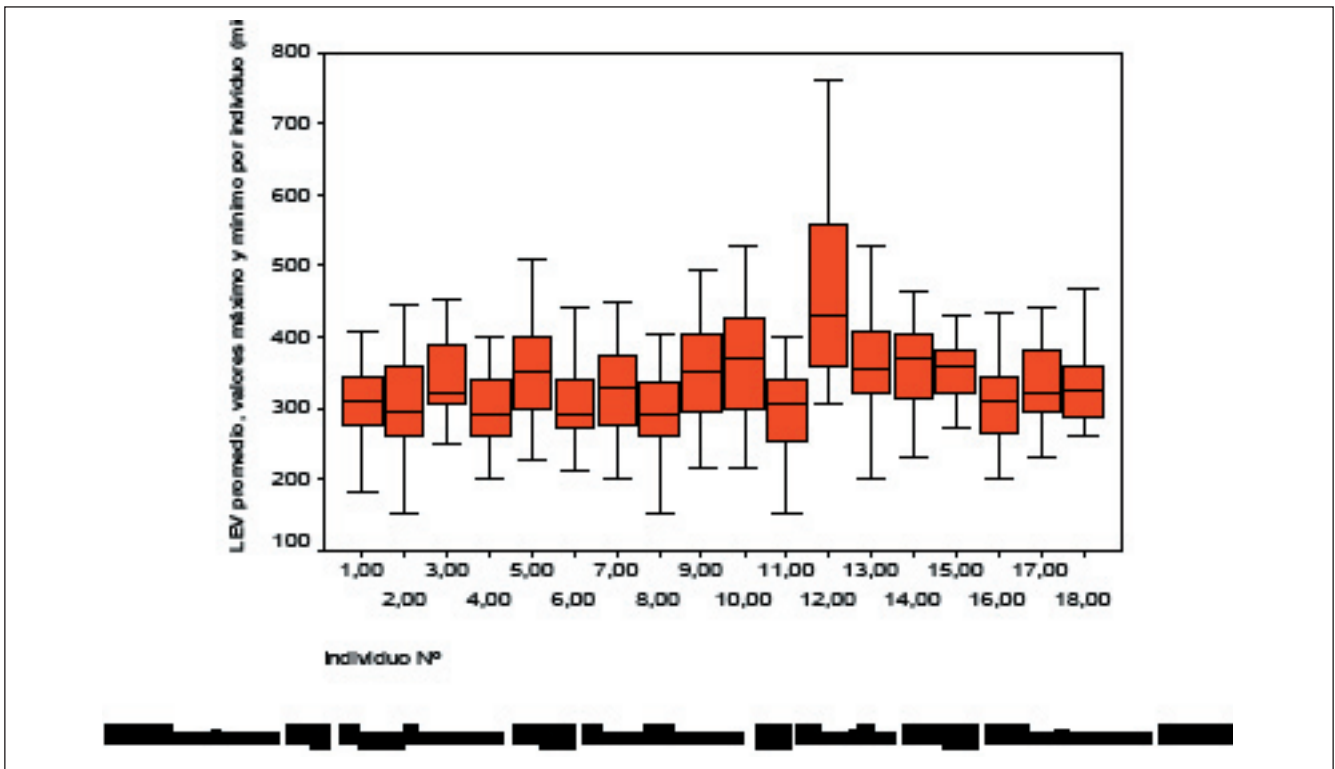


Figura 7. Longitud de elementos vasculares de cinco especies del género *Brosimum* Sw.

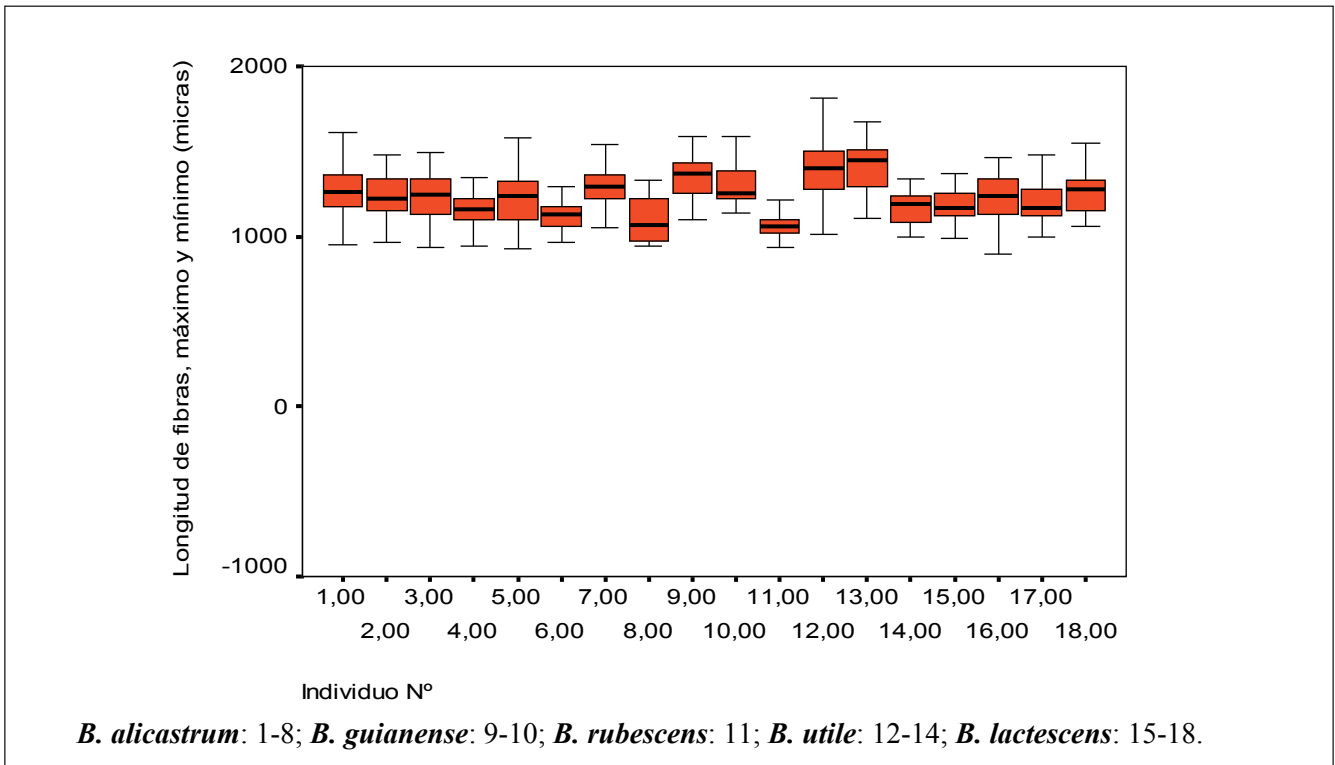


Figura 8. Longitud de fibras de cinco especies del género *Brosimum* Sw.

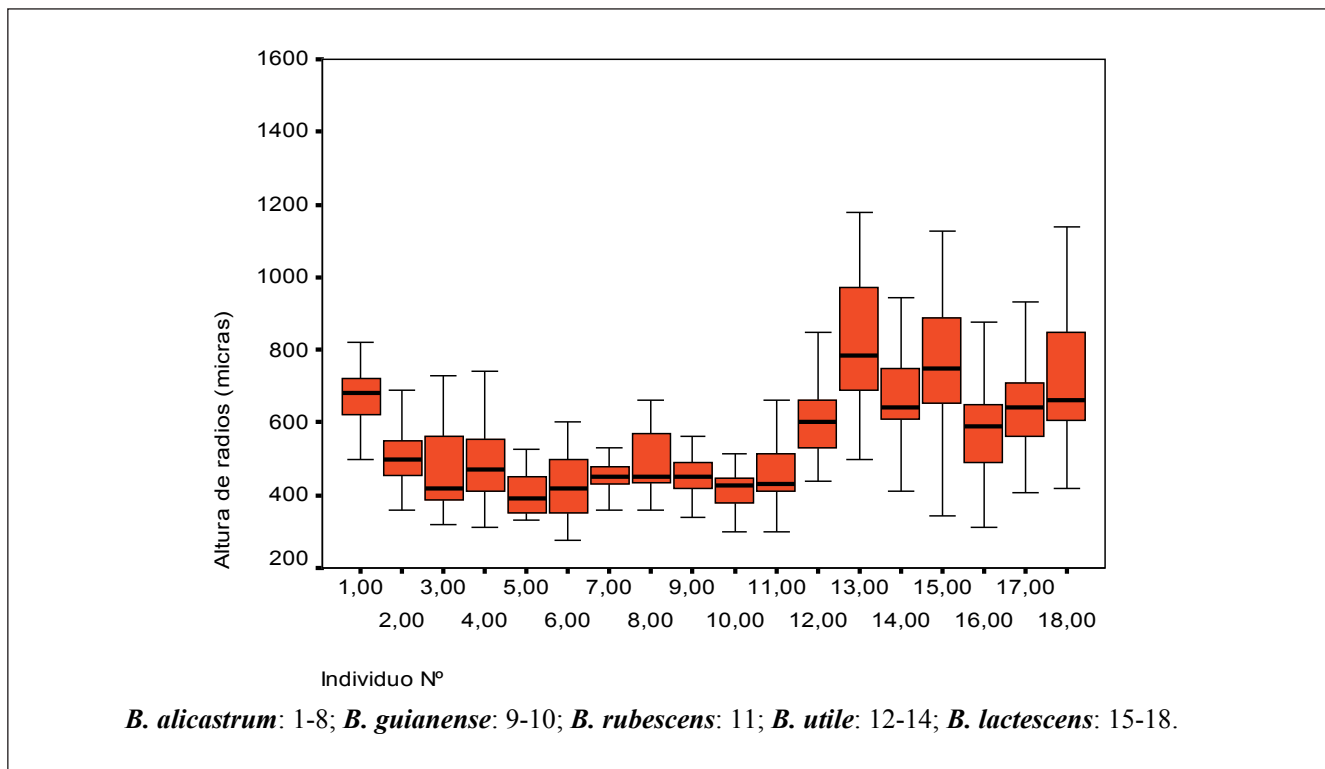


Figura 9. Altura de radios de cinco especies del género *Brosimum* Sw.

el segundo corresponde a individuos con altura de radios que oscila entre 586,4 y 726,8 μm e incluye individuos de *B. alicastrum*, *B. lactescens* y *B. utile* (las dos subespecies estudiadas); mientras que el tercer grupo sólo incluye sólo dos individuos pertenecientes a *B. lactescens* y *B. utile* subsp. *ovatifolium*.

Clave de identificación

- 1a. Cristales ausentes u ocasionalmente presentes 2
- b. Cristales presentes en parénquima radial y algunas veces en parénquima axial, escasos a abundantes 3
- 2a. Punteaduras intervasculares diminutas a pequeñas *Brosimum lactescens*
- b. Punteaduras intervasculares medianas a grandes *Brosimum utile* subsp. *ovatifolium*
- 3a. Depósitos gomosos en los poros, abundantes en células parenquimáticas axiales y radiales *Brosimum rubescens*

- b. Depósitos de goma ausentes en los poros, ausentes a escasos en células parenquimáticas axiales y radiales 4
- 4a. Punteaduras intervasculares grandes presentes, radios heterocelulares con 1-2(-3) rutas de células marginales, poros con diámetro promedio mayor de 150 μm *Brosimum utile* subsp. *utile*
- b. Punteaduras intervasculares grandes ausentes, radios heterocelulares con 3-4 rutas de células marginales comunes, poros con diámetro promedio menor de 120 μm 5
- 5a. Punteaduras intervasculares diminutas a pequeñas, radios predominantemente de 2-3 células de ancho, cristales algunas veces en parénquima axial pudiendo formar series cristalíferas *Brosimum guianense*
- b. Punteaduras intervasculares de pequeñas a medianas; radios predominantemente de 3-5 células de ancho, cristales ocasionalmente en parénquima axial pero sin llegar a formar series cristalíferas *Brosimum alicastrum*

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARISTEGUIETA, L. 2003. *Estudio dendrológico de la flora de Venezuela*. Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales. Caracas.
- BARAJAS, M., G. ÁNGELES y P. SOLÍS. 1997. *Anatomía de maderas de México: Especies de una selva alta perennifolia I*. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Publicaciones especiales 16. México D.F.
- BASCOPE, F. 1962. Clave de identificación macroscópica de algunas maderas dicotiledóneas de Latinoamérica. *Boletín del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigación y Capacitación* 9: 16-103.
- BERG, C. y J. SIMONIS. 2000. *Flora de Venezuela: Moraceae*. Fundación Instituto Botánico de Venezuela, Ed. Ricardo Riina. Caracas.
- DÉTTIENNE, P., P. JACQUET & A. MARIAUX. 1982. *Manuel d'Identification des bois tropicaux. Tome 3: Guyane Francaise*. Centre Technique Forestier Tropical. Marne, Francia.
- ESPINOZA DE P., N. y W. LEÓN H. 1994. *Descripción macroscópica de 42 maderas latifoliadas*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Departamento de Publicaciones. Mérida, Venezuela.
- FRANKLIN, G. 1937. Permanent preparations of macerated wood fibres. *Trop. Woods* 49: 21-22.
- HUERTA, J. y J. BECERRA. 1986. *Anatomía macroscópica y algunas características físicas de diecisiete maderas tropicales*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. México D.F.
- IAWA COMMITTEE. 1989. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull. n.s.* 10: 217 – 332.
- INIA. 1996. *Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina*. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Talleres gráficos de Asociación Editorial Stella. Lima.
- JUNAC. 1981. *Descripción general y anatómica de 105 maderas del grupo andino*. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima.
- KRIBS, D. 1968. *Commercial Foreign Woods in the American Market*. Dover Publications Inc, New York. 241 p.
- LEÓN H., W. 2002. *Anatomía e Identificación Macroscópica de Maderas*. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones-Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela.
- LEÓN H., W. y N. ESPINOZA DE P. 2001. *Anatomía de la madera*. Universidad de Los Andes. Consejo de Publicaciones-Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico. Mérida, Venezuela.
- LEÓN H., W. y N. ESPINOZA DE P. 1995. Descripción macroscópica y clave de identificación de 73 especies de la unidad experimental de la Reserva Forestal de Caparo (Edo. Barinas). Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales. COMODATO ULA_MARNR. *Cuaderno de COMODATO N° 24*. Mérida, Venezuela.
- MANIERI, C. & J. PERES. 1989. *Fichas de Características das Madeiras Brasileiras*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Sao Paulo, Brasil.
- NARDI, R. y M. EDLMANN. 1992. *Legnami tropicali importante in Italia: Anatomia e identificazione. Volume II: América Latina*. Universita de Firenze. Firenze.
- PAULA, J. de. 1980. Estudo anatomico das madeiras de *Virola sebifera* Aubl. e *Pseudobombax tomentosum* (Mart. et Zucc.) A. Robyns visando o seu aproveitamento tecnológico. *Brasil Florestal* 42: 35-52.
- RECORD, S. y R. HESS. 1940. American woods of the family Moraceae. *Trop. Woods* 61: 11-54.
- SOSA, J. 1973. *Estudio de la estructura anatómica y características dimensionales de 50 especies forestales del Peten*. Ministerio de Agricultura, Centro Técnico de Evaluación Forestal. Guatemala.
- WELLE, B. TER, K. BONSEN y P. DÉTTIENNE. 1992. *Flora of the Guianas: Moraceae Wood and timber*. Ed. A. Gorts van Rijn. Koeltz Scientific Books. Koenigstein