

# VARIABILIDAD DE LOS VASOS EN *Gmelina arborea* Roxb. (VERBENACEAE) PROVENIENTE DE PLANTACIONES DEL ESTADO PORTUGUESA (VENEZUELA)

*Variability in vessels of Gmelina arborea Roxb. (Verbenaceae)  
from plantations in Portuguesa State (Venezuela)*

Williams J. León H.<sup>1</sup> y María Alejandra Quintero M.<sup>2</sup>

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal,

<sup>1</sup>Departamento de Botánica, Laboratorio de Anatomía de Maderas. E-mail: wleon@ula.ve. <sup>2</sup>Departamento de Botánica y Ciencias Básicas. E-mail: mariaq@ula.ve. Mérida-Venezuela.

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo es conocer cómo varían las características de los vasos en la especie *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) procedente de plantaciones establecidas en la Finca La Yaguara (estado Portuguesa, Venezuela) de Smurfit Cartón de Venezuela. Se estudiaron seis individuos a cinco niveles de altura (0, 2, 4, 6 y 8 m) y en cinco posiciones a través de cada nivel de altura. Las características estudiadas fueron platinas de perforación, diámetro y frecuencia de vasos, diámetro de punteaduras intervasculares, proporción de vasos solitarios, proporción de tílides y longitud de elementos de los vasos. Las características que mostraron patrones de variación bien definidos fueron el diámetro de vasos, frecuencia de vasos, diámetro de punteaduras y proporción de tílides. En sentido transversal se observó una disminución de la cantidad de vasos y un aumento de su diámetro; mientras que el diámetro de punteaduras mostró una tendencia a incrementar desde las adyacencias de la médula hacia las adyacencias de la zona cambial. En dirección longitudinal, el diámetro de vasos y la longitud de los elementos vasculares aumentaron desde la base hasta 4-6 m de altura y a partir de ese punto se observó una tendencia a mantenerse constante. Los altos porcentajes de tílides indican que aproximadamente el 75% de la sección transversal en *Gmelina arborea* corresponde a duramen.

**Palabras clave:** variabilidad de la madera, elementos de conducción, vasos, tílides.

## ABSTRACT

This work tries about the variability of vessels features in *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) growing in plantations from Finca La Yaguara (Portuguesa state, Venezuela). Six trees were studied in five levels height (0, 2, 4, 6 y 8 m) and five positions in each level height. The features studied were perforations plates, diameter and frequency of vessels, diameter of intervessels pits, proportion of solitaires vessels and proportion of tyloses. Some features shows a well defined pattern: vessels diameter, vessels frequency, pits diameter and tyloses proportions. The high percentages of tyloses shows that near a 75% of cross section in *Gmelina arborea* is heartwood.

**Key words:** wood variability, conduction system, vessels, tyloses.

## INTRODUCCIÓN

Las características de los elementos de conducción ejercen una notable influencia sobre el crecimiento de los árboles y en la utilización de la madera. De acuerdo a cómo se distribuyan la cantidad, tamaño, grado de agrupación de vasos y características de las punteaduras y platinas de perforación, se pueden desarrollar sistemas de conducción que garanticen eficiencia o seguridad en la movilización de líquidos.

Desde el punto de vista tecnológico, la proporción de vasos obstruidos por tílides, el diámetro de los vasos y la frecuencia o número de vasos por mm<sup>2</sup> pueden ejercer influencia en aspectos relacionados con secado, preservación y propiedades de resistencia de la madera. Si se toma en consideración que la madera es el producto del crecimiento de un árbol, cualquier factor que influya sobre el proceso de crecimiento puede producir variaciones en las características de la madera producida. Pashin y de Zeeuw (1980) se-

ñalan que la variación en la madera surge debido a que la actividad del cambium se ve afectada por una serie de factores entre los cuales se incluyen la edad o el grado de madurez del cambium, factores ambientales como precipitación y temperatura, tratamientos silviculturales; así como también factores genéticos. Condiciones que afectan el crecimiento tales como el grado de competencia en un rodal o la fertilidad del suelo pueden ser causas que producen diferencias en la magnitud y patrón de variabilidad de la madera en árboles de una misma especie que crecen en el mismo rodal.

La especie *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) ha sido plantada en países de clima tropical debido a su alta tasa de crecimiento, resistencia al ataque de plagas y enfermedades y los cortos ciclos de rotación (Moya, 2005). SEFORVEN (1992) indica que en Venezuela, hasta principios de la década de los noventa, se tenía aproximadamente 5.000 ha plantadas con *Gmelina arborea* en los llanos occidentales del país, principalmente en las reservas forestales de Caparo y Ticoporo. En los últimos años, la empresa SMURFIT también ha establecido plantaciones de *Gmelina arborea* en el estado Portuguesa con el fin de utilizarla como fuente de materia prima en la producción de papel. González *et al.* (2004) mencionan que la superficie plantada en el país con ésta asciende a 10.000 ha. Las características de los elementos de conducción para *Gmelina arborea* están bien definidas en las diferentes descripciones que se han realizado y entre éstas se pueden mencionar los reportes de Kribs (1968), Moya (2005), León (2005) y Richter y Dallwitz (2006). Ohtani *et al.* (1989) hicieron un reporte inusual en *Gmelina arborea* al encontrar platinas de perforación reticuladas y foraminadas en material proveniente de plantaciones establecidas en Yunnan (China), observando entre 2 y 4% de platinas múltiples. León (2005) también reporta la presencia de platinas foraminadas en material proveniente de plantaciones de la Reserva Forestal de Ticoporo (estado Barinas, Venezuela). Respecto a la variabilidad de los elementos de conducción en *Gmelina arborea*, es muy poca la información disponible. Uno de los primeros trabajos fue el realizado por Akachuku (1985) estudiando la variación en la proporción de vasos utilizando material proveniente de plantaciones establecidas en Nigeria. Posteriormente, Ohbayashi y Shiokura (1989) estudiaron material de 15 años de edad y presentaron in-

formación relacionada con la longitud de los elementos vasculares, diámetro y frecuencia de poros. Más recientemente, Moya (2005) presentó datos sobre variación de algunos elementos anatómicos y densidad básica con material de plantaciones en Costa Rica, estudiando árboles provenientes de sitios secos y húmedos y sometidos a diferentes intensidades de tratamientos silviculturales. En Venezuela son pocos los trabajos sobre estructura de la madera que se han realizado en *Gmelina arborea* y el más reciente es el presentado por León (2005) donde reportó el desarrollo de cavidades intrusivas en fibras y parénquima. En ningún caso, con material plantado en Venezuela, se han estudiado aspectos de variabilidad de ninguno de sus componentes celulares y el presente trabajo tiene como objetivo determinar el patrón de variación de los vasos, en sentido radial y axial, para *Gmelina arborea* en plantaciones de Venezuela. Las características a estudiar son diámetro y frecuencia de vasos, diámetro de punteaduras, longitud de elementos de los vasos, platinas de perforación, proporción de vasos solitarios y proporción de tílides.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El material de estudio está representado por seis (6) individuos de *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae) provenientes de plantaciones en la Finca La Yaguara, estado Portuguesa (Cuadro 1), pertenecientes a la empresa Smurfit Cartón de Venezuela. El área de estudio se encuentra en la jurisdicción del Municipio Ospino, estado Portuguesa; entre las coordenadas 09° 10' y 09°28' de latitud norte y 69° 20' y 69°25' de longitud oeste. Los datos climatológicos indican una precipitación de 1400 mm/año, temperatura media anual de 25,8 °C, una evaporación de 1567 mm/año y una humedad relativa promedio anual de 68%. Los suelos son de textura variable y van desde franco arenosos hasta arcilloso-limosos, con una permeabilidad de lenta a moderada y buena retención de humedad durante casi todo el año. El promedio de elevación de esta finca oscila entre 150 y 600 msnm, presentando una topografía plana en casi toda su extensión, con ligeras elevaciones y depresiones (Querales, 2005). La plantación de *Gmelina arborea* objeto de estudio fue establecida en 1995 y para el momento de tumba contaba con nueve años de edad. Fue establecida

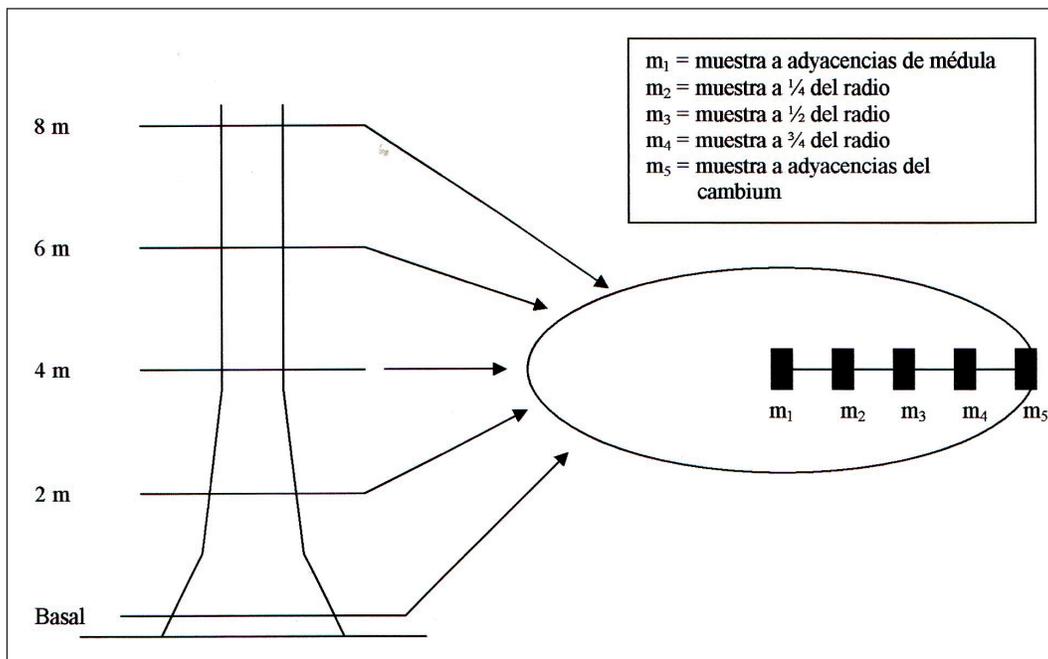
**Cuadro 1.** Características generales de árboles estudiados de *Gmelina arborea*.

Árbol, sección	Muestra Xiloteca	Diámetro (cm)	Radio mayor (cm)
1.a	X6422-a	33,5	20,4
1.b	X6422-b	24	12
1.c	X6422-c	20,2	9,7
1.d	X6422-d	21	10,4
1.e	X6422-e	15	8
2.a	X6423-a	41	19,7
2.b	X6423-b	27,6	14,2
2.c	X6423-c	25,7	12,8
2.d	X6423-d	16,6	10,8
2.e	X6423-e	18,8	10,2
3.a	X6424-a	31,3	16,4
3.b	X6424-b	25,1	15,2
3.c	X6424-c	21,1	12,1
3.d	X6424-d	18,7	10,3
3.e	X6424-e	16	8
4.a	X6425-a	34,7	20,6
4.b	X6425-b	22,5	12,5
4.c	X6425-c	16,8	9,1
4.d	X6425-d	20,5	8,6
4.e	X6425-e	14	6,8
5.a	X6426-a	35,2	19,1
5.b	X6426-b	23,7	11,8
5.c	X6426-c	23,3	11,9
5.d	X6426-d	18,3	9,7
5.e	X6426-e	16,8	8,6
6.a	X6427-a	50	25
6.b	X6427-b	32	15,5
6.c	X6427-c	27,4	15,8
6.d	X6427-d	24,1	12,8
6.e	X6427-e	22	12,2

con un distanciamiento de 3 x 3 m y no se le aplicó ningún raleo ni entresaca. Evaluaciones realizadas por Querales (2005) indican que las plantaciones de La Yaguara (9 años de edad) tienen una altura promedio de 20,63 m; diámetro a la altura de pecho de 19,41 cm; área basal de 32,29 m<sup>2</sup>/ha; volumen de 245,07 m<sup>3</sup>/ha y un porcentaje de sobrevivencia de 94,55%.

Cada árbol fue seccionado de manera de extraer secciones transversales o discos en la base, 2, 4, 6 y 8 m de altura (Figura 1). De cada sección transversal se tomaron muestras en las siguientes posicio-

nes: adyacencias de médula ( $m_1$ ),  $\frac{1}{4}$  del radio ( $m_2$ ),  $\frac{1}{2}$  del radio ( $m_3$ ),  $\frac{3}{4}$  del radio ( $m_4$ ) y en las cercanías de la zona cambial ( $m_5$ ) (Figura 1); para la ubicación de muestra se determinó el radio mayor de la sección transversal y sobre el mismo se ubicaron las cinco muestras siguiendo el criterio mencionado anteriormente. La selección del radio mayor se consideró como adecuada debido a que fue común encontrar excentricidad de la médula en todos los árboles estudiados. Para cada muestra se prepararon láminas siguiendo la metodología propuesta por Corothie (1967). No se requirió aplicar ningún tratamiento



**Figura 1.** Esquema para la ubicación de las secciones transversales a diferentes niveles de altura y muestras, en dirección radial, en cada sección.

especial al material de estudio ya que ofreció pocas dificultades para el ablandamiento, corte, coloración y montaje. También se preparó tejido macerado sumergiendo astillas de madera en una solución de ácido acético glacial y peróxido de hidrógeno (1:1) durante 12 horas a 60 °C. Las características estudiadas fueron: tipo de platinas de perforación, tamaño de punteaduras intervasculares, frecuencia de poros, diámetro de poros, longitud de elementos de los vasos, proporción de poros solitarios y proporción de tílides. Los criterios utilizados para la definición de cada una de las características estudiadas fueron los indicados por IAWA Committee (1989). En las características cuantitativas se determinaron las estadísticas básicas y se realizó análisis de varianza ( $\alpha = 0,05$ ) y prueba de diferencias de medias (Tukey), tanto para la variación en sentido radial como para la variación en sentido longitudinal. El análisis estadístico se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS 13.0. Es necesario indicar que para el estudio de la variación longitudinal, cada sección transversal se consideró como la unidad de trabajo y se agruparon los valores de cada una de las características estudiadas, sin discriminarlos por su posición dentro de la sección transversal. También se realizó un análisis de regresión múltiple con la finalidad de encontrar modelos que permitan pre-

decir el valor de las variables en estudio (diámetro de poros, diámetro de punteaduras, longitud de elementos vasculares, proporción de poros solitarios y proporción de tílides), a partir del nivel de altura y la distancia desde la médula hacia las adyacencias del cambium. Se ajustaron seis modelos de regresión, de acuerdo a la siguiente fórmula general:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + \beta_2 D + u \quad (1)$$

donde  $Y$  es una de las variables en estudio (diámetro de poros, diámetro de punteaduras, longitud de elementos vasculares, proporción de poros solitarios y proporción de tílides);  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  y  $\beta_2$  son los parámetros de regresión a estimar;  $A$  es el nivel de altura del árbol;  $D$  es la distancia; y  $u$  es el error aleatorio.

Adicionalmente se formularon modelos de regresión lineal simple, utilizando como variable independiente la distancia y manteniendo fijo el valor de la altura:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 D + u \quad (2)$$

De esta forma se ajustó un modelo de regresión para cada una de las variables en estudio y para cada valor de la altura (0,3, 2, 4, 6 y 8 m).

Asimismo se aplicó análisis de regresión lineal para ajustar las variables diámetro de poros, diámetro de punteaduras, longitud de elementos vasculares, proporción de poros solitarios y proporción de tílides, en función de la altura, utilizando sólo las observaciones más cercanas a la médula ( $d=0$ ), de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 A + u \quad (3)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

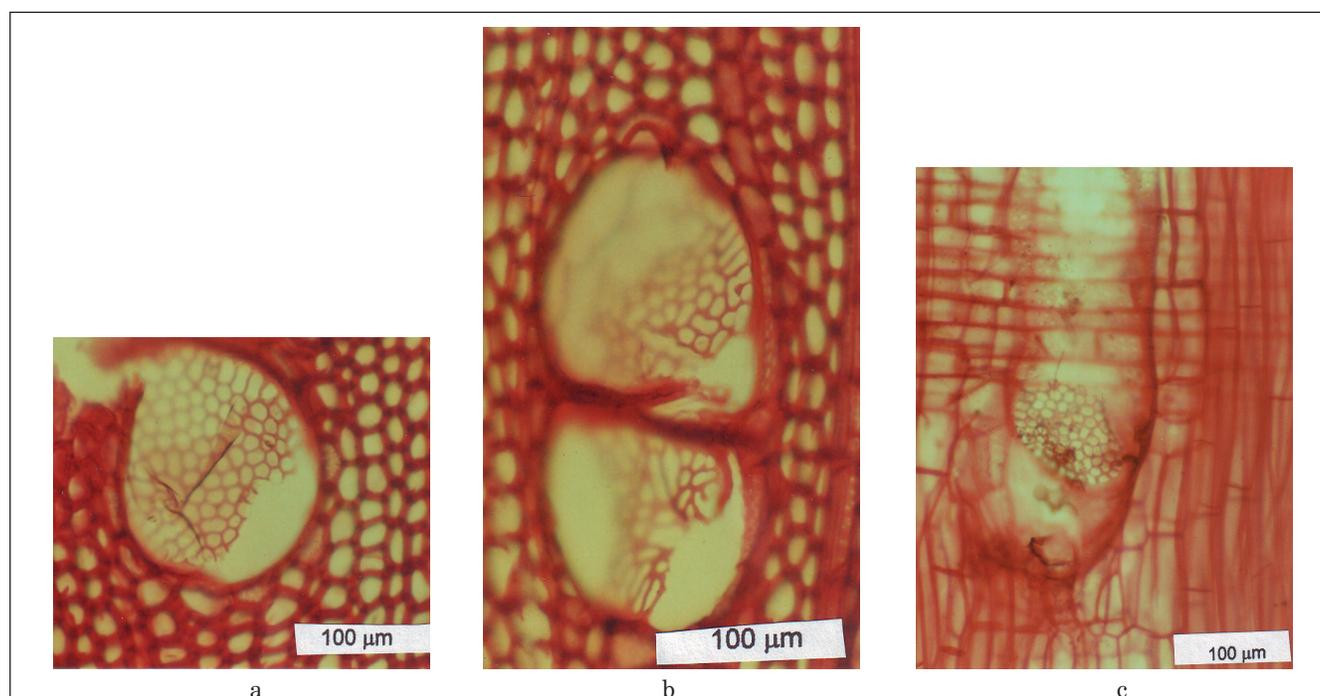
### Platinas de perforación

Las platinas de perforación son predominantemente simples, combinadas con algunas múltiples de tipo foraminadas (Figura 2). Kribs (1968) y Richter y Dallwitz (2006), las reportan como exclusivamente simples, mientras que Ohtani *et al.* (1989), Moya (2005) y León (2005) mencionan la presencia de platinas múltiples. A diferencia de los reportes anteriores, en este caso se observó que aunque la proporción de platinas múltiples es bastante baja, se puede considerar como de presencia constante ya que se presentó en todos los árboles estudiados y en todos los niveles de altura. Del total de muestras

analizadas (150), en el 68% se presentaron platinas múltiples.

### Diámetro de poros

El comportamiento más usual en relación al tamaño de los poros en dirección radial fue un incremento desde las adyacencias de la médula hasta las cercanías de la zona cambial, observándose que el aumento entre los puntos  $m_4$  y  $m_5$ , de acuerdo a la prueba de Tukey, mostró diferencias estadísticamente significativas (Cuadro 2, Figuras 3 y 4). Este comportamiento se observó en 20 de las 30 secciones estudiadas para representar un 66,67%. En el 30% del material se observó una tendencia a estabilizarse el diámetro de los poros entre los puntos de medición  $m_4$  y  $m_5$ . El 3,33% del material restante (árbol 5, sección tomada a 6 m de altura) manifestó una reducción significativa entre las muestras  $m_4$  y  $m_5$ . Este patrón de comportamiento coincide con lo reportado por Ohbayashi y Shiokura (1989) quienes encontraron que en individuos de plantaciones de 15 años de edad, el tamaño de los poros aumenta desde la médula hasta 4-5 cm de distancia y a partir de ese punto tienden a mantenerse constante. Moya (2005), estudiando secciones transversales tomadas a la altura de pecho, encontró que desde la médula



**Figura 2.** Platinas de perforación foraminadas en sección transversal (a,b) y radial (c).

**Cuadro 2.** Diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ) de poros por árbol y sección estudiada en árboles de *Gmelina arborea* y grupos formados de acuerdo a la prueba de Tukey.

Árbol 1	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	61,8 <sup>a</sup>	86,2 <sup>b</sup>	83 <sup>b</sup>	111,4 <sup>c</sup>	160,4 <sup>d</sup>	100,56 <sup>1</sup>
2 m	99,6 <sup>a</sup>	100 <sup>a</sup>	121,2 <sup>b</sup>	133,6 <sup>b</sup>	184 <sup>c</sup>	127,68 <sup>2</sup>
4 m	96,4 <sup>a</sup>	134,2 <sup>b</sup>	140,8 <sup>b,c</sup>	151,6 <sup>c</sup>	177,4 <sup>d</sup>	140,08 <sup>3</sup>
6 m	94 <sup>a</sup>	95,8 <sup>a</sup>	*	143,8 <sup>b</sup>	170,6 <sup>c</sup>	120,12 <sup>2</sup>
8 m	96,4 <sup>a</sup>	124,2 <sup>b</sup>	105,8 <sup>a</sup>	157 <sup>c</sup>	174,4 <sup>d</sup>	131,56 <sup>2,3</sup>
Árbol 2	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	85,6 <sup>a</sup>	95,8 <sup>a,b</sup>	113,4 <sup>b</sup>	132,4 <sup>c</sup>	173 <sup>d</sup>	120,04 <sup>1</sup>
2 m	124,8 <sup>a</sup>	143,6 <sup>b</sup>	169 <sup>c,d</sup>	161,8 <sup>c</sup>	179,6 <sup>d</sup>	155,76 <sup>2</sup>
4 m	117,4 <sup>a</sup>	111,8 <sup>a</sup>	138,4 <sup>b</sup>	156 <sup>c</sup>	*	130,9 <sup>1</sup>
6 m	121,2 <sup>a</sup>	150,8 <sup>b</sup>	157,6 <sup>b</sup>	152,8 <sup>b</sup>	201,8 <sup>c</sup>	156,84 <sup>2</sup>
8 m	112,4 <sup>a</sup>	139,2 <sup>b</sup>	138 <sup>b</sup>	171,2 <sup>c</sup>	177,8 <sup>c</sup>	147,72 <sup>2</sup>
Árbol 3	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	82,2 <sup>a</sup>	85,4 <sup>a</sup>	123 <sup>b</sup>	122 <sup>b</sup>	167,4 <sup>c</sup>	116 <sup>1</sup>
2 m	98,6 <sup>a</sup>	141,4 <sup>b</sup>	129 <sup>b</sup>	171,6 <sup>c</sup>	163,6 <sup>c</sup>	140,84 <sup>2</sup>
4 m	101,4 <sup>a</sup>	131,4 <sup>b</sup>	130 <sup>b</sup>	158,8 <sup>c</sup>	188 <sup>d</sup>	141,92 <sup>2</sup>
6 m	84,4 <sup>a</sup>	120,4 <sup>b</sup>	146,2 <sup>c</sup>	161,4 <sup>d</sup>	177,6 <sup>c</sup>	138 <sup>2</sup>
8 m	117 <sup>a</sup>	132,8 <sup>a,b</sup>	137,8 <sup>b</sup>	190,8 <sup>c</sup>	200,8 <sup>c</sup>	155,84 <sup>3</sup>
Árbol 4	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	77 <sup>a</sup>	86 <sup>a</sup>	105,6 <sup>b</sup>	113,8 <sup>b</sup>	135,8 <sup>c</sup>	103,64 <sup>1</sup>
2 m	95 <sup>a</sup>	101 <sup>a</sup>	118,4 <sup>b</sup>	157,6 <sup>c</sup>	152,2 <sup>c</sup>	124,84 <sup>2</sup>
4 m	94,4 <sup>a</sup>	120,4 <sup>b</sup>	130,8 <sup>b,c</sup>	137,2 <sup>c</sup>	191 <sup>d</sup>	134,75 <sup>2</sup>
6 m	91,8 <sup>a</sup>	113 <sup>b</sup>	124,8 <sup>b</sup>	160,2 <sup>c</sup>	187,6 <sup>d</sup>	135,48 <sup>2</sup>
8 m	98,6 <sup>a</sup>	120,8 <sup>b</sup>	121 <sup>b</sup>	152,2 <sup>c</sup>	155,2 <sup>c</sup>	129,56 <sup>2</sup>
Árbol 5	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	87,2 <sup>a</sup>	103,2 <sup>b</sup>	135,6 <sup>c</sup>	130 <sup>c</sup>	175,8 <sup>d</sup>	126,36 <sup>1</sup>
2 m	99,8 <sup>a</sup>	140,2 <sup>b</sup>	141,6 <sup>b</sup>	180 <sup>c</sup>	180,2 <sup>c</sup>	148,36 <sup>2</sup>
4 m	114,4 <sup>a</sup>	123 <sup>a</sup>	145,4 <sup>b</sup>	188 <sup>c</sup>	194,8 <sup>c</sup>	153,12 <sup>2</sup>
6 m	111,4 <sup>a,b</sup>	110,4 <sup>a</sup>	127,6 <sup>b</sup>	197,4 <sup>d</sup>	178,2 <sup>c</sup>	145 <sup>2</sup>
8 m	126 <sup>a</sup>	127,4 <sup>a</sup>	141 <sup>a</sup>	188,6 <sup>b</sup>	181,6 <sup>b</sup>	152,92 <sup>2</sup>
Árbol 6	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	77,8 <sup>a</sup>	92,2 <sup>b</sup>	129,6 <sup>c</sup>	137,8 <sup>c</sup>	173,6 <sup>d</sup>	122,2 <sup>1</sup>
2 m	92,4 <sup>a</sup>	119,6 <sup>b</sup>	*	141,2 <sup>c</sup>	171,2 <sup>d</sup>	131,1 <sup>1,2</sup>
4 m	116,4 <sup>a</sup>	127,2 <sup>a,b</sup>	138,6 <sup>b</sup>	157,2 <sup>c</sup>	176 <sup>d</sup>	143,08 <sup>2,3</sup>
6 m	114,2 <sup>a</sup>	120,6 <sup>a</sup>	138,4 <sup>b</sup>	164,4 <sup>c</sup>	194,2 <sup>d</sup>	146,36 <sup>3</sup>
8 m	101 <sup>a</sup>	125 <sup>b</sup>	137 <sup>b,c</sup>	148,6 <sup>c</sup>	163,8 <sup>d</sup>	135,75 <sup>2,3</sup>

\* = secciones afectadas por nudos

Nota: promedios con letras y números diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

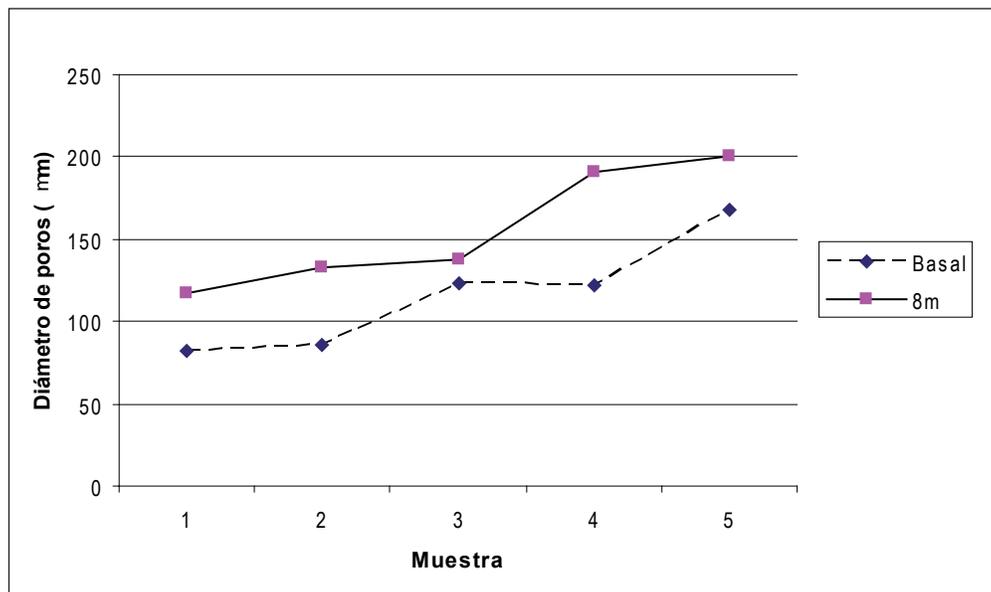


Figura 3. Diámetro de poros en sección basal y 8 m de altura para el árbol X6424.

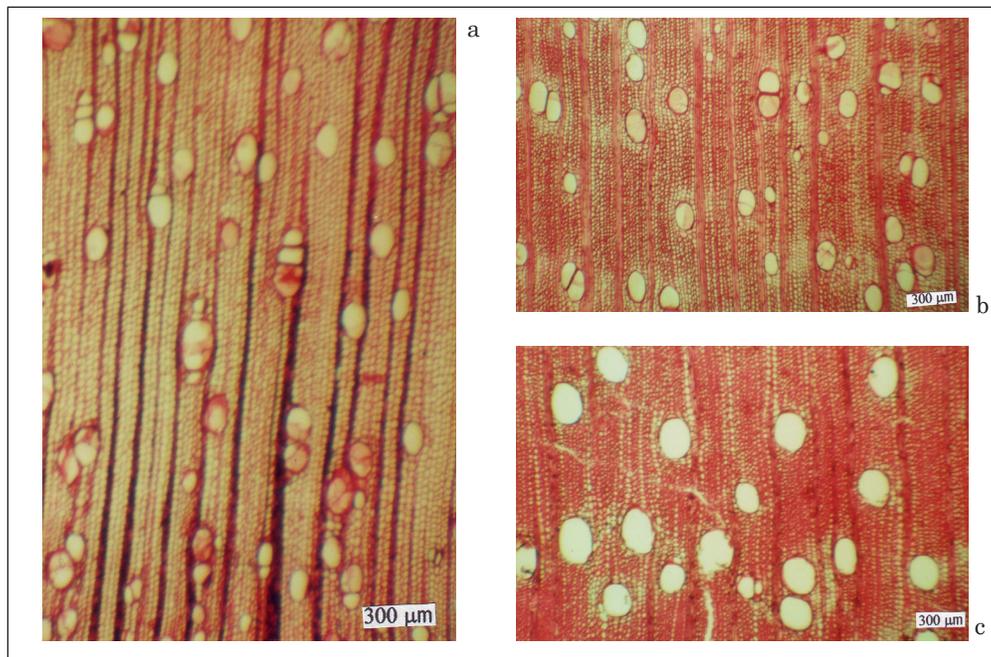


Figura 4. Secciones adyacente a la médula (a),  $\frac{1}{2}$  del radio (b) y adyacente al cambium (c). Se puede observar la diferencia entre diámetro y frecuencia de poros. (X6425-1)

hacia la corteza se produce un aumento significativo del diámetro de los poros.

La proporción de aumento de tamaño de los poros desde la médula hacia la corteza puede alcanzar valores hasta de 159,55%; tal como se observó en la sección basal del árbol 1 donde el diámetro promedio de los poros fue de 61,8  $\mu\text{m}$  en las adyacencias

de la médula y aumentó hasta 160,4  $\mu\text{m}$  en las adyacencias de la zona cambial. Las mayores tasas de aumento en todos los árboles se presentan a nivel de la sección basal.

En sentido longitudinal y tomando como base el diámetro promedio de los poros de toda la sección transversal, se encontró que el menor diáme-

tro promedio se presentó en la sección transversal basal, mientras que el mayor diámetro promedio se presentó a los 4-6 m de altura, excepto en el árbol 3 donde el máximo promedio se observó a los 8 m. Esta diferencia se manifestó tanto en valores absolutos como en diferencias estadísticas. En el 50% de los árboles estudiados se observó que, desde el punto de vista estadístico, el promedio de diámetro de poros desde 2 hasta 8 m de altura es similar. El comportamiento más uniforme fue el desarrollo de menores valores en la sección basal. Es necesario señalar que Akachuku (1985) no encontró diferencias significativas en la proporción de vasos al comparar muestras al 5, 25, 45 y 65% de la altura total del tronco y dicha proporción viene determinada por la interacción entre el diámetro de los poros y el número de poros por  $\text{mm}^2$ .

### Frecuencia de poros

La cantidad de poros por  $\text{mm}^2$  (Cuadro 3) muestra un comportamiento donde los mayores valores se presentan en las adyacencias de la médula para luego disminuir y mostrar una tendencia a variar poco a partir de  $\frac{1}{4}$  del radio (Figuras 4, 5). Sólo en dos secciones (6,67%) se observó mayor cantidad de poros en la muestra tomada a  $\frac{1}{4}$  del radio en comparación con la muestra adyacente a la médula. El patrón de variación en cuanto a la cantidad de poros coincide con lo reportado Ohbayashi y Shiokura (1989) y Moya (2005). En dirección longitudinal, las variaciones dentro de cada árbol son bastante reducidas.

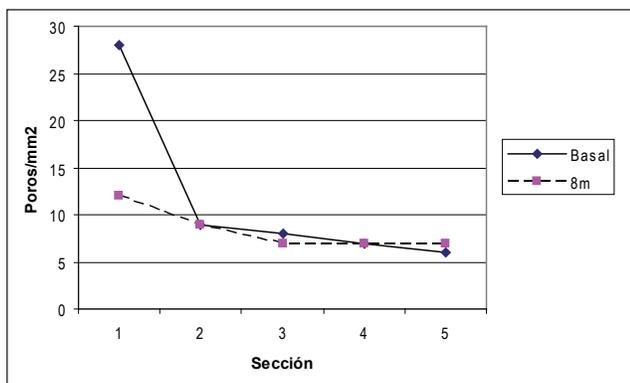


Figura 5. Variación de frecuencia de poros desde adyacencias de la médula hacia adyacencias del cambium para el árbol X6422

### Longitud de elementos vasculares

En el 53,33% de las secciones estudiadas se observó un comportamiento uniforme, desde el punto de vista estadístico, a través de toda la sección transversal, mientras que en 36,67% se observó un comportamiento donde los únicos valores que se diferencian, estadísticamente, son los extremos máximo y mínimo (Cuadro 4, Figura 6). En el 10% restante se

Cuadro 3. Frecuencia (poros/ $\text{mm}^2$ ) de poros por árbol y sección estudiada en árboles de *Gmelina arborea*.

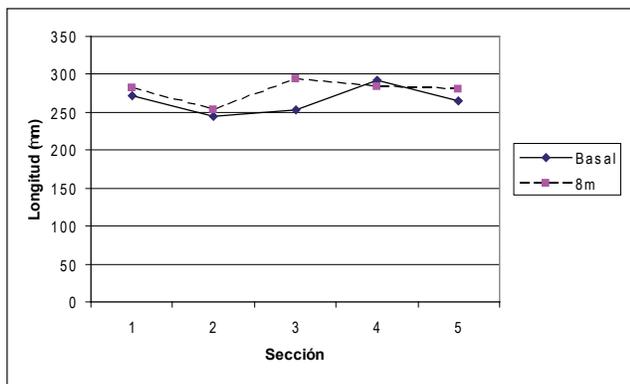
Árbol 1	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	Promedio
Basal	28	9	8	7	6	11,6
2 m	16	7	6	11	7	9,4
4 m	11	11	5	6	7	8
6 m	11	6	*	11	5	8,25
8 m	12	9	7	7	7	8,4
Árbol 2	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	Promedio
Basal	6	5	6	7	5	5,8
2 m	9	6	6	5	5	6,2
4 m	15	5	10	6	2	7,6
6 m	9	9	7	7	8	8
8 m	12	7	5	4	7	7
Árbol 3	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	Promedio
Basal	13	5	6	4	5	6,6
2 m	12	8	6	6	4	7,2
4 m	7	5	5	5	6	5,6
6 m	11	7	5	4	3	6
8 m	9	5	6	6	7	6,6
Árbol 4	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	Promedio
Basal	31	8	8	7	6	12
2 m	13	13	8	8	5	9,4
4 m	17	7	9	9	7	9,8
6 m	13	8	7	9	7	8,8
8 m	10	11	8	8	7	8,8
Árbol 5	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	Promedio
Basal	17	8	6	5	7	8,6
2 m	17	7	6	5	5	8
4 m	12	4	4	7	5	6,4
6 m	11	7	6	7	5	7,2
8 m	8	7	6	7	6	6,8
Árbol 6	$m_1$	$m_2$	$m_3$	$m_4$	$m_5$	Promedio
Basal	11	7	7	6	5	7,2
2 m	25	4	5	6	4	8,8
4 m	14	*	7	4	5	7,5
6 m	8	9	6	6	6	7
8 m	11	7	7	6	5	7,2

**Cuadro 4.** Longitud promedio ( $\mu\text{m}$ ) de los elementos vasculares por árbol y sección estudiada en árboles de *Gmelina arborea* y grupos formados de acuerdo a la prueba de Tukey.

Árbol 1	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	271,6 <sup>a</sup>	244 <sup>a</sup>	253,4 <sup>a</sup>	292 <sup>a</sup>	264,6 <sup>a</sup>	265,12 <sup>1</sup>
2 m	298,8 <sup>a</sup>	317,6 <sup>b</sup>	274,4 <sup>a,b</sup>	252,2 <sup>a,b</sup>	311,6 <sup>b</sup>	290,92 <sup>2</sup>
4 m	284,6 <sup>a,b</sup>	258,6 <sup>a</sup>	289,8 <sup>a,b</sup>	259,8 <sup>a</sup>	319 <sup>b</sup>	282,36 <sup>1,2</sup>
6 m	317 <sup>b</sup>	289,8 <sup>a,b</sup>	*	279,6 <sup>a,b</sup>	268,6 <sup>a</sup>	288,75 <sup>1,2</sup>
8 m	282,4 <sup>a</sup>	254 <sup>a</sup>	293,4 <sup>a</sup>	284 <sup>a</sup>	280,2 <sup>a</sup>	278,8 <sup>1,2</sup>
Árbol 2	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	231,2 <sup>a,b</sup>	212,4 <sup>a</sup>	240,6 <sup>a,b</sup>	248 <sup>a,b</sup>	260,4 <sup>b</sup>	238,42 <sup>1</sup>
2 m	230,8 <sup>a</sup>	272,8 <sup>a,b</sup>	237,6 <sup>a,b</sup>	277,8 <sup>a,b</sup>	286,6 <sup>b</sup>	261,12 <sup>2</sup>
4 m	269 <sup>a</sup>	263,8 <sup>a</sup>	248,8 <sup>a</sup>	235,8 <sup>a</sup>	236,6 <sup>a</sup>	250,8 <sup>1,2</sup>
6 m	283,4 <sup>b</sup>	234,6 <sup>a</sup>	283,8 <sup>b</sup>	268,6 <sup>a,b</sup>	267,4 <sup>a,b</sup>	267,56 <sup>2</sup>
8 m	286 <sup>a,b</sup>	247,2 <sup>a</sup>	297,4 <sup>b</sup>	266 <sup>a,b</sup>	245,2 <sup>a</sup>	268,36 <sup>2</sup>
Árbol 3	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	283,6 <sup>b</sup>	256,8 <sup>a,b</sup>	239,6 <sup>a,b</sup>	247,2 <sup>a,b</sup>	231,2 <sup>a</sup>	251,68 <sup>1</sup>
2 m	277 <sup>a</sup>	295 <sup>a</sup>	296,6 <sup>a</sup>	292 <sup>a</sup>	286,2 <sup>a</sup>	289,36 <sup>2</sup>
4 m	363,8 <sup>b</sup>	299,2 <sup>a</sup>	286,8 <sup>a</sup>	299,17 <sup>a</sup>	278,6 <sup>a</sup>	305,56 <sup>2</sup>
6 m	338,09 <sup>b,c</sup>	352,2 <sup>c</sup>	274 <sup>a</sup>	281,2 <sup>a,b</sup>	271,2 <sup>a</sup>	302,19 <sup>2</sup>
8 m	296,24 <sup>a</sup>	254,4 <sup>a</sup>	297,6 <sup>a</sup>	272,11 <sup>a</sup>	286,6 <sup>a</sup>	281,86 <sup>2</sup>
Árbol 4	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	270 <sup>a,b</sup>	250,2 <sup>a</sup>	270 <sup>a,b</sup>	311,6 <sup>b</sup>	284,8 <sup>a,b</sup>	277,32 <sup>1</sup>
2 m	292,8 <sup>a</sup>	271 <sup>a</sup>	288,8 <sup>a</sup>	279 <sup>a</sup>	269,8 <sup>a</sup>	280,28 <sup>1</sup>
4 m	284,2 <sup>a</sup>	316 <sup>a</sup>	321,2 <sup>a</sup>	330 <sup>a</sup>	323,4 <sup>a</sup>	314,96 <sup>2</sup>
6 m	329,2 <sup>b,c</sup>	349,2 <sup>c</sup>	298,6 <sup>a,b,c</sup>	278,2 <sup>a,b</sup>	269,8 <sup>a</sup>	305 <sup>2</sup>
8 m	293,2 <sup>a</sup>	319,4 <sup>a</sup>	286 <sup>a</sup>	297 <sup>a</sup>	329,4 <sup>a</sup>	305 <sup>2</sup>
Árbol 5	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	299,2 <sup>a</sup>	285,8 <sup>a</sup>	268 <sup>a</sup>	258,41 <sup>a</sup>	276,8 <sup>a</sup>	278,11 <sup>1</sup>
2 m	296 <sup>a</sup>	285,8 <sup>a</sup>	299 <sup>a</sup>	320,6 <sup>a</sup>	298,4 <sup>a</sup>	299,96 <sup>1,2</sup>
4 m	313,2 <sup>a</sup>	339,2 <sup>a</sup>	326,8 <sup>a</sup>	311 <sup>a</sup>	295,4 <sup>a</sup>	317,12 <sup>2</sup>
6 m	274 <sup>a</sup>	307,2 <sup>a</sup>	300,2 <sup>a</sup>	275,4 <sup>a</sup>	282,2 <sup>a</sup>	287,8 <sup>1</sup>
8 m	333 <sup>b,c</sup>	283,2 <sup>a,b</sup>	345,6 <sup>c</sup>	278 <sup>a</sup>	271,8 <sup>a</sup>	302,32 <sup>1,2</sup>
Árbol 6	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	259 <sup>a</sup>	247,6 <sup>a</sup>	273,8 <sup>a</sup>	275,8 <sup>a</sup>	277,2 <sup>a</sup>	266,68 <sup>2</sup>
2 m	247,6 <sup>a</sup>		233,8 <sup>a</sup>	224,2 <sup>a</sup>	260,8 <sup>a</sup>	241,6 <sup>1</sup>
4 m	280,4 <sup>a</sup>	266,4 <sup>a</sup>	314,4 <sup>a</sup>	294,8 <sup>a</sup>	310 <sup>a</sup>	293,2 <sup>3</sup>
6 m	279,6 <sup>a,b</sup>	294,4 <sup>b</sup>	257,2 <sup>a,b</sup>	266 <sup>a,b</sup>	242,4 <sup>a</sup>	267,92 <sup>2</sup>
8 m	243,2 <sup>a</sup>	250,8 <sup>a</sup>	280,8 <sup>a</sup>	250,6 <sup>a</sup>	254,6 <sup>a</sup>	256 <sup>1,2</sup>

\* = secciones afectadas por nudos

Nota: promedios con letras y números diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.



**Figura 6.** Longitud de elementos vasculares en sección basal y 8 m de altura para el árbol X6422.

encontró que, a través de la sección transversal, se formaron tres grupos diferentes para la longitud de elementos vasculares, manifestándose un comportamiento irregular. Ohbayashi y Shiokura (1989) presentan uno de los pocos reportes de variación de longitud de elementos vasculares en dirección radial para *Gmelina arborea* y señalan que en muestras tomadas a la altura de pecho, a partir de 5-6 cm desde la médula, la longitud de los elementos vasculares tiende a estabilizarse. En sentido longitudinal (Cuadro 4), comúnmente se observa un incremento de la longitud promedio de los elementos vasculares desde la base hasta, aproximadamente, 4 m de altura para luego presentar valores por debajo del observado al nivel de altura indicado. Este comportamiento se observó en cuatro de los seis árboles estudiados lo cual representa el 66,67%. En los dos árboles restantes, el máximo se observó a los 2 m (árbol 1) y 8 m (árbol 2) de altura. Sin embargo, desde el punto de vista estadístico, la variación de la longitud de elementos vasculares con el nivel de altura es bastante reducida observándose que el mínimo corresponde al nivel basal y a partir de 2 m de altura no hay diferencias significativas. Las excepciones a este comportamiento se presentan en el árbol 4 donde el incremento de longitud de elementos vasculares se mantiene hasta los 4 m de altura y a partir de allí se manifiesta como constante (Cuadro 4).

### Diámetro de punteaduras

El comportamiento general observado muestra un incremento del diámetro de punteaduras desde las adyacencias de la médula hacia las cercanías del

cambium (Cuadro 5, Figuras 7, 8). Aunque el patrón de variación puede mostrar fluctuaciones, en el 76,67% de los casos se encontró diferencias significativas entre las punteaduras de vasos cercanos a la médula hasta punteaduras en vasos cercanos al cambium. En el 13,13 % de las secciones se encontraron punteaduras que estadísticamente se consideran como similares a través de toda la sección transversal. Es necesario indicar que anteriormente no se había estudiado, para *Gmelina arborea*, el patrón de variación de punteaduras a través de la sección transversal. Se observó que, de acuerdo a las categorías establecidas por IAWA Committee (1989), en la mayoría del material estudiado se presentan punteaduras cuyo diámetro promedio las ubica en la categoría de medianas en las muestras tomadas desde la médula hasta  $\frac{1}{2}$  ó  $\frac{3}{4}$  del radio. A partir de este punto se ubican en la categoría de grandes. En sentido longitudinal la variación observada en el diámetro promedio de las punteaduras mantiene un comportamiento que difiere entre individuos: en los árboles 1 y 3 se observó que el diámetro de las punteaduras, desde el punto de vista estadístico, es similar en los cinco niveles de altura estudiados; mientras que en el resto de los árboles se observaron variaciones, encontrándose que en el árbol 2 aumenta el diámetro de las punteaduras hasta alcanzar su máximo en  $\frac{1}{2}$  del radio para luego disminuir y alcanzar un valor en las adyacencias del cambium similar, desde el punto de vista estadístico, al observado en las adyacencias de la médula. En el resto de los árboles se encontró diferencias entre los valores de las cercanías de la médula y la cercanía del cambium.

### Proporción de poros solitarios

Aún cuando se observaron diferencias en la proporción de poros solitarios a través de toda la sección transversal, el análisis estadístico indicó que el 80% de las muestras manifestaron un comportamiento en donde se puede considerar que el porcentaje de poros solitarios se mantiene constante a través de toda la sección transversal (Cuadro 6). Similar resultado encontró Moya (2005), quien indica que la proporción de vasos múltiples varía poco en sentido radial. Con respecto a la variación longitudinal, en cinco de los seis árboles estudiados (83,33% del total) se encontró que, estadísticamente, no hay diferencias de proporción de poros solitarios con el nivel

**Cuadro 5.** Diámetro promedio ( $\mu\text{m}$ ) de las punteaduras intervasculares por árbol y sección estudiada en árboles de *Gmelina arborea* y grupos formados de acuerdo a la prueba de Tukey.

Árbol 1	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	8 <sup>a</sup>	9,125 <sup>a,b</sup>	9,25 <sup>b</sup>	10,5 <sup>c</sup>	11,5 <sup>c</sup>	9,675 <sup>1</sup>
2 m	8,875 <sup>a</sup>	9,125 <sup>a,b</sup>	9,625 <sup>a,b</sup>	10,25 <sup>b</sup>	11,75 <sup>c</sup>	9,925 <sup>1</sup>
4 m	8,5 <sup>a</sup>	9,875 <sup>b</sup>	10,625 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	10 <sup>b</sup>	9,8 <sup>1</sup>
6 m	9,75 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a</sup>	*	9,5 <sup>a</sup>	11,25 <sup>b</sup>	10 <sup>1</sup>
8 m	9 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a</sup>	9,875 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	11,25 <sup>b</sup>	10,125 <sup>1</sup>
Árbol 2	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	8 <sup>a</sup>	8,625 <sup>a</sup>	8,25 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	10,375 <sup>b</sup>	8,65 <sup>1</sup>
2 m	8,375 <sup>a,b</sup>	8,125 <sup>a</sup>	9,375 <sup>b,c</sup>	8,4375 <sup>a,b</sup>	10,25 <sup>c</sup>	8,977 <sup>1</sup>
4 m	8 <sup>a</sup>	11,125 <sup>c</sup>	9,75 <sup>b</sup>	8,75 <sup>a,b</sup>	11,25 <sup>c</sup>	9,775 <sup>1,2</sup>
6 m	8,5 <sup>a</sup>	8,5 <sup>a</sup>	8,625 <sup>a</sup>	10,25 <sup>b</sup>	10,625 <sup>b</sup>	9,3 <sup>2</sup>
8 m	7,25 <sup>a</sup>	9,25 <sup>b</sup>	8,75 <sup>b</sup>	8,875 <sup>b</sup>	9,5 <sup>b</sup>	8,725 <sup>1</sup>
Árbol 3	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	8,125 <sup>a</sup>	8,75 <sup>a</sup>	8,5 <sup>a</sup>	10,25 <sup>b</sup>	10,75 <sup>b</sup>	9,275 <sup>1</sup>
2 m	9,75 <sup>b,c</sup>	8,125 <sup>a</sup>	9,5 <sup>b</sup>	10,125 <sup>b,c</sup>	10,75 <sup>c</sup>	9,65 <sup>1</sup>
4 m	9,375 <sup>b</sup>	9,875 <sup>b,c</sup>	*	10,25 <sup>c</sup>	7,8125 <sup>a</sup>	9,4079 <sup>1</sup>
6 m	8,75 <sup>a,b</sup>	9,125 <sup>a,b</sup>	9,625 <sup>b,c</sup>	8,571 <sup>a</sup>	10,625 <sup>c</sup>	9,3883 <sup>1</sup>
8 m	8,125 <sup>a</sup>	9 <sup>a,b</sup>	9,25 <sup>b,c</sup>	10,25 <sup>c</sup>	10 <sup>b,c</sup>	9,325 <sup>1</sup>
Árbol 4	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	8,75 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	9,375 <sup>a</sup>	9,75 <sup>a</sup>	9,375 <sup>1,2</sup>
2 m	8,875 <sup>b</sup>	9,625 <sup>b,c</sup>	7,5 <sup>a</sup>	10,625 <sup>c</sup>	9 <sup>b</sup>	9,125 <sup>1</sup>
4 m	9,5 <sup>b</sup>	9,5 <sup>b</sup>	10,341 <sup>b,c</sup>	7,875 <sup>a</sup>	11,25 <sup>c</sup>	9,706 <sup>1,2</sup>
6 m	10 <sup>a</sup>	9,875 <sup>a</sup>	8,875 <sup>a</sup>	10,25 <sup>a</sup>	9,75 <sup>a</sup>	9,75 <sup>1,2</sup>
8 m	8,875 <sup>a</sup>	9,875 <sup>a,b</sup>	10,125 <sup>b</sup>	11,25 <sup>c</sup>	9,531 <sup>a,b</sup>	9,948 <sup>2</sup>
Árbol 5	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	8 <sup>a</sup>	7,875 <sup>a</sup>	8,375 <sup>a</sup>	9,375 <sup>b</sup>	9,625 <sup>b</sup>	8,65 <sup>1</sup>
2 m	7,75 <sup>a</sup>	9,375 <sup>b</sup>	7,25 <sup>a</sup>	9 <sup>b</sup>	10,5 <sup>c</sup>	8,775 <sup>1</sup>
4 m	10 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a</sup>	10,375 <sup>a</sup>	10,25 <sup>a</sup>	10,625 <sup>a</sup>	10,15 <sup>2</sup>
6 m	9,75 <sup>a</sup>	9,875 <sup>a</sup>	10,875 <sup>a</sup>	10,375 <sup>a</sup>	10 <sup>a</sup>	10,175 <sup>2</sup>
8 m	8,375 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a,b</sup>	10,125 <sup>b,c</sup>	11 <sup>c,d</sup>	11,625 <sup>d</sup>	10,125 <sup>2</sup>
Árbol 6	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	8,25 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	9,375 <sup>a</sup>	11,25 <sup>b</sup>	10,75 <sup>b</sup>	9,775 <sup>1</sup>
2 m	8,375 <sup>a</sup>		9,3056 <sup>a</sup>	9,5 <sup>a</sup>	11,375 <sup>b</sup>	9,647 <sup>1</sup>
4 m	9,25 <sup>a</sup>	10,625 <sup>b,c</sup>	10,875 <sup>c</sup>	9,5 <sup>a,b</sup>	11,125 <sup>c</sup>	10,275 <sup>1,2</sup>
6 m	9,25 <sup>a</sup>	9,25 <sup>a</sup>	10,375 <sup>a,b</sup>	10,125 <sup>a,b</sup>	11,125 <sup>b</sup>	10,025 <sup>1</sup>
8 m	11,25 <sup>b</sup>	11,375 <sup>b</sup>	9,375 <sup>a</sup>	11 <sup>b</sup>	10,75 <sup>b</sup>	10,75 <sup>2</sup>

\* = secciones afectadas por nudos

Nota: promedios con letras y números diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

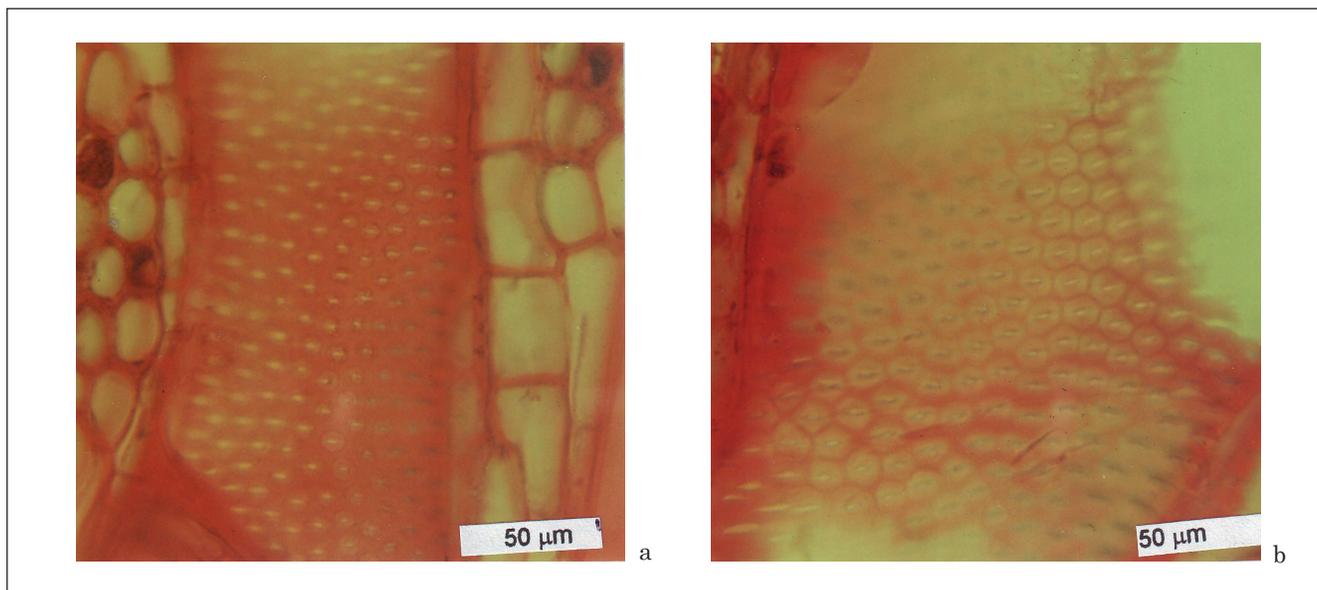


Figura 7. Punteaduras intervasculares en sección adyacente a la médula (a) y a  $\frac{1}{4}$  del radio (b) en la sección basal del árbol X6422.

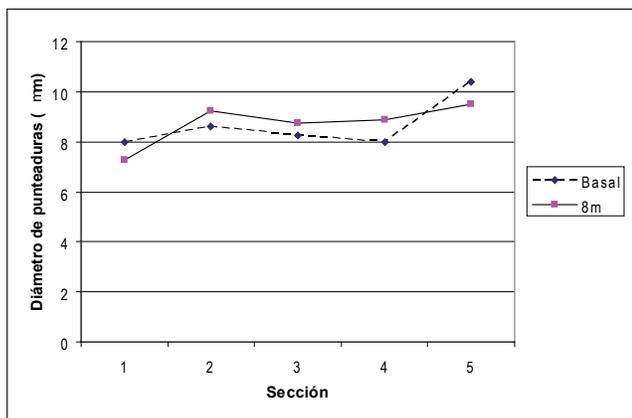


Figura 8. Variación del diámetro de punteaduras desde adyacencias de la médula hacia adyacencias del cambium en el árbol X6423.

de altura. Sólo en el árbol 2 se observó una disminución entre los 2 (71,44% de poros solitarios) y 4 m (55,09% de poros solitarios) de altura significativa desde el punto de vista estadístico

### Proporción de tílides

La cantidad de tílides muestra variaciones a través de toda la sección transversal (Cuadro 7). El patrón más común, y el normalmente esperado, es que las secciones adyacentes a la zona cambial tengan proporciones bajas o nulas de tílides. En el 50% de las secciones estudiadas, la proporción de tílides se mantuvo constante, desde el punto de vista estadístico, entre las muestras tomadas en las adyacencias de la

médula y  $\frac{3}{4}$  del radio de la sección transversal, para luego reducirse drásticamente en las cercanías de la zona cambial. Esto indica que la *Gmelina arborea* es una especie que independientemente del nivel de altura va a presentar secciones transversales donde el 75% o más va a estar constituido por duramen. El comportamiento más irregular se observó en el árbol 5, específicamente en la sección tomada a 4 m de altura, donde la muestra adyacente a la médula no presentó depósitos de tílides, pero a partir de la segunda muestra se normalizó el comportamiento al presentarse altas cantidades desde  $\frac{1}{4}$  hasta  $\frac{3}{4}$  del radio de la sección transversal, manteniéndose constante entre esos dos puntos desde el punto de vista estadístico, para luego reducirse notablemente hacia la muestra tomada en las cercanías del cambium. En el 36,67% de las secciones estudiadas, no se presentó tílides en la muestra adyacente al cambium. En el resto del material, las proporciones de tílides en ese punto fueron relativamente bajas y sólo en el 13,33% del material estuvo por encima del 10%. El caso más notorio se presentó en el árbol 5, sección tomada a 2 m de altura, donde las proporciones de tílides estuvieron por encima del 40%. Carlquist (1989) señala que la principal causa de la formación de tílides se encuentra relacionada con la pérdida de presión de agua en los vasos y esto podría explicar porque se encuentra un porcentaje tan elevado de tílides en la sección cercana al cambium del árbol 5 (2 m de altura); posiblemente se presen-

**Cuadro 6.** Proporción de poros solitarios por árbol y sección estudiada en árboles de *Gmelina arborea* y grupos formados de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha = 95\%$ ).

Árbol 1	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	57,87 <sup>a</sup>	72,96 <sup>b</sup>	54,82 <sup>a</sup>	68,29 <sup>a,b</sup>	72,62 <sup>b</sup>	65,31 <sup>1</sup>
2 m	45,27 <sup>a</sup>	61,04 <sup>a</sup>	72,06 <sup>a</sup>	62,92 <sup>a</sup>	51,65 <sup>a</sup>	58,58 <sup>1</sup>
4 m	61,52 <sup>a</sup>	62,92 <sup>a</sup>	86,54 <sup>a</sup>	68,59 <sup>a</sup>	58,19 <sup>a</sup>	67,55 <sup>1</sup>
6 m	65,74 <sup>b</sup>	73,05 <sup>b</sup>	*	23,24 <sup>a</sup>	85,67 <sup>b</sup>	61,93 <sup>1</sup>
8 m	79,43 <sup>a</sup>	72,69 <sup>a</sup>	75,37 <sup>a</sup>	63,48 <sup>a</sup>	70,51 <sup>a</sup>	72,30 <sup>1</sup>
Árbol 2	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	70,22 <sup>a</sup>	77,05 <sup>a</sup>	52,72 <sup>a</sup>	58,40 <sup>a</sup>	44,09 <sup>a</sup>	60,50 <sup>1,2</sup>
2 m	70,35 <sup>a</sup>	76,89 <sup>a</sup>	79,02 <sup>a</sup>	60,51 <sup>a</sup>	70,43 <sup>a</sup>	71,44 <sup>2</sup>
4 m	52,99 <sup>a</sup>	65,70 <sup>a</sup>	38,37 <sup>a</sup>	67,24 <sup>a</sup>	51,14 <sup>a</sup>	55,09 <sup>1</sup>
6 m	61,52 <sup>a</sup>	63,24 <sup>a</sup>	66,74 <sup>a</sup>	56,53 <sup>a</sup>	58,51 <sup>a</sup>	61,31 <sup>1,2</sup>
8 m	59,41 <sup>b</sup>	69,96 <sup>b</sup>	61,76 <sup>b</sup>	66,59 <sup>b</sup>	37,56 <sup>a</sup>	59,06 <sup>1,2</sup>
Árbol 3	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	64,13 <sup>a</sup>	75,15 <sup>a</sup>	64,87 <sup>a</sup>	96 <sup>a</sup>	67,62 <sup>a</sup>	73,55 <sup>1</sup>
2 m	52,95 <sup>a</sup>	65,90 <sup>a</sup>	61,38 <sup>a</sup>	89,52 <sup>a</sup>	88,98 <sup>a</sup>	71,74 <sup>1</sup>
4 m	67,39 <sup>a</sup>	67,68 <sup>a</sup>	76,11 <sup>a</sup>	78,17 <sup>a</sup>	61,34 <sup>a</sup>	70,14 <sup>1</sup>
6 m	67,53 <sup>a</sup>	67,2 <sup>a</sup>	75,14 <sup>a</sup>	67,25 <sup>a</sup>	89,33 <sup>a</sup>	73,29 <sup>1</sup>
8 m	66,87 <sup>a</sup>	81,99 <sup>a</sup>	64,42 <sup>a</sup>	60,67 <sup>a</sup>	55,92 <sup>a</sup>	65,97 <sup>1</sup>
Árbol 4	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	41,38 <sup>a</sup>	50,24 <sup>a</sup>	64,19 <sup>a</sup>	70,68 <sup>a</sup>	66,34 <sup>a</sup>	58,57 <sup>1</sup>
2 m	55,44 <sup>a,b</sup>	44,36 <sup>a</sup>	74,12 <sup>b,c</sup>	55,38 <sup>a,b</sup>	86,36 <sup>c</sup>	63,13 <sup>1</sup>
4 m	54,63 <sup>a</sup>	78,8 <sup>a</sup>	66,88 <sup>a</sup>	69,70 <sup>a</sup>	71,02 <sup>a</sup>	68,21 <sup>1</sup>
6 m	69,37 <sup>a</sup>	59,87 <sup>a</sup>	69,51 <sup>a</sup>	52,99 <sup>a</sup>	49,94 <sup>a</sup>	60,33 <sup>1</sup>
8 m	87,34 <sup>a</sup>	62,34 <sup>a</sup>	68,75 <sup>a</sup>	62,10 <sup>a</sup>	74,05 <sup>a</sup>	70,91 <sup>1</sup>
Árbol 5	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	52,81 <sup>a</sup>	63,07 <sup>a</sup>	59,4 <sup>a</sup>	77,75 <sup>a</sup>	46,91 <sup>a</sup>	59,99 <sup>1</sup>
2 m	42,59 <sup>a</sup>	62,48 <sup>a,b</sup>	74,31 <sup>a,b</sup>	67,87 <sup>a,b</sup>	84,24 <sup>b</sup>	66,30 <sup>1</sup>
4 m	16,8 <sup>a</sup>	82,28 <sup>b</sup>	71,96 <sup>b</sup>	57,83 <sup>b</sup>	64,11 <sup>b</sup>	58,60 <sup>1</sup>
6 m	75,42 <sup>a</sup>	68,65 <sup>a</sup>	75,65 <sup>a</sup>	52,65 <sup>a</sup>	78,40 <sup>a</sup>	70,15 <sup>1</sup>
8 m	63,70 <sup>a</sup>	64,99 <sup>a</sup>	57,81 <sup>a</sup>	52,08 <sup>a</sup>	68,87 <sup>a</sup>	61,49 <sup>1</sup>
Árbol 6	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	39,15 <sup>a</sup>	62,32 <sup>a</sup>	63,54 <sup>a</sup>	58,94 <sup>a</sup>	71,38 <sup>a</sup>	59,06 <sup>1</sup>
2 m	43,55 <sup>a</sup>	47,76 <sup>a</sup>		73,41 <sup>a</sup>	74,07 <sup>a</sup>	59,70 <sup>1</sup>
4 m	64,65 <sup>a</sup>	55,74 <sup>a</sup>	80,04 <sup>a</sup>	85,78 <sup>a</sup>	75,66 <sup>a</sup>	72,33 <sup>1</sup>
6 m	77,96 <sup>a</sup>	85 <sup>a</sup>	66,67 <sup>a</sup>	75,30 <sup>a</sup>	60,35 <sup>a</sup>	73,05 <sup>1</sup>
8 m	60,77 <sup>a</sup>	60,32 <sup>a</sup>	62,88 <sup>a</sup>	69,62 <sup>a</sup>	75,75 <sup>a</sup>	65,87 <sup>1</sup>

\* = secciones afectadas por nudos

Nota: promedios con letras y números diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

**Cuadro 7.** Proporción de tílides por árbol y sección estudiada en árboles de *Gmelina arborea* y grupos formados de acuerdo a la prueba de Tukey ( $\alpha = 95\%$ ).

Árbol 1	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	34,24 <sup>b</sup>	29,25 <sup>b</sup>	38,80 <sup>b</sup>	31,23 <sup>b</sup>	1,05 <sup>a</sup>	26,92 <sup>1</sup>
2 m	73,06 <sup>c</sup>	32,68 <sup>b</sup>	41,86 <sup>b,c</sup>	58,48 <sup>b,c</sup>	0 <sup>a</sup>	30,16 <sup>1</sup>
4 m	49,5 <sup>b</sup>	48,21 <sup>b</sup>	75,59 <sup>b</sup>	57,47 <sup>b</sup>	0 <sup>a</sup>	46,15 <sup>1</sup>
6 m	52,35 <sup>b</sup>	47,60 <sup>b</sup>	*	41,69 <sup>b</sup>	1,33 <sup>a</sup>	35,75 <sup>1</sup>
8 m	43,67 <sup>b</sup>	48,96 <sup>b</sup>	49,77 <sup>b</sup>	21,25 <sup>b</sup>	0,63 <sup>a</sup>	32,85 <sup>1</sup>
Árbol 2	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	30,22 <sup>b</sup>	49,15 <sup>b,c</sup>	62,80 <sup>c</sup>	66,41 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	41,72 <sup>1</sup>
2 m	64,70 <sup>b</sup>	46,00 <sup>b</sup>	40,11 <sup>b</sup>	66,62 <sup>b</sup>	5,45 <sup>a</sup>	44,57 <sup>1</sup>
4 m	52,84 <sup>b</sup>	50,98 <sup>b</sup>	48,91 <sup>b</sup>	48,40 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	40,18 <sup>1</sup>
6 m	73,26 <sup>c</sup>	58,90 <sup>b,c</sup>	44,81 <sup>b,c</sup>	35,14 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	42,42 <sup>1</sup>
8 m	74,03 <sup>c</sup>	63,45 <sup>c</sup>	44,05 <sup>b,c</sup>	19,03 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	40,11 <sup>1</sup>
Árbol 3	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	22,52 <sup>b</sup>	8,54 <sup>a,b</sup>	7,99 <sup>a,b</sup>	41,09 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	16,08 <sup>1</sup>
2 m	54,17 <sup>b</sup>	23,48 <sup>b</sup>	39,82 <sup>b</sup>	23,29 <sup>b</sup>	2,00 <sup>a</sup>	28,55 <sup>1,2</sup>
4 m	58,33 <sup>b</sup>	40,58 <sup>b</sup>	47,3 <sup>b</sup>	43,01 <sup>b</sup>	14,55 <sup>a</sup>	40,75 <sup>1,2</sup>
6 m	53,68 <sup>b</sup>	42,70 <sup>b</sup>	53,37 <sup>b</sup>	40,07 <sup>b</sup>	2,2 <sup>a</sup>	38,41 <sup>2</sup>
8 m	69,19 <sup>c</sup>	43,82 <sup>b</sup>	53,57 <sup>b,c</sup>	5,67 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	34,45 <sup>2</sup>
Árbol 4	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	37,63 <sup>b</sup>	48,26 <sup>b</sup>	49,43 <sup>b</sup>	10,79 <sup>a</sup>	1,54 <sup>a</sup>	29,53 <sup>1</sup>
2 m	66,74 <sup>b</sup>	21,41 <sup>a</sup>	70,88 <sup>b</sup>	19,94 <sup>a</sup>	17,06 <sup>a</sup>	39,21 <sup>1</sup>
4 m	43,34 <sup>b</sup>	52,59 <sup>b,c</sup>	63,39 <sup>b,c</sup>	73,61 <sup>c</sup>	14,91 <sup>a</sup>	49,57 <sup>1</sup>
6 m	61,25 <sup>b</sup>	64,59 <sup>b</sup>	72,78 <sup>b</sup>	21,09 <sup>a</sup>	1,67 <sup>a</sup>	44,28 <sup>1</sup>
8 m	75,48 <sup>b</sup>	75,93 <sup>b</sup>	85,13 <sup>b</sup>	4,06 <sup>a</sup>	0,00 <sup>a</sup>	48,12 <sup>1</sup>
Árbol 5	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	7,59 <sup>a</sup>	19,19 <sup>a</sup>	18,94 <sup>a</sup>	44,83 <sup>b</sup>	3,81 <sup>a</sup>	18,87 <sup>1</sup>
2 m	48,30 <sup>a,b</sup>	33,05 <sup>a</sup>	68,15 <sup>a,b</sup>	78,01 <sup>b</sup>	40,80 <sup>a,b</sup>	53,66 <sup>2</sup>
4 m	0,00 <sup>a</sup>	74,43 <sup>b</sup>	87,14 <sup>b</sup>	76,22 <sup>b</sup>	9,20 <sup>a</sup>	49,40 <sup>2</sup>
6 m	66,11 <sup>b</sup>	66,13 <sup>b</sup>	72,66 <sup>b</sup>	24,11 <sup>a</sup>	9,04 <sup>a</sup>	47,61 <sup>2</sup>
8 m	75,67 <sup>b</sup>	62,58 <sup>b</sup>	79,47 <sup>b</sup>	32,76 <sup>a</sup>	2,87 <sup>a</sup>	50,67 <sup>2</sup>
Árbol 6	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	m <sub>3</sub>	m <sub>4</sub>	m <sub>5</sub>	Promedio
Basal	24,08 <sup>b</sup>	46,14 <sup>b,c</sup>	49,94 <sup>c</sup>	54,21 <sup>c</sup>	0,00 <sup>a</sup>	34,87 <sup>1</sup>
2 m	43,53 <sup>b</sup>	*	59,30 <sup>b</sup>	76,59 <sup>b</sup>	7,35 <sup>a</sup>	46,69 <sup>1</sup>
4 m	36,74 <sup>b</sup>	63,84 <sup>b,c</sup>	53,79 <sup>b,c</sup>	74,82 <sup>c</sup>	7,27 <sup>a</sup>	47,29 <sup>1</sup>
6 m	49,33 <sup>b</sup>	68,25 <sup>b</sup>	71,59 <sup>b</sup>	50,83 <sup>b</sup>	2,35 <sup>a</sup>	48,47 <sup>1</sup>
8 m	55,73 <sup>b</sup>	55,81 <sup>b</sup>	80,39 <sup>b</sup>	54,89 <sup>b</sup>	0,00 <sup>a</sup>	49,36 <sup>1</sup>

\* = secciones afectadas por nudos

Nota: promedios con letras y números diferentes indican diferencias estadísticamente significativas.

tó algún factor que generó stress hídrico, trayendo como consecuencia un embolismo que se tradujo en el desarrollo de tílides.

En sentido longitudinal, en cuatro de los seis árboles estudiados (66,67% del total); las cantidades de tílides se mantienen similares, desde el punto de vista estadístico, en los diferentes niveles de altura. En los dos árboles restantes se observó un incremento significativo de la cantidad de tílides desde la sección basal hasta 2 m de altura y a partir de ese punto se mantuvo constante desde el punto de vista estadístico (Cuadro 7).

Al realizar el análisis de regresión para las variables diámetro de poros, diámetro de punteaduras, longitud de elementos vasculares, proporción de poros solitarios y proporción de tílides, utilizando como variables independientes la altura y la distancia a la médula, se obtuvo que los modelos ajustados no fueron satisfactorios por cuanto el coeficiente de determinación R<sup>2</sup> fue en todos los casos menor a

0,35. Es posible que la variabilidad observada en estas variables esté influenciada por factores externos (calidad de sitio, la densidad de plantación, entre otros) que no fueron considerados en el modelo. Sólo en el caso del diámetro de los poros se obtuvo un R<sup>2</sup> igual a 0,625 y el análisis de varianza correspondiente indica que el modelo proporciona un buen ajuste. En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de regresión, puede observarse que cada uno de los coeficientes estimados es estadísticamente significativo a un nivel de significancia del 5%. El modelo ajustado es el siguiente:

$$Poros = 80,118 + 4,725A + 5,991D \quad (4)$$

Los resultados correspondientes a los análisis de regresión simple para las variables dependientes y donde se considera como variable independiente la distancia y se mantiene fijo el valor de la altura, mostraron que la bondad de ajuste de los modelos

**Cuadro 8.** Resultados del análisis de regresión para la variable diámetro de poros.

Model Summary

Modelo	R	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	Error estandar del estimado
1	,791(a)	,625	,620	19,6436

a Predictors: (Constant), altura, distancia

ANOVA(b)

Modelo		Suma of Cuadrados	g.l.	Cuadrado Medio	F	Sig.
1	Regresion	91308,966	2	45654,483	118,315	,000(a)
	Residual	54793,664	142	385,871		
	Total	146102,630	144			

a Predictors: (Constant), altura, distancia

b Variable dependiente: diámetro de poros

Coefficients(a)

Modelo		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
		B	Error Estandar	Beta	t	
1	(Constante)	80,118	4,127		19,411	,000
	distancia	4,725	,324	,798	14,591	,000
	altura	5,991	,625	,524	9,580	,000

a Variable dependiente: diámetro de poros

no es buena, siendo  $R^2$  en todos los casos menor a 0,5 y en muchos casos inferior a 0,1. Resultados similares se obtuvieron al utilizar las observaciones más cercanas a la médula ( $d=0$ ) y tomando como variable regresora la altura, aquí los valores de  $R^2$  estuvieron entre 0,1 y 0,34.

## CONCLUSIONES

- 1) La cantidad y tamaño de los poros muestra un patrón de variación, en sentido radial, bien definido: una disminución en la cantidad de poros y un aumento en su diámetro a medida que se avanza desde las adyacencias de la médula hacia las adyacencias del cambium. En sentido longitudinal, el menor diámetro promedio de los poros se observa en la sección basal para aumentar a los 4-6 m de altura y luego tender a mantenerse constante. La frecuencia o cantidad de poros muestra poca variación con la altura.
- 2) La longitud de elementos vasculares mostró una tendencia a mantenerse constante a través de la sección transversal. En los casos donde se observó variación, las diferencias sólo se produjeron entre los valores máximo y mínimo observado. En dirección longitudinal, el comportamiento más común fue el incremento de la longitud de los elementos de los vasos hasta 4 m de altura para luego estabilizarse.
- 3) El diámetro de punteaduras muestra un incremento desde las adyacencias de la médula hasta las adyacencias de la zona cambial. Las diferencias implican que de acuerdo a las categorías de IAWA Committee (1989), en las cercanías de la médula se presenten punteaduras medianas y cerca del cambium se ubiquen en la categoría de grandes. En sentido longitudinal se presenta poca variación.
- 4) La proporción de vasos solitarios mostró un comportamiento que, estadísticamente, se puede considerar como uniforme, tanto en dirección radial como axial.
- 6) La cantidad de tílides, a cualquier nivel de altura, tiende a mantenerse aproximadamente constante desde las adyacencias de la médula hasta  $\frac{3}{4}$  del radio de la sección transversal. Esto indica que aproximadamente el 75% de la sección transversal se encuentra constituida por duramen.

- 7) Mediante análisis de regresión lineal se ajustó un modelo para el diámetro de poros en función de la altura y la distancia desde la médula hacia las adyacencias del cambium. Para el resto de las variables estudiadas (diámetro de punteaduras, longitud de elementos vasculares, proporción de poros solitarios, porcentaje de tílides) no fue posible ajustar un modelo satisfactorio, ya que los coeficientes de determinación  $R^2$  fueron inferiores a 0,35; lo que indica que hay variables no consideradas (densidad actual de plantación, calidad de sitio) que pueden estar ejerciendo influencia sobre las variables en estudio. En futuras investigaciones se recomienda tomar en cuenta factores adicionales que permitan predecir el comportamiento de las variables mencionadas.
- 8) Confirmando reportes anteriores, en *Gmelina arborea* se presentan platinas múltiples, principalmente de tipo foraminadas. Aunque predominan las platinas de perforación simples, las platinas múltiples se encontraron en todos los individuos estudiados y en todos los niveles de altura.

## AGRADECIMIENTOS

A la empresa SMURFIT de Venezuela (División Forestal) por haber suministrado el material de estudio a través del profesor Daniel Calderón.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKACHUKU, A. 1985. The effects of some extrinsic and intrinsic factors on the proportion of vessels in *Gmelina arborea* Roxb. *Wood Sci. Technol.* 19: 4-12.
- CARLQUIST, S. 1989. *Comparative wood anatomy*. Springer-Verlag. Springer Series in Wood Science. New York. 436 pp.
- GONZÁLEZ, R., M. PLONCZAK Y J. STOCK. 2004. Plantaciones forestales e industrias asociadas en Venezuela. Aspectos socioeconómicos. *Rev. Forest. Venez.* 48(2): 111-117.
- IAWA COMMITTEE. 1989. List of microscopic features for hardwood identification. *IAWA Bull. n.s.* 10: 219-332.

- KRIBBS, D. 1968. *Commercial foreign woods in the american market*. Dover Publications Inc. New York. 241 pp.
- LEÓN, W. 2005. Cavidades intrusivas en fibras y parénquima de *Gmelina arborea* (Verbenaceae). *Rev. Forest. Venez.* 49: 91-93.
- MOYA, R. 2005. *Variacao da anatomia e da densidad básica da madeira de Gmelina arborea (Roxb.), em diferentes condicoes de clima e de manejo na Costa Rica*. Universidade de Sao Paulo. Piracicaba. 181 pp (Tesis de doctorado).
- OHYAYASHI, H. & T. SHOKURA. 1989. Anatomical structure of fast-growing tropical tree species with differing growth rates. *IAWA Bull. n.s.* 10: 342-343.
- OHTANI, J., W. JING, K. FUKAZAWA & X. SHAO. 1989. Multiples perforation plates in *Gmelina arborea* Roxb. (Verbenaceae). *IAWA Bull. n.s.* 10: 35-41.
- QUERALES, A. 2005. Tendencias de crecimiento en parcelas permanentes de *Gmelina arborea* de diferentes edades en varias fincas de la División Forestal Smurfit Cartón de Venezuela. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Escuela de Ingeniería Forestal (Informe de pasantía). Mérida, Venezuela. 40 pp.
- RICHTER, H. & M. DALLWITZ. 2006. *Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification and information retrieval. Version 16<sup>th</sup> april 2006*. <http://www.biodiversity.uno.edu/delta/wood/en/www/verg-marb.htm>.
- SEFORVEN. 1992. *Melina*. Servicio Autónomo Forestal Venezolano. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales Renovables. Serie Autoecología de especies. Cartilla N° 4. Caracas.