

Gradiente radial del peso específico en la madera de *Carapa guianensis* Aublet (Meliaceae)

Specific radial gradient in Carapa guianensis Aublet (Meliacea) wood

MARÍA E TORO¹,
JUDITH RUIZ²,
JESÚS VELÁSQUEZ¹,
y LUIS GÓMEZ¹

¹ Universidad Experimental de Guayana, Laboratorio de Biotecnología de la Madera, Upata, Bolívar, Venezuela.

² Universidad Experimental de Guayana, Programa de Investigación y Desarrollo, Upata, Bolívar, Venezuela, E-mail: jvelasquez@uneg.edu.ve

Recibido: 15-09-08 / Aceptado: 12-10-09

Resumen

Con el objetivo de conocer la variación radial del peso específico en la madera de la especie *Carapa guianensis* Aublet, provenientes de la Región Guayana, se obtuvieron muestras de madera de 6 árboles de distribución natural de la especie, en la Reserva Forestal de Imataca, de los que se extrajo una muestra de madera a 1,30 m de altura. Cada muestra se seccionó en cinco partes en dirección de los radios desde la medula a la corteza. Los resultados mostraron diferencias estadísticas significativas en el peso específico de la madera en dirección radial, el cual presentó un valor promedio de 0,57, por lo que se puede considerar una madera moderadamente dura y pesada dentro del grupo estructural B. La tendencia de variación observada señala un incremento lineal positivo en el gradiente medula corteza, evidenciándose preliminarmente, una diferenciación entre madera juvenil y adulta a partir de 75% de la distancia radial medula corteza.

Palabras clave: *Capara guianensis*, propiedad física, peso específico.

Abstract

With the objective to discover the radial variation of the specific weight of wood of *Carapa guianensis* Aublet, from the region of Guayana, wood samples were obtained from 5 trees of the species natural distribution, in the Forrest Reserve of Imataca, from which sample of wood was extracted at a height of 1.30 m. Each sample was sectioned in five parts in direction of cellular radius from the pith to the bark. The results evidenced significant statistical differences in the specific weight of wood in radial direction, which presented a mean value of 0.57, for which it can be considered a moderately hard and heavy wood, in the structural group B. The variation tendency observed indicates a positive linear increase in the pith-bark gradient, preliminary evidencing a differentiation between juvenile and adult wood starting at 75% pith-bark radial distance.

Key words: *Capara guianensis*, physical property, specific gravity.

1. Introducción

En los bosques de la Guayana Venezolana predominan un elevado número de especies forestales maderables de importancia económica y de múltiples usos, dentro del cual se encuentra la especie *Carapa guianensis* (Aublet). Esta especie integra a la familia de las Meliaceae, que unida a los géneros *Cedrela*, y *Swietenia*, resaltan debido a lo atractivo de su madera. Su distribución natural es considerablemente extensa en África tropical y América, en la cual se extiende, desde Honduras hasta Brasil y Perú, enlazada con la flora Amazónica en Colombia, Venezuela y las Guayanas (Betancourt, 1987).

La madera de *C. guianensis*, es apreciada en los mercados nacionales e internacionales, y utilizada ampliamente en diversos productos de alto valor

agregado, como son: chapa para marquetería, cubiertas de contrachapados, decorado interior, vigas, muebles y ebanistería en general. Está considerada una madera con buenas cualidades de trabajabilidad en relación al cepillado, torneado, moldurado, taladrado y lijado (Betancourt, 1987; IFLA, 1989). Sin embargo y a pesar de las bondades de su madera, durante el proceso de aprovechamiento forestal en campo, se observa un elevado número de rolas con profundas grietas a lo largo de todo el fuste, lo que genera pérdidas significativas para el industrial de la madera.

La variación radial en el peso específico de la madera dentro del árbol tiene implicaciones prácticas, debido a que ésta se relaciona fuertemente con el tipo y calidad del producto a obtener y puede afectar directamente las propiedades de resis-

tencia mecánica, contracciones y dilataciones de la madera (Tsoumis, 1991). El estudio y el conocimiento de la variabilidad de las propiedades físicas y tecnológicas en 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 (Wanggaard, 1981). Sin embargo, los estudios del género *Carapa*, sobre este tema son escasos en Venezuela.

El modelo de variación radial de la densidad y el peso específico dentro del árbol muestra diferentes patrones de variación, que van desde una relación lineal positiva hasta relaciones lineales negativas, con la edad fisiológica de las células del cambium vascular, observándose en algunos casos una transición gradual entre la madera juvenil y adulta (Zobel y Van Buijtenen, 1989).

La variabilidad radial del peso específico de la madera ha sido evaluada principalmente en especies coníferas económicamente importantes y latifoliadas provenientes de plantaciones (Savva *et al.*, 2002; Igartúa *et al.*, 2000 y 2003; Villaseñor y Rutiaga, 2000; Yu *et al.*, 2003; Veenin *et al.*, 2005) y de bosque natural (Lei *et al.*, 1996, Wiemann y Williamson, 1988; Woodcock *et al.*, 2000; Parolin, 2002). Actualmente existe poca información relacionada con la determinación de la variabilidad de la madera en casos específicos de especies tropicales de importancia económica provenientes de los bosques de la Guayana Venezolana. El presente trabajo plantea como objetivo, realizar un estudio técnico científico relacionado con la evaluación y determinación del patrón de variación en el sentido radial, del peso específico seco de la madera de *C. guianensis* (carapa), por ser este uno de los indicadores más apropiados para estimar la calidad de los productos y elementos de madera (Zobel y Van Buijtenen, 1989; Tsoumis, 1991; Wiemann y Williamson, 2002).

2. Materiales y métodos

2.1 Obtención de muestras de madera

La obtención de las muestras de madera se realizó en la Unidad II de la Reserva Forestal Imataca, Edo. Bolívar Venezuela. Geográficamente, ubicada entre las coordenadas 08°00' y 08°36' latitud norte y 61° 29' y 61° 58' longitud oeste. Altitud media de 270

msnm, temperatura promedio anual de 25,4 °C, la precipitación anual se ubica en 1.696 mm. Se seleccionaron 5 árboles de la especie *C. guianensis*, con fustes sin evidencia visible de enfermedad o daño, con mínima inclinación respecto a la posición vertical. Las características generales de los árboles seleccionados se muestran en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los árboles de *Carapa guianensis*, colectados para evaluación.

Árbol	DAP (cm)	Altura Fuste (m)	Altura Total (m)
1	56	16,15	27,15
2	37	11,10	16,10
3	45	12,25	18,35
4	52	15,70	20,90
5	50	15,30	19,45

En cada ejemplar se demarcó la orientación cardinal Norte-Sur. De cada punto de muestreo en cada árbol se extrajo una rodaja de 10 cm de espesor, éstas fueron rotuladas y colocadas en bolsas de polietileno para evitar su desecación brusca hasta el traslado al laboratorio. Para el estudio de la variación radial las muestras se tomaron sobre una secuencia proporcional a la longitud de los radios desde la medula hasta la corteza, tal y como se ilustra en la figura 1. Partiendo de los alrededores de la medula (0%) con incrementos radiales de 25% hasta llegar al 90 % de la sección radial (0%, 25%, 50%, 75% y 90%, respectivamente). Una probeta de cada ejemplar fue enviada a la xiloteca (MER) de la Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales de la Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.

2.2 Determinación del peso específico

La determinación del peso específico anhidro, se realizó según lo establecido por la Asociación de Pruebas Estándar para Materiales (ASTM, 1990), siguiendo lo señalado en la norma D 2395-83 y los lineamientos establecidos por Duran (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 a estufa durante un periodo de

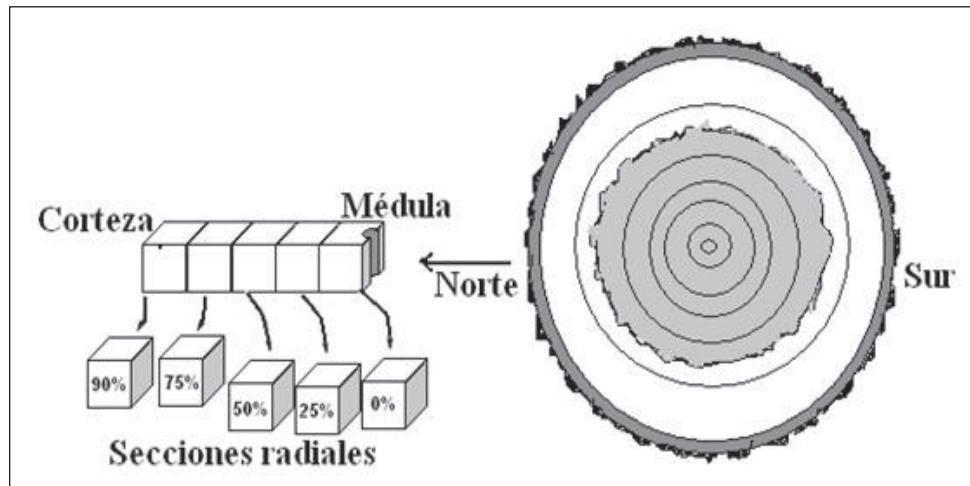


Figura 1. Esquema empleado para la extracción de muestras de madera al evaluar la variación radial del peso específico en la madera de *Carapa guianensis*.

tres días (105 ± 3 °C) consecutivos hasta alcanzar peso constante. 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 los cinco puntos de muestreo radial (efecto distancia radial) (Milton y Arnold, 2004). La distribución de la normalidad y la homogeneidad residual de la varianza para cada punto de muestreo fue interpretada aplicando las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y el estadístico de Levene (Pardo y Ruíz, 2005). La relación entre el peso específico y el distanciamiento radial desde la medula hasta la zona cambial fue evaluado por un análisis de correlación simple individualmente para cada árbol. Toda las pruebas se realizaron empleando el paquete estadístico SPSS 13, con un nivel de confianza del 95%.

3. Resultados y discusión

En el cuadro 2, se muestran los resultados de la evaluación radial del peso específico seco en la madera de la especie *C. guianensis*. Los datos muestran variaciones particulares de los valores absolutos del peso específico de la madera, desde los alrede-

dores de la medula hasta la periferia del tronco, en cada uno de los árboles evaluados.

El valor promedio general del peso específico determinado para la madera de la especie es de $0,57 \pm 0,06$ con valores mínimos y máximos de 0,39 y 0,70 respectivamente, lo que permitiría clasificarla, en función de los parámetros establecidos por PADT-REFORT/JUNAC (1982) como una madera perteneciente al grupo estructural B (0,56-0,70). Los resultados obtenidos son similares a los reportados por el IFLA (1989) para la especie, en la cual se señala con un valor de 0,55. Sin embargo, es relativamente menor a los reportados por Mora y Arroyo (1968) y Vilela (1968), 0,62 y 0,60 respectivamente para especies procedentes de la Guayana Venezolana

En la figura 2 se muestra la tendencia de variación individual del peso específico de cada árbol bajo evaluación. El árbol A1, mostró el mayor valor promedio de peso específico 0,60 seguido por los árboles A3 y A5 (0,58) y finalmente los árboles A4 y A2, con valores de 0,57 y 0,56 respectivamente (Cuadro 2). La variación entre los 5 árboles no fue estadísticamente significativa, a un nivel de significancia de 0,05.

El análisis de varianzas (ANOVA) aplicado a los datos, evidenció la existencia de diferencias altamente significativas ($p < 0,05$), entre los diferentes puntos de muestreo radial, dentro de los árboles bajo estudio. La prueba de comparación de medias de Tukey, permitió identificar los puntos estadís-

Cuadro 2. Variación radial del peso específico, para la madera de *Carapa guianensis*, se muestra la desviación estándar y en paréntesis valores mínimos y máximos.

Árbol	Distancia radial (medula - corteza)					Valor Promedio General
	0%	25%	50%	75%	90%	
A1	0,56±0,04 ^a (0,50-0,59)	0,54±0,03 ^a (0,51-0,57)	0,57±0,03 ^a (0,53-0,60)	0,66±0,02 ^b (0,64-0,68)	0,65±0,01 ^b (0,64-0,68)	0,60±0,06 (0,50-0,68)
A2	0,52±0,05 ^a (0,46-0,57)	0,54±0,03 ^a (0,51-0,57)	0,59±0,03 ^b (0,54-0,62)	0,58±0,07 ^b (0,57-0,59)	0,60±0,01 ^b (0,59-0,61)	0,56±0,04 (0,46-0,62)
A3	0,51±0,05 ^a (0,43-0,56)	0,56±0,03 ^a (0,52-0,59)	0,57±0,03 ^{ab} (0,54-0,60)	0,63±0,03 ^b (0,58-0,67)	0,64±0,03 ^b (0,59-0,66)	0,58±0,06 (0,43-0,67)
A4	0,47±0,05 ^a (0,39-0,52)	0,49±0,04 ^{ab} (0,43-0,53)	0,55±0,01 ^b (0,54-0,56)	0,66±0,01 ^c (0,64-0,67)	0,67±0,02 ^c (0,65-0,70)	0,57±0,08 (0,39-0,70)
A5	0,50±0,04 ^a (0,48-0,53)	0,54±0,05 ^a (0,48-0,61)	0,56±0,04 ^b (0,50-0,60)	0,65±0,03 ^c (0,60-0,68)	0,66±0,01 ^c (0,66-0,69)	0,58±0,07 (0,48-0,69)
Prom.	0,51±0,05 ^a (0,39-0,59)	0,53±0,04 ^a (0,43-0,61)	0,57±0,03 ^b (0,50-0,62)	0,63±0,04 ^c (0,57-0,68)	0,65±0,03 ^c (0,59-0,70)	0,57±0,06 (0,39-0,70)

Valores con las mismas letras de subíndices no difieren significativamente ($p < 0.05$). Las letras se leen en sentido horizontal.

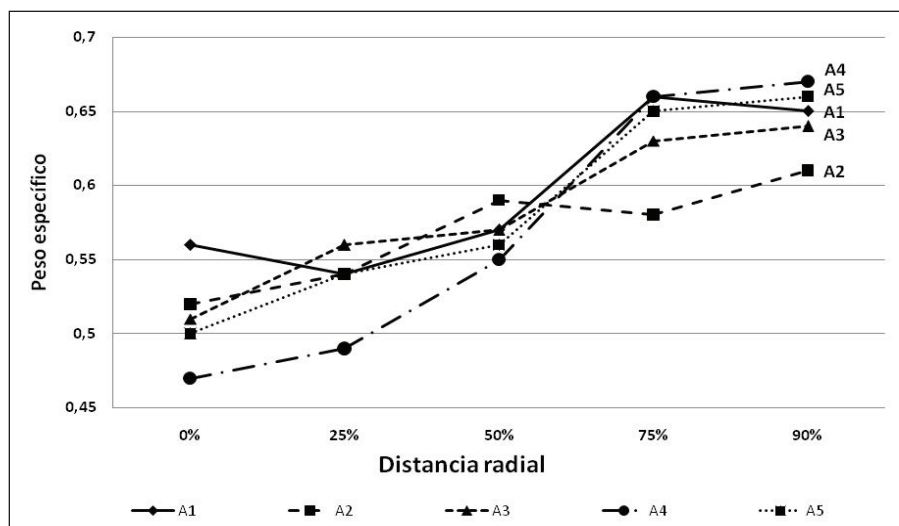


Figura 2. Variación radial del peso específico en 5 árboles de la especie *Carapa guianensis*.

ticamente diferentes, los cuales se indican en el cuadro 2 con letras diferentes como subíndices. La tendencia general del peso específico a través del gradiente radial (médula corteza), entre todos los árboles evaluados se muestra gráficamente en la figura 3.

El patrón de variación describe un incremento lineal positivo del peso específico en la medida que se incrementa la distancia desde las adyacencias

de la médula hasta la corteza, esta información es respaldada por el elevado valor del coeficiente de determinación ($R^2 = 0,93$) obtenido. Este patrón de variación es similar al Tipo I, señalado por Panshin y De Zeeuw (1980) el cual describe un incremento del parámetro desde la médula hasta la corteza.

La tendencia de variación radial del peso específico en la madera de *C. guianensis* obtenida en esta evaluación, es similar a la reportada en otras in-

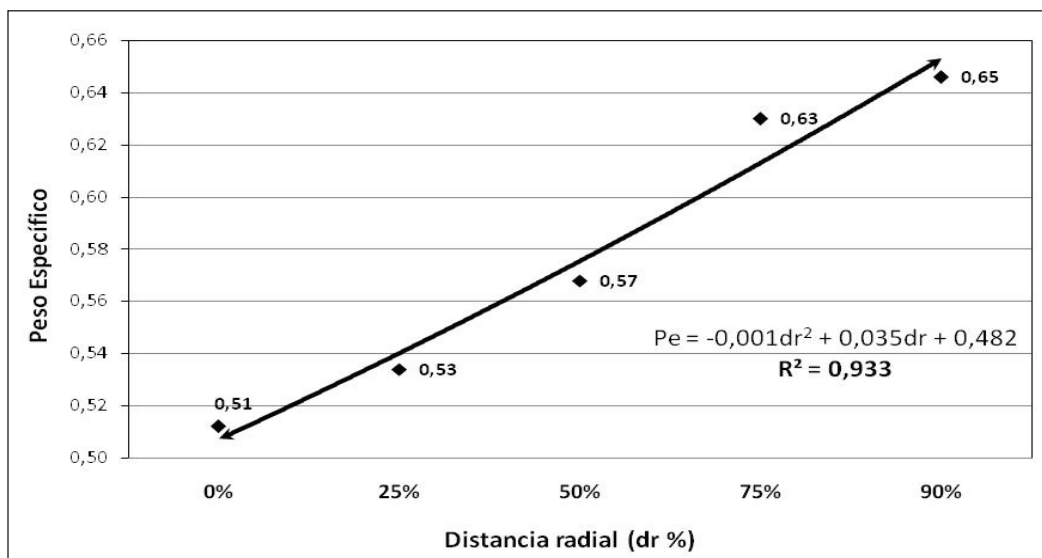


Figura 3. Tendencia de variación radial del peso específico en la madera de *Carapa guianensis*.

vestigaciones sobre especies latifoliadas. Wheller y Bass (1998) y Woodcock y Shier (2002) señalan que el perfil de variación radial, está básicamente relacionado con aquellas especies pioneras que muestran un crecimiento apical acelerado en las etapas iniciales de desarrollo, subsecuentemente se origina el crecimiento secundario, incrementando el peso específico con el propósito de garantizar soporte mecánico al crecimiento tanto del fuste como a la copa del árbol. Wang *et al.* (2000) al evaluar la madera de *Lodgepole pine*, determinaron que el patrón de variación radial coincide con un aumento de las propiedades físicas desde la médula a la corteza y está relacionado con la estructura organizativa de las células xilemáticas en el tronco.

Wiemann y Williamson (1988) determinaron un incremento lineal positivo del peso específico desde la médula a la corteza, asociado a estrategias de crecimiento en tres ecosistemas en Costa Rica. Butterfield *et al.* (1993) igualmente en Costa Rica, al evaluar el peso específico en las especies *Hyeronima alchorneoides* y *Vochysia gatemalensis* determinaron el mismo patrón de variación, incremento médula-corteza, desde 155 hasta 300 % del valor inicial. En el Amazonas Peruano Woodcock *et al.* (2000) determinaron en especies latifoliadas un incremento radial del peso específico, entre 10-40 %. Parolin (2002) evaluó en el Amazonas Brasileño 32 especies latifoladas y determinó incrementos lineales positivos del peso específico con variaciones que oscilaron entre 10-60 %, siendo los mayo-

res incrementos asociados a especies pioneras en la zona de evaluación.

La figura 4, muestra gráficamente la tendencia y dispersión de los datos obtenidos al evaluar el peso específico en la madera de la especie *C. guianensis*. Se observa que los valores medios (mediana) del peso específico en cada punto de muestreo no son iguales y tienden a incrementar su valor en la medida que se incrementa la distancia medula corteza.

En la figura 4, se observó una mayor variación o dispersión de los datos en los puntos más cercanos a la médula (0% y 25%), la cual se mantiene hasta aproximadamente el 50% de la longitud de los radios en la dirección médula corteza. En los dos últimos puntos de muestreo la dispersión de los datos disminuyó, mostrando un mayor nivel de homogeneidad del parámetro evaluado. Se observó un mayor grado de dispersión o variación del peso específico en los tres primeros puntos de muestreo, en comparación con la evaluación en el 75% y 90% de la distancia radial, evidenciándose una zona con elevados niveles de variabilidad (adyacente a la médula) y una segunda zona, donde los valores del peso específico tienden a mantenerse relativamente constantes con una tendencia a la estabilización, aspecto que está relacionado con la formación y diferenciación de madera juvenil y adulta en el árbol (Panshin y De Zeeuw 1980; Tsoumis, 1991; Urbinati *et al.*, 2003). La cercanía del valor de la mediana y el solapamiento en la dispersión de los datos del peso

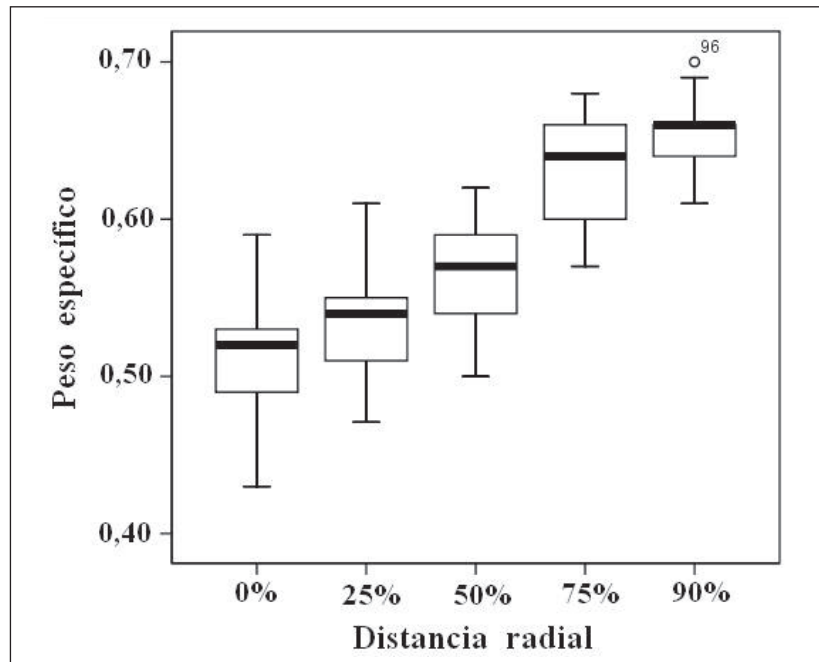


Figura 4. Patrón de variación del peso específico en cada punto de muestreo en la madera de *Carapa guianensis*.

específico entre el 0% y 25% de la distancia radial, señalaron que no hay diferencias significativas entre cada punto de evaluación (Cuadro 2), igualmente se evidenció entre el 75% y 90% de la distancia radial.

4. Conclusiones

El valor promedio estimado del peso específico de la madera en la especie *C. guianensis* Aublet, fue de 0,57, lo que permite clasificarla como moderadamente dura, integrante del grupo estructural B.

La variación radial del peso específico entre los árboles evaluados no mostró diferencias estadísticas significativas en cambio la evaluación radial dentro del árbol mostró variaciones estadísticamente importantes.

La tendencia de variación observada señala un incremento lineal positivo en el gradiente médula corteza, evidenciándose preliminarmente, una diferenciación entre madera juvenil y adulta a partir de 75% de la distancia radial en la dirección médula corteza.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Fonacit por el financiamiento otorgado a través del fortalecimiento del Centro Biotecnológico de Guayana (Cebioteg) de la Universidad Nacional Experimental de Guayana número Pem2001001639, y a la empresa Codeforsa, por el apoyo logístico y técnico en la búsqueda de las muestras de madera.

6. Referencias bibliográficas

- 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. 345 p.
- BETANCOURT, A. 1987. *Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales*. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 427 p.
- BUTTERFIELD, R., R. CROOK, R. ADAMS. y R. MORRIS. 1993. Radial variation in wood specific gravity, fiber length and vessel area for two central American hardwoods: *Hyeronima alchorneoides* and *Vochysia guatemalensis*: natural and plantation-grown trees. *LAWA Journal* 14(2): 153-161.

- DURAN, J. 1999. *Manual de Experimentos para la Física de la Madera*. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones, Mérida, Venezuela. 273 p.
- IFLA. 1989. *Carapa*. Serie de Maderas Comerciales de Venezuela. Instituto Forestal Latinoamericano. Ficha técnica N° 12. Mérida, Venezuela. 26 p.
- IGARTÚA, D., S. RIVERA, M. MONTERUBBIANESI, S. MONTEOLIVA, S. FARINA, S. CARRANZA y M. VILLEGAS. 2000. Calidad del leño en *Eucalyptus globulus* ssp. *globulus*. I-Variación de la densidad básica y la longitud de fibra en una estación del sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata* 105(1): 29-39.
- 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.
- 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.
- MILTON, S. y J. ARNOLD. 2004. *Probabilidad y Estadística, con aplicaciones para ingeniería y ciencias computarizadas*. Editorial Mc Graw Hill. Mexico. 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.
- PADT-REFORT/JUNAC. 1982. *Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino*. Editado por Junta del Acuerdo de Cartagena (JUNAC). Lima Peru. 150 p.
- PANSHIN, A. y C. DE ZEEUW. 1980. *Textbook of wood technology*, Fourth edition. McGraw-Hill, New York. 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.
- SAVVA, Y., F. SCHWEINGRUBER y L. MILYUNTIN. 2002. Genetic and environmental signal in tree ring from different provenance of *Pinus sylvestris* L. planted in the southern taiga, central Siberia. *Trees* 16(3): 131-124.
- TSOUMIS, G. 1991. *Science and technology of wood. structure, properties, utilization*. Van Nostrand Reinhold. New York. 285 p.
- URBINATI, C., A. AZEVEDO, E. MONTEIRO y P. LISBOA. 2003. Wood structural quantitative variation of the *Terminalia ivorensis* A. Chev. Combretaceae. *Acta Botánica Brasil* 17(3): 125-138.
- 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.
- VILLASEÑOR, J. y J. RUTIAGA. 2000. La madera de *Casuarina equisetifolia* L., química e índices de calidad de pulpa. *Madera y Bosques* 6(1): 29-40.
- VEENIN, T., M. FUJITA; T. NOBUCHI y S. SIRIPATANADILOK. 2005. Radial variations of anatomical characteristics and specific gravity in *Eucalyptus camaldulensis* clones. *IAWA Journal* 26(3): 353-361.
- WANG, T., S. AITKEN, P. ROZENBERG y F. MILLIE. 2000. Selection for improved growth and wood density in *Lodgepole pine*: Effects on radial patterns of wood variation. *Wood and Fiber Science* 32(4): 391-403.
- WANGAARD, F. 1981. *Wood: its structure and properties. I. Forest Products Laboratory*. USA. 465 p.
- WHEELER, D y P. BAAS. 1991. A survey of the fossil record for dicotyledonous wood and its significance for evolutionary and ecological wood anatomy. *IAWA Bull.* 12(2): 271-332.
- 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.
- YU, V., F. SCHWEINGRUBER, E. VAGANOV y L. MILYUTIN. 2003. Influence of climate change on tree-ring characteristics of Scots pine provenances in southern Siberia (Forest-Steppe). *IAWA Journal* 24(4): 371-383.
- ZOBEL, B. y J. VAN BUIJTENEN. (1989). *Wood variation: its causes and control*. Springer-Verlag. Berlin. 200 p.