

Variación longitudinal del peso específico en la madera de *Centrolobium paraense* Tul. (Fabaceae)

Longitudinal variation of the specific gravity in wood

Centrolobium paraense Tul. (Fabaceae)

RAMÓN MORGADO¹,
LUIS GUTIÉRREZ¹,
PEDRO GARCÍA¹,
ARRIOJA TAIRIS¹,
MARÍA E. TORO²,
LUIS GÓMEZ²
y JESÚS VELÁSQUEZ²

Universidad Nacional Experimental de Guayana,
1 Programa de Investigación y Desarrollo, Upata, Bolívar, Venezuela
2 Laboratorio de Biotecnología de la Madera, Upata, Bolívar, Venezuela,
E-mail: jvelasquez@uneg.edu.ve

Recibido: 20-01-09 / Aceptado: 09-05-10

Resumen

Se evaluó la variabilidad del peso específico seco al horno en sentido axial, en la madera entre y dentro de árboles de la especie forestal *Centrolobium paraense* Tul, procedente del estado Bolívar, Venezuela. Los resultados señalan que el valor promedio del peso específico fue de $0,72 \pm 0,044$, con variaciones que oscilan entre 0,60 y 0,80. La tendencia de variación señala una disminución del parámetro evaluado en la medida que se incrementa la altura de evaluación. No se observó diferencias significativas en el peso específico entre los árboles evaluados. Sin embargo, dentro del árbol se evidenció la existencia de variabilidad y una fuerte correlación entre el peso específico y la altura de evaluación. El peso específico es en promedio 8% superior en la base del árbol ($0,75 \pm 0,043$) que en la parte superior del mismo ($0,69 \pm 0,031$).

Palabras clave: *Centrolobium paraense*, variación longitudinal, propiedad física, peso específico.

Abstract

The variability of specific gravity oven dry axially in the wood within and between trees of the *Centrolobium paraense* Tul, species, from the state Bolivar, Venezuela, was evaluated. The results showed that specific gravity was $0,72 \pm 0,044$ with variations between 0,60 and 0,80. The trend of variation of the parameter indicates a decrease with increasing height evaluation. There was no significant difference in specific gravity between the trees evaluated. However, inside the tree there was evidence of variability and a strong correlation between the specific gravity and height of evaluation. The specific gravity is 8% higher at the base of the tree ($0,75 \pm 0,043$) than in the top of it ($0,69 \pm 0,031$).

Key words: *Centrolobium paraense*, variation longitudinal, physical property, specific gravity.

1. Introducción

El peso específico y la densidad de la madera, están reconocidos como índices importantes para definir la calidad y usos de la misma, debido a su fuerte correlación con las propiedades mecánicas (Woodcock y Shier, 2002; Barajas, 1987; Wiemann y Williamson, 2002). El peso específico, ha sido definido como la relación entre la masa del cuerpo por la masa del volumen de agua desplazada a un determinado contenido de humedad, debido a que es una relación entre masas carece de unidades (Panshin y De Zeeuw, 1980). Aunque se han estimado las propiedades físicas y mecánicas de un

número considerable de especies latifoliadas en Venezuela (Mora y Arroyo, 1968; Vilela, 1968; Padt Refort, 1982), existe poca información en relación al comportamiento de esas propiedades en sentido axial y radial, entre y dentro de árboles de la misma especie.

En términos generales, la mayoría de los estudios se han enfocado sobre la evaluación de la variabilidad en sentido radial o perpendicular al eje del árbol, en pro de ubicar una demarcación entre madera juvenil y adulta (Igartúa *et al.*, 2003; Lei *et al.*, 1996; Wiemann y Williamson, 1988; Parolin, 2002), en una menor proporción se ha evaluado la variación axial, la cual se ha considerado menos consistente.

La variabilidad del peso específico de la madera, dentro de una especie es producto de un sistema complejo de factores interrelacionados, los cuales actúan como modificadores de los procesos fisiológicos que originan la formación de la madera (Panshin y De Zeeuw, 1980; Noshiro y Baas, 2000). Existen dos fuentes de variación respecto a las propiedades y características de la madera en el árbol: **a.** Las variaciones entre árboles; **b.** Las variaciones dentro del árbol (Fengel y Wegener, 1984; Igartúa *et al.*, 2003). Dado que la mayoría de las veces la variación dentro del árbol es superior a la variación entre árboles, es imprescindible cuantificarla y definirla de la forma más precisa, ya que pueden condicionar los productos que se obtienen al utilizar este recurso (Zobel y Van Buijtenen, 1989; García *et al.*, 2003).

Las variaciones entre árboles, vienen generalmente explicadas por causas genéticas, factores ecológicos, geográficos y gestión de la masa (Hillis, 1987; Wiemann y Williamson, 2002). Mientras que las variaciones dentro del árbol, están relacionadas con la variabilidad en aspectos como: características de los incrementos de crecimiento; variabilidad producida de médula a corteza (variabilidad radial); variabilidad ocasionada por diferentes niveles de altura (variabilidad longitudinal); variación en la composición química y de la organización; número y tamaño de los componentes anatómicos que conforman el tejido xilemático (Bamber *et al.*, 1982; Espinoza y León, 1993).

El estudio y conocimiento de las características anatómicas y tecnológicas de la madera, son herramientas valiosas que ayudan a su mejor aprovechamiento y permiten dar a cada especie o grupo de especies, los usos más acordes con sus propiedades (Wangaard, 1981). Sin embargo, los estudios del género *Centrolobium*, sobre este tema en particular son escasos. La presente investigación tiene como objetivo, determinar el peso específico seco de la madera de la especie *Centrolobium paraense* procedentes del estado Bolívar, Venezuela, a diferentes estratos de alturas, con el propósito de evaluar el nivel de variabilidad de esta propiedad en la especie.

C. paraense, es una especie forestal comercialmente conocida en el exterior, y cuya distribución se extiende desde Panamá, Colombia, Venezuela, Trinidad y Tobago, Guyana y Brasil, creciendo mayormente en bosques siempreverdes de tierras

bajas, parches de bosques alrededor de sabanas y sabanas entre 50 y 330 msnm; en Venezuela, es conocida con el nombre común de cartán, su distribución esta reportada en los estados Aragua, Bolívar, Cojedes, Guárico, Lara, Portuguesa y Zulia (Llamozas *et al.*, 2003).

La especie ha sido incluida en el “*Libro Rojo de la Flora Venezolana*” como vulnerable a la extinción, debido a la explotación selectiva de su madera y la destrucción de su hábitat natural, para el desarrollo de actividades agropecuarias. *C. paraense*, presenta un tipo particular de veteado en su madera, la que se caracteriza por su color amarillo o naranja, con franjas muy finas de color oscuro que varían entre rojas, moradas o negras. La madera es ampliamente utilizada en la mueblería en general, elaboración de objetos artesanales y utensilios caseros, estantillos para cercas, la elaboración de pisos y construcción en general (Llamozas *et al.*, 2003).

2. Materiales y métodos

2.1 Obtención de muestras de madera

La obtención de las muestras de madera se realizó en los alrededores del asentamiento campesino La Mina ubicado a 15 km de la ciudad de Upata, estado Bolívar, Venezuela. La localidad de Upata, esta ubicada a una altura promedio de 335 msnm (7° 96' latitud norte y 62° 31' longitud oeste), presenta una temperatura media anual de 33°C, la evapotranspiración media anual es de 1127 mm y 1695 mm de precipitación media anual (Marn, 2006). Se seleccionaron 3 árboles de la especie forestal *C. paraense*, con fustes sin evidencia visible de enfermedad o daño, con mínima inclinación respecto a la posición vertical. Se utilizaron ejemplares adultos ubicados con distanciamiento entre sí superior a 500 m, para evitar árboles estrechamente relacionados entre si. Las características generales de los árboles seleccionados se muestran en el cuadro 1.

Las muestras para la determinación del peso específico en cada individuo, se tomaron a cuatro diferentes niveles de alturas (Figura 1): en la base (aproximadamente a 30 cm sobre el nivel del suelo), a 1,30 m sobre el nivel del suelo, y al 60% y 90% de la altura del fuste del árbol (consideradas desde el primer corte hasta la primera ramificación), las

Cuadro 1. Características generales de los árboles de *Centrolobium paraense* (cartán) colectados para evaluación.

Árbol	Altura fuste (m)	Altura de copa (m)	Altura total (m)	DAP (cm)
1	8,90	4,20	13,30	51
2	10,20	5,0	15,20	54
3	8,70	3,85	12,85	50

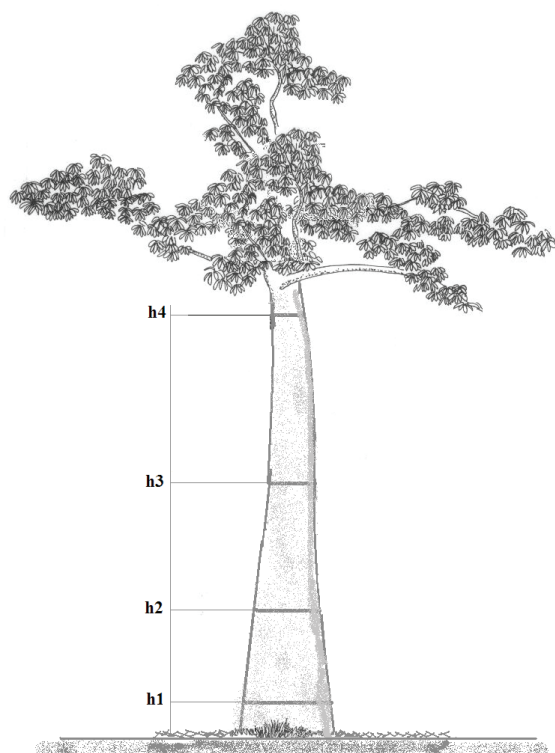


Figura 1. Esquema empleado para la extracción de las muestras de madera en la especie *Centrolobium paraense* a diferentes alturas de muestreo.

cuales fueron denotadas como alturas h1, h2, h3 y h4 respectivamente. De cada punto de muestreo, en cada árbol, se extrajeron rodajas de 15 cm de espesor, las mismas fueron rotuladas y colocadas en bolsas de polietileno para evitar su desecación brusca hasta el traslado al laboratorio. El peso específico en cada altura, fue producto del promedio estimado, de cinco determinaciones en puntos equidistantes, sobre una secuencia proporcional a la longitud de los radios desde la medula hasta la corteza (0%, 25%, 50%, 75% y 90%, respectivamente).

2.2 Determinación del peso específico

La determinación del peso específico seco, se realizó según lo establecido por la Asociación Americana para Ensayo de Materiales (ASTM, 1990), siguiendo lo señalado en la norma D 2395-83, y los lineamientos establecidos por Durán (1999), sobre probetas de madera con dimensiones de 2 cm de aristas, libres de nudos, pudriciones, defectos y rajaduras. El peso seco, se determinó colocando las probetas de madera en estufa hasta alcanzar peso constante (105 ± 3 °C). El volumen de cada probeta se determinó por desplazamiento de agua (agua destilada 26 °C).

2.3 Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la variación del peso específico de la madera entre árboles (efecto árbol), y entre las alturas (efecto altura) (Milton y Arnol, 2004). La distribución de la normalidad y la homogeneidad residual de la varianza para cada punto de muestreo fue chequeada aplicando las pruebas de *Kolmogorov-Smirnov* y el estadístico de *Levene* (Pardo y Ruíz, 2005). Se utilizó un análisis de regresión en cada árbol, para describir la variación de la calidad de la madera como función de la altura, el coeficiente de determinación calculado (R^2), explicó las variaciones existentes en cada nivel de altura. Antes de hacer el análisis de regresión general, se realizó una evaluación preliminar, para chequear si la información obtenida de los tres arboles podían ser combinadas para un análisis final. Todas las pruebas se realizaron empleando el paquete estadístico SPSS 13.0, con un nivel de confianza del 95%.

3. Resultados y discusión

Las diferencias dentro del efecto “árbol” y “altura de evaluación” en el peso específico en la madera de *C. paraense*, fueron chequeadas usando la prueba de Games y Howell, sobre un análisis de varianzas de un factor. Esta prueba puede ser aplicada cuando la evaluación de la normalidad o de igualdad de varianzas falla, tal es el caso de la distribución del peso específico en esta investigación, la cual se refleja en el bajo valor del nivel crítico asociado al estadístico de *Levene* (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valores críticos (p), del análisis de varianzas y homogeneidad residual, del peso específico en la madera de *Centrolobium paraense*, entre arboles y en función de la altura de muestreo.

Fuente de variación	Nivel de significancia		Estadístico de Levene
	0,05	0,01	
Árbol	0,10	0,10	0,001
Altura	0,000*	0,000*	0,006
* $p \leq 0,001$			

En el cuadro 2, se observa que el efecto árbol, no mostró diferencias significativas para el parámetro evaluado a un nivel de significancia del 5% y 1% respectivamente. Es importante señalar que en la investigación se evaluaron tres arboles, un mayor número de individuos posiblemente tendería a mostrar diferencias significativas. Futuros estudios donde se incrementen el número de individuos a evaluar son necesarios para aclarar este aspecto. Como el efecto altura fue significativamente diferente ($p \leq 0,001$), los valores medios del peso específico fueron calculados en cada altura por árbol, así como el efecto medio entre las alturas.

La ausencia de diferencias significativas determinadas en la investigación, podría estar relacionada con lo establecido por diversos autores, quienes señalan, que la variabilidad en propiedades físicas, químicas y anatómicas, entre árboles de la misma especie, sólo será altamente significativa, en aquellos casos donde se evalúan especies sometidas a diferentes condiciones y tasas de crecimiento, ubicación geográfica, manejo forestal y condiciones

edafoclimáticas diferentes (Hillis, 1987; Barajas, 1987; Zhang, 1995; Jorge *et al.*, 2000; Woodcock *et al.* 2000; Gominho *et al.*, 2001). Los resultados de la evaluación del peso específico en la madera de *C. paraense*, a cuatro niveles de altura, se muestra de forma resumida en el cuadro 3.

El peso específico promedio determinado en la madera de *C. paraense*, fue de $0,72 \pm 0,044$ con valores mínimos y máximos de 0,60 y 0,86 respectivamente. Este resultado no difiere sustancialmente del reportado en la literatura especializada sobre la madera de la especie, según lo planteado por Vilela (1968) y Mora y Arroyo (1968) para la especie procedente de la Guayana Venezolana, quienes señalaron un valor de peso específico seco de 0,74, esta evaluación se realizó sobre un solo individuo y con un diámetro a la altura de pecho inferior al empleado en esta investigación (DAP = 41 cm). Considerando los criterios establecido por Centeno (1978; 1986) sobre esfuerzos de diseño, trabajo y grupos estructurales de las maderas Venezolanas, la madera de *C. paraense*, puede ser clasificada como parte del grupo estructural "A".

En relación al factor altura, en el cuadro 3, se observa que en la posición inicial (h1) el peso específico de la madera es superior al valor medio determinado en la especie, en todos los individuos evaluados. Destaca la altura h2 (correspondiente a 1,30m sobre el nivel del suelo), por presentar un valor promedio similar al obtenido para la especie. La tendencia de variación observada en cada individuo, claramente denota una disminución lineal y sistemática del parámetro evaluado desde la base hasta el tope del fuste del árbol, tal y como se mues-

Cuadro 3. Variación del peso específico en la madera de *Centrolobium paraense* provenientes de la localidad de Uputa, Bolívar, Venezuela.

Árbol	Alturas de Evaluación				Media aritmética	R ²
	0,30m	1,30m	60%	90%		
1	0,74±0,029 (0,66 - 0,79)	0,71±0,018 (0,66 - 0,78)	0,71±0,038 (0,65 - 0,80)	0,68±0,028 (0,61 - 0,73)	0,71±0,035 (0,61 - 0,80)	0,90
2	0,77±0,051 (0,67 - 0,86)	0,73±0,055 (0,63 - 0,83)	0,71±0,032 (0,64 - 0,77)	0,69±0,032 (0,62 - 0,74)	0,72±0,052 (0,62 - 0,86)	0,97
3	0,75±0,042 (0,65 - 0,83)	0,72±0,042 (0,63 - 0,80)	0,70±0,022 (0,66 - 0,76)	0,70±0,035 (0,61 - 0,73)	0,71±0,041 (0,60 - 0,83)	0,87
Valor medio	0,75^a±0,043 (0,65 - 0,86)	0,72^b±0,043 (0,63 - 0,83)	0,71^b±0,031 (0,64 - 0,80)	0,69^c±0,031 (0,60 - 0,77)	0,72±0,044 (0,60 - 0,86)	0,96

Valores con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0,05$)

tra en el cuadro 3 y en la figura 2, para cada árbol bajo evaluación. Esta tendencia de variación en *C. paraense*, está en concordancia con lo señalado por Arroyo (1983) y Pashin y De Zeeuw (1980), quienes la clasifican como patrón de variación Tipo I.

La correlación entre el peso específico de la madera y la altura de muestreo en el fuste del árbol, fue significativa al nivel del 5%. En esta investigación, el 96% de las variaciones del peso específico son explicadas por variaciones en la altura donde se tome la muestra para análisis. Los resultados observados, revelan un efecto sistemático de la altura sobre el peso específico de la madera (disminución), el cual podría estar relacionado con las fluctuaciones en el comportamiento, que experimentan las células iniciales cambiales en el árbol en diferentes edades de funcionamiento, las cuales se reflejan sobre las propiedades físicas y mecánicas de la madera formada (Pashin y De Zeeuw, 1980; Zobel y Van Buijtenen, 1989).

El peso específico y la densidad de la madera, están directamente relacionados con parámetros como el diámetro de la célula, el espesor de la pared celular, la porosidad y la proporción de madera temprana, tardía, adulta y juvenil. Diversos reportes señalan que la proporción de madera tardía esta inversamente relacionada con la altura del árbol, en cambio la proporción de madera juvenil esta directamente relacionada con la altura del mismo (Pashin y De Zeeuw, 1980; Tsoumis, 1991; Alteyrac *et al.*, 2005). La variación de estos aspectos, permitiría ofrecer una explicación lógica a la disminución del peso específico con respecto a la posición

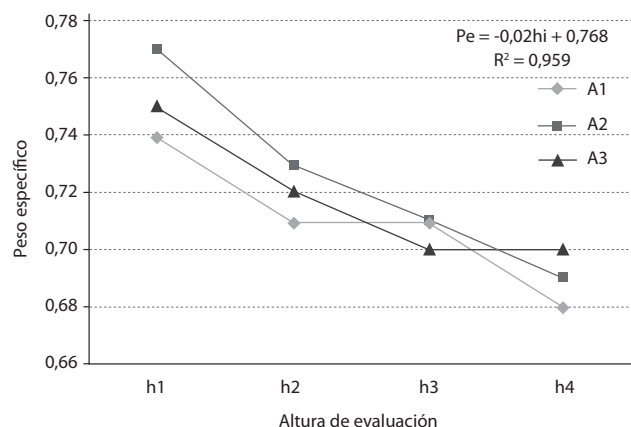


Figura 2. Tendencia de variación axial del peso específico seco, en la madera de la especie *Centrolobium paraense*. Ai denota los arboles bajo estudio, hi denota las alturas de muestreo.

vertical en la especie bajo estudio, para ello se requiere realizar evaluaciones más específicas proyectadas sobre la caracterización de las proporciones de madera juvenil/adulta en la especie.

Al evaluar los resultados, producto de la combinación o agrupación de todos los datos colectados, estadísticamente se observaron diferencias significativas entre las alturas h1 y h2 ($p \leq 0,05$, Cuadro 2), con un evidente nivel de variación de 4% (en disminución). Las alturas h2 y h3 no fueron estadísticamente diferentes, entre ellas se observó un leve nivel de variación, alrededor de 1%. El peso específico seco, determinado en la altura h4, denotó diferencias altamente significativas, en comparación con el valor medio de las otras tres alturas evaluadas, evidenciándose una variación de 8%, 4% y 3% respectivamente, para las alturas h1, h2 y h3. Las pruebas de diferencia mínima significativa, señalan la existencia de tres subconjuntos homogéneos (Cuadro 4), en respaldo a los resultados del análisis estadístico aplicado, en la cual se observa, que el peso específico en las altura h1 y h4, forman subconjuntos independientes, en cambio, las alturas h2 y h3, están agrupadas en un solo subconjunto denotándose la ausencia de diferencias estadísticas.

Los diagramas de cajas de la figura 3, ofrecen información descriptiva sobre el comportamiento de la variable peso específico en los cuatro grupos comparados (alturas). Los diagramas muestran

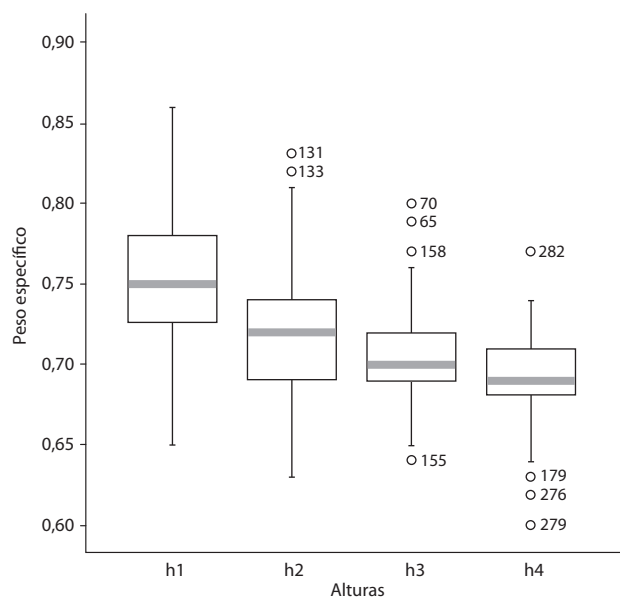


Figura 3. Diagrama de cajas en relación a la variación axial del peso específico seco, en la madera de *Centrolobium paraense*.

Cuadro 4. Agrupación del peso específico en relación a su similitud o diferencias mínimas entre alturas.

Alturas	Subconjunto para alfa = 0,05		
	1	2	3
4	0,6912		
3		0,7135	
2		0,7200	
1			0,7504
Sig.	1,000	0,133	1,000

con claridad, que el parámetro evaluado disminuye en la medida que se incrementa la altura de muestreo, evidenciándose mayor promedio en la parte baja del árbol (mayor mediana) entre las alturas h1 y h2, en comparación con las alturas h3 y h4. Así mismo, la amplitud inter cuartílica de los datos, señalan que el grado de dispersión del 50% de los casos centrales, es mayor a menores alturas. De igual manera, en el diagrama de cajas es evidente, que la dispersión de la variable peso específico en la parte baja del árbol, es mayor (cajas más altas y bigotes más largos) que en la parte superior. En líneas generales se observó que el peso específico es en promedio, 8% superior en la base del árbol ($h1 \sim 0,75$) que en la parte superior del mismo ($h4 \sim 0,69$).

El perfil o tendencia de variación axial del peso específico determinado en la madera de la especie *C. paraense* en esta investigación, coincide con lo señalado previamente por diferentes autores. So *et al.*, (2002), aplicando la técnica de espectroscopia de infrarrojo cercano, determinaron que para la especie *Pinus tadea*, el peso específico disminuye con la altura del árbol ($r = 0,82$), señalando que la base provee mayores valores y menor proporción de madera juvenil. Woodcock y Shier (2002), mencionan que un valor relativamente elevado del peso específico en la madera cercano a la base, obedece a una necesidad de refuerzo mecánico en el árbol durante la etapa de crecimiento vertical favorable y desarrollo del dosel.

Lei *et al.*, (1996), en la especie *Quercus garryana*, señalaron que dentro del árbol el peso específico fue significativamente mayor en la base que en la parte superior del fuste, aproximadamente un 8% mayor. Nogueira *et al.*, (2005), al evaluar 310 árboles en el Amazonas de Brasil, señalan que en el 87% de los casos, la propiedad física (densidad) disminuye con la altura de muestreo en el árbol.

Bosman (1996), en dos especies tropicales (*Shorea parvifolia* y *Shorea leprosula*), señaló que el patrón de variación del peso específico en la madera de esas especies fue una disminución en los primeros estratos de altura, luego se incrementó hasta el tope del árbol igualando en muchos casos el valor inicial cercano a la base. Por otro lado Quihó y Pereira (2001) para *Eucalyptus globulus* señalaron un incremento gradual del peso específico de la madera desde la base hasta 80% de la altura del árbol. Este comportamiento puede estar relacionado con factores genéticos o con un incremento del espesor de la pared celular desde la base al ápice del árbol.

4. Conclusiones

El peso específico seco al horno, en la madera de la especie *C. paraense*, procedente del estado Bolívar, Venezuela, mostró un valor promedio de $0,72 \pm 0,044$. Los resultados señalan la ausencia de diferencias significativas, en el parámetro evaluado, entre los individuos empleados en el estudio (efecto "árbol"). Sin embargo, dentro del árbol al considerar el efecto "altura", se evidenció la existencia de variabilidad y una fuerte correlación entre el peso específico y la altura de evaluación. La tendencia de variación señala una disminución del parámetro evaluado en la medida que se incrementa la altura de evaluación. Esta tendencia de producir madera más resistente en la base podría estar relacionada con la necesidad del árbol para resistir impactos y presiones mecánicas por efectos del viento, desarrollo del dosel y crecimiento longitudinal, así como un incremento de la proporción de madera juvenil con el incremento de la altura.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Fonacyt por el financiamiento otorgado a través del fortalecimiento del Centro Biotecnológico de Guayana (Cebioteg) de la Universidad Nacional Experimental de Guayana (Uneg) bajo el código Pem 2001001639, y a la Iniciativa de Especies Amenazadas (IEA) de Provita, a través del proyecto 2008-17.

6. Referencias bibliográficas

- ALTEYRAC, J., S. ZHANG, A. CLOUTIER y J. RUEL. 2005. Influence of stand density on ring width and wood density at different sampling heights in Black spruce (*Picea mariana*). *Wood and Fiber Science* 37(1): 83-94.
- ARROYO, J. 1983. *Propiedades físico-mecánicas de la madera*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela. 197 p.
- ASTM. 1990. *Standard tests methods for specific gravity of wood and wood-based materials*. ASTM D 2395-83. Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.09. Philadelphia. USA. 56 p.
- BAMBER, R., R. HORNE y A. GRAHAM. 1982. Effect of fast growth on the properties of *Eucalyptus grandis*. Australia. *Forest Research* 12: 163-167.
- BARAJAS, J. 1987. Wood specific gravity in species from two tropical forests in Mexico. *IAWA Bulletin*, 8 (2): 143-148.
- BOSMAN, M. 1996. Longitudinal variation in selected wood properties of naturally and plantation grown light Red meranti (*Shorea leprosula* y *Shorea parvifolia*, Dipterocarpaceae). *IAWA Journal* 17(1): 5-14.
- CENTENO, J. 1978. *Esfuerzos de trabajo y grupos estructurales para maderas Venezolanas*. Publicación técnica. Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, Venezuela. 25 p.
- CENTENO, J. 1986. *Esfuerzos de diseño para maderas Venezolanas*. Segunda edición. Instituto Forestal Latinoamericano. Mérida, Venezuela. 31 p.
- DURÁN, J. 1999. *Manual de Experimentos para la Física de la Madera*. Consejo de Publicaciones, Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 273 p.
- ESPINOZA, N., y W. LEÓN. 1993. Influencia de las características anatómicas sobre las propiedades mecánicas de la madera. *Revista Forestal Venezolana* 37: 21-28.
- FENGEL, D. y G. WEGENER. 1984. *Wood: Chemistry, Ultrastructure, Reactions*. Walter de Gruyter. New York, USA. 613 p.
- GARCÍA, L., A. GUINDEO y C. PERAZA. 2003. *La Madera y su Anatomía*. Editorial Mundi-Prensa/Fundación Conde Valle de Salazar. AITIM. Madrid, España. 327 p.
- GOMINHO, J., J. FIGUEIRA, J. RODRÍGUEZ y H. PEREIRA. 2001. Within-tree variation of heartwood extractives and wood density in the Eucalypt hybrid urograndis (*Eucalytus grandis* & *E. urophylla*). *Wood and Fiber Science* 33(1): 3-8.
- HILLIS, W. 1987. *Heartwood and tree exudates*. Springer Series in Wood Science. Syracuse, New York, USA. 267 p.
- IGARTÚA, D., S. MONTEOLIVA, M. MONTERUBBIANESI y M. VILLEGAS. 2003. Basic density and fibre length at breast height of *Eucalyptus globulus* for parameter prediction of the whole tree. *IAWA Journal* 24(2): 173-184.
- JORGE, F., T. QUILHO y H. PEREIRA. 2000. Variability of fibre length in wood and bark in *Eucalyptus globulus*. *IAWA Journal*, 21(1): 41-48.
- LEI, H., M. MILOTA y B. GARTNER. 1996. Between and within tree variation in the anatomy and specific gravity of wood in Oregon White oak (*Quercus garryana* Dougl.). *IAWA Journal* 17(4): 445-461.
- LLAMOZAS, S., R. DE STEFANO, W. MEIER, R. RIINA, F. STAUFFER, G. AYMARD, O. HUBER y R. ORTIZ. 2003. *Libro Rojo de la Flora Venezolana*. Editado por Fundación Polar, Provita, Fundación Instituto Botánico de Venezuela. Caracas, Venezuela. 557 p.
- MARN. 2006. *Datos climatológicos de la localidad de Upata, Edo. Bolívar, Venezuela*. Dirección General de Información e Investigación del Ambiente. Dirección de Hidrología División de Hidrometeorología. Ministerio del Ambiente, Seccional Upata. Bolívar, Venezuela. 56 p.
- MILTON, S. y J. ARNOLD. 2004. *Probabilidad y Estadística, con aplicaciones para ingeniería y ciencias computarizadas*. Editorial Mc Graw Hill. México. 804 p.
- MORA, J. y J. ARROYO. 1968. *Propiedades Físicas y Mecánicas de 44 Maderas de la Guayana Venezolana*. Ministerio de Agricultura y Cría. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 10 p.
- NOSHIRO, S. y P. BAAS. 2000. Systematic wood anatomy of Cornales and allies. *IAWA Journal* 19(1): 43-97.
- NOGUEIRA, E., N. BRUCE y P. FEARNSSIDE. 2005. Wood density in dense forest in central Amazonia, Brazil. *Forest Ecology and Management* 208(1-3): 261-286.
- PADT REFORT. 1982. *Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino*. Editado por Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú. 205 p.
- PANSHIN, A. y C. DE ZEEUW. 1980. *Textbook of wood technology*. Fourth edition. McGraw-Hill. New York, USA. 722 p.
- PARDO, A. y M. RUÍZ. 2005. *Análisis de datos con SPSS 13 Base*. McGraw Hill/ Interamericana. España. 600 p.
- PAROLIN, P. 2002. Radial gradients in wood specific gravity in trees of central Amazonian Floodplains. *IAWA Journal* 23(4): 449-457.
- QUILHÓ, T. y H. PEREIRA. 2001. Within and between-tree variation of bark content and wood density of *Eucalyptus globulus* in commercial plantations. *IAWA Journal* 22(3): 255-265.

- SO, C., L. GROOM, T. RIALS, R SNELL, S. KELLEY y R. MEGLEN. 2002. Rapid assessment of the fundamental property variation of wood. Proceeding of the eleventh biennial southern silvicultural research conference. Gen. Tech. Rep. SRS-48. Department of Agriculture. Forest Service, Southern Research Station Asheville, NC, USA. 622 p.
- TSOUMIS, G. 1991. *Science and technology of wood. structure, properties, utilization*. Van Nostrand Reinhold. New York. USA. 494 p.
- VILELA, E. 1968. *Propiedades Físicas y Mecánicas de 137 Maderas de la Guayana Venezolana*. Vol. 1. Ministerio de Agricultura y Cría. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 88 p.
- WANGAARD, F. 1981. *Wood: its structure and properties*. I. Forest Products Laboratory. USA. 465 p.
- WIEMANN, M. y G. WILLIAMSON. 1988. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. *Wood and Fiber Science* 20 (3): 344-349.
- WIEMANN, M. y G. WILLIAMSON. 2002. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature, and precipitation. *Wood and Fiber Science* 34(1): 96-107.
- WOODCOCK, D., G. DOS SANTOS y C. REYNEL. 2000. Wood characteristics of Amazon Forest types. *IAWA Journal* 21(3): 227-292.
- WOODCOCK, D. y A. SHIER. 2002. Wood specific gravity and its radial variations: the many ways to make a tree. *Trees* 16(2): 437-443.
- ZHANG, S. 1995. Effect of growth rate on wood specific gravity and selected mechanical properties in individual species from distinct wood categories. *Wood Science and Technology* 29(6): 451-465.
- ZOBEL, B. y J. VAN BUIJTENEN. 1989. *Wood Variation: its Causes and Control*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 200 p.