

# Variación natural del peso específico en la madera de *Ficus insipida* Will (Moraceae)

*Natural variation of the specific gravity in wood of*

*Ficus insipida* Will (Moraceae)

JOHNNY VIDAL<sup>1</sup>,  
JESUS VELÁSQUEZ<sup>2</sup>,  
MARÍA E. TORO<sup>2</sup>  
y LUÍS GÓMEZ<sup>2</sup>

1 Programa de Investigación y Desarrollo PID, Uppata, Venezuela.  
2 Universidad Nacional Experimental de Guayana, Laboratorio de Biotecnología de la Madera (Cebioteg-Uneg), Venezuela, Correo electrónico: jvelasquez@uneg.edu.ve

Recibido: 10-10-09 / Aceptado: 25-06-10

## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la variabilidad natural del peso específico seco al horno en la madera de *Ficus insipida* Will. La evaluación radial se realizó sobre cinco puntos equidistantes en dirección medula corteza. En el sentido axial las muestras se tomaron a cuatro niveles de altura iniciando a 1,30 m sobre el nivel del suelo, culminando al 90% de la altura comercial. La especie presentó un peso específico promedio de  $0,41 \pm 0,09$  el cual se incrementó significativamente desde la médula hasta la corteza en un 18%. Axialmente, se observó un aumento del peso específico de forma irregular desde la base hasta el tope del fuste del árbol, con un incremento del 15%. El patrón de variación fue comparado con otras especies latifoliadas, y algunas implicaciones fueron discutidas.

**Palabras clave:** *Ficus insipida*, variabilidad, Propiedades físicas, peso específico.

## Abstract

The objective of this study was to evaluate the natural variability of the dry specific gravity to the wood of *Ficus insipida* Will. The radial evaluation was made on five equidistant points in direction pith to bark. In the axial sense the samples were taken at four levels of height initiating to 1,30 m on the level of the ground, finalizing to 90% of the commercial height. The species showed a specific gravity of  $0.41 \pm 0.09$  which was increased significantly from the pith to bark in 18%. Axially, irregular increase of the specific gravity to the top of the tree was observed, with an increase of 15%. The variation pattern was compared with other hardwoods species, and some implications were discussed.

**Key words:** *Ficus insipida*, variability, physical property, specific gravity.

## 1. Introducción

La variación natural del peso específico a medida que transcurre la edad en los árboles, ha sido motivo de estudio para numerosos investigadores, los cuales en su mayoría han determinado este factor como uno de los más importantes, ya que el aumento de la edad de los árboles, va acompañado de una serie de fenómenos fisiológicos que modifican la calidad de la madera producida en cada una de las etapas de su desarrollo (Panshin y de Zeeuw 1980; Zobel y Van Buijtenen, 1989; Igartúa *et al.*, 2000; Parolin, 2002; Wiemann y Williamson, 2002; Alteyrac *et al.*, 2005). Aspecto que repercute en la conformación de un material xilémico heterogéneo y por lo tanto de peso específico variable con la edad (incremento o disminución). En el

presente estudio se evaluó el patrón de variación natural del peso específico seco, en la madera de la especie *Ficus insipida* Will, por considerar que este parámetro tiene una relación directa sobre muchas propiedades y procesos de conversión industrial, incluyendo el aserrío, el secado, el diseño de estructuras, el encolado y en los rendimientos en la producción de pulpa y papel en general.

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 altamente significativa, hasta relaciones lineales negativas, con la edad fisiológica de las células del cambium vascular (Zobel y Van Buijtenen, 1989). En especies latifoliadas, se ha observado un aumento desde la médula hacia la corteza, paralelo a la variación de la composición química y

los caracteres anatómicos (Tomazello, 1985a; Wiemann y Williamson, 1988; Butterfield *et al.*, 1993; Woodcock *et al.*, 2000; Igartúa *et al.*, 2003). En el sentido axial, las variaciones son en general menos consistentes (Giménez y López., 2000; Bermúdez y Martínez, 2004; Espinoza, 2004).

La Región Guayana, en Venezuela, cuenta con una diversidad genética importante de especies forestales, de las cuales aún se desconocen muchas de sus propiedades anatómicas, físicas, químicas y mecánicas. Dentro de esta variedad, resaltan las del género *Ficus*. Las especies pertenecientes a este género son utilizadas como recurso alimentario por muchos frugívoros en el bosque; por ejemplo, dentro de los mamíferos, se encuentran los monos aulladores, monos araña, algunas especies de murciélagos (*Artibeus sp.*, *Sturnira sp.*, *Glossophaga sp.*) varias especies de aves, como los tucanes (*R. sulfuratus*) y algunos reptiles (Fredericksen *et al.*, 1998; Dominguez, *et al.*, 2006) y de una especie particular de avispas de la familia Agaonidae para su polinización (Ramírez, 1970). Las especies de este género comúnmente se conocen con el término “bibosi”, el cual engloba, por un lado, plantas hemiepifitas estranguladoras o matapalos, y por otro, plantas con sistemas propios de sustento, conocidas como higueros (Berg *et al.*, 1984; Berg, 1989; Fredericksen *et al.*, 1998), dentro del cual se incluye la especie *F. insípida*.

Las especies del género *Ficus* han sido sometidas a diversas investigaciones desde el punto de vista químico debido a la presencia de ingredientes activos importantes tanto en las hojas como en el látex que exudan al ser cortados (Malthouse y Brocklehurst, 1976; Amaral *et al.*, 2001). Sin embargo evaluaciones sobre la variabilidad de las características de la madera son limitadas, en tal sentido la siguiente investigación muestra los resultados preliminares de la evaluación, de la variabilidad axial y radial del peso específico en la madera de la especie *F. insípida*, como aspecto importante para su utilización industrial.

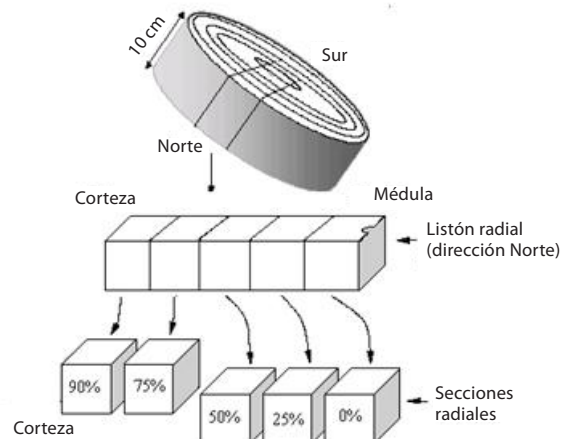
## 2. Materiales y métodos

### 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, estado 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 3 árboles de la especie forestal *F. insípida*, con fustes sin evidencia visible de enfermedad o daño, con mínima inclinación respecto a la posición vertical. Diámetro promedio de 80±5 cm (DAP), una altura total de 50±2m, y una longitud promedio de fuste 39±1m.

Sobre cada ejemplar se demarco la orientación cardinal Norte-Sur. De cada punto de muestreo en cada árbol se extrajo una rodaja de 10 cm de espesor, las mismas 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). Para la evaluación axial, las muestras de madera fueron tomadas a cuatro niveles de altura equidistantes. La primera fue tomada a 1,30 m sobre el nivel del suelo, el resto de las muestras se extrajeron al 30%, 60% y 90% de la altura del fuste del árbol (consideradas desde el primer corte hasta la primera ramificación), las cuales fueron denotadas como alturas 1, 2, 3 y 4 respectivamente. El peso específico promedio en cada altura, fue producto de la estimación sobre los cinco puntos de muestreo radial señalados anteriormente.



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

## 2.2 Determinación del peso específico

La determinación del peso específico seco, 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 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 a estufa durante un periodo de tres días ( $105 \pm 3^\circ\text{C}$ ) consecutivos hasta alcanzar peso constante. El volumen de cada probeta se determinó por desplazamiento de agua (agua destilada  $26^\circ\text{C}$ ).

## 2.3 Análisis de la información

Se realizó un análisis de varianza (Anova) para evaluar la variación del peso específico de la madera entre los cinco puntos de muestreo radial (efecto distancia radial) (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). La relación entre el peso específico y el distanciamiento radial desde la médula hasta la zona cambial fue evaluado por un análisis de correlación simple. Todas las pruebas se realizaron empleando el paquete estadístico SPSS 13.0, con un nivel de confianza del 95%.

## 3. Resultados y discusión

Los resultados de la variación del peso específico en la madera de *F. insípida*, a cuatro niveles de la altura comercial (axial) y cinco puntos equidistantes a partir de la médula (radial), se muestran en el cuadro 1.

El patrón natural de variación radial general del peso específico en las diferentes alturas evaluadas, es el mismo descrito para diversas especies latifoliadas (Wiemann y Williamson, 1988; Woodcock *et al.*, 2000; Parolin, 2002; Woodcock y Shier, 2002; Sotelo *et al.*, 2007), es decir, un incremento, más o menos constante, desde la médula hasta la corteza, denotando un patrón de variación Tipo I, de acuerdo con lo señalado por Panshin y de Zeeuw (1980). A pesar de que el comportamiento general señaló un incremento, en la especie *F. insípida*, se observó un perfil específico de variación (Cuadro 1), que se evidenció en las alturas 2,3 y 4, en las cuales el valor del peso específico tendió a disminuir levemente hasta el 25% de la distancia radial, a partir de allí el parámetro bajo estudio, se incrementó hasta alcanzar su máximo valor cercano al 90% de la distancia radial, en la dirección médula-corteza. Para la altura 1, el peso específico mostró un incremento lineal homogéneo de 46,88%, siendo este, el valor más elevado entre las diferentes alturas bajo evaluación. El menor incremento radial del peso específico, se determinó en la máxima altura de evaluación, apenas un 2%, el cual puede ser atribuido

**Cuadro 1.** Variación radial y axial del peso específico, para la madera de *Ficus insípida*, en cada punto de muestreo. Se indica la desviación estándar y en paréntesis el coeficiente de variación

Altura	Distancia radial (médula – corteza)					Incremento med-cortz (%)	Promedio axial	
	0%	25%	50%	75%	90%			
1	0,32±0,034 (10,54)	0,39±0,089 (23,01)	0,44±0,082 (18,78)	0,43±0,026 (5,99)	0,47±0,089 (19,21)	46,88	0,41±0,086 <sup>A</sup> (20,98)	
2	0,34±0,057 (18,10)	0,33±0,046 (14,68)	0,34±0,041 (12,23)	0,40±0,026 (6,80)	0,42±0,080 (19,91)	23,52	0,36±0,062 <sup>B</sup> (17,22)	
3	0,39±0,115 (31,8)	0,38±0,071 (39,1)	0,41±0,044 (19,8)	0,43±0,158 (12,0)	0,43±0,052 (12,8)	10,26	0,41±0,098 <sup>A</sup> (23,90)	
4	0,49±0,085 (18,65)	0,44±0,075 (18,51)	0,42±0,091 (23,66)	0,51±0,049 (10,02)	0,50±0,033 (7,41)	2,04	0,47±0,093 <sup>C</sup> (19,78)	
<b>Promd radial</b>	0,38±0,103 <sup>A*</sup> (27,2)	0,39±0,080 <sup>A</sup> (21,0)	0,40±0,076 <sup>A</sup> (19,0)	0,44±0,074 <sup>B</sup> (16,81)	0,45±0,074 <sup>B</sup> (16,20)	18,42	0,41±0,090 (21,9)	
Incremento Axial		14,63%						
Incremento Radial		18,42%						

\*Valores con las mismas letras no difieren significativamente ( $p < 0,05$ ). Las letras minúsculas se leen en sentido horizontal y las mayúsculas verticalmente.

al relativamente elevado valor del peso específico cerca de la medula a esa altura, en comparación con el punto más cercano a la corteza (0,49 y 0,50; respectivamente).

Los elevados valores de los coeficientes de variación para el peso específico en la región medular, indican la producción de un tejido xilemático altamente variable, con respecto a esta propiedad, típico de las zonas más internas del tronco, y está relacionada directamente con la formación de madera juvenil, la cual está caracterizada por la presencia de células cortas, delgadas, pequeñas con ángulos microfibrilares pequeños, grano espiralado y menores propiedades de resistencia (Panshin y De Zeeuw, 1980; Zobel y Van Buijtenen, 1989; Tsoumis, 1991; Butterfield *et al.*, 1993; Lei *et al.*, 1996; Amaraseka y Denne, 2002; Da Silva y de Castro, 2003; Koubaa *et al.*, 2005).

El peso específico seco promedio para la madera de *F. insípida* fue de  $0,41 \pm 0,09$ , el cual mostró un incremento lineal desde la médula corteza de 18,42%. Las diferencias en la distribución del peso específico entre los puntos de muestreo radial, fueron evaluadas estadísticamente. Los resultados señalaron la existencia de elevados niveles de variabilidad entre los tres primeros puntos de estudio (0%, 25% y 50%), como se observa en los valores de los coeficientes de variación en el cuadro 1 (27%, 21% y 19% respectivamente). Sin embargo, el nivel de significancia estadística con el que se analizaron los datos (5%) no señaló diferencias altamente significativas entre estos tres puntos de evaluación. Las diferencias estadísticas fueron evidentes al compararlos con los dos últimos puntos de evaluación (75% y 90%).

La figura 2, muestra gráficamente la tendencia natural de variación del peso específico en la especie *F. insípida*. Los resultados promedios revelaron una correlación positiva y altamente significativa con la distancia radial ( $Pe = 0,002(Dr)^2 + 0,006(Dr) + 0,37$   $R^2 = 0,947$ ) y la altura de evaluación ( $Pe = 0,03H^2 - 0,128H + 0,505$   $R^2 = 0,971$ ). La variación del punto de muestreo sobre la dirección de los radios y la altura de evaluación explica el 95% y 97% de la variación del peso específico para la especie.

La variación axial del peso específico en la madera de la *F. insípida*, mostró un incremento total de 14,63%. El patrón de variación señaló (Figura 2b), que es inicialmente elevado cerca de la base, con un valor promedio de  $0,41 \pm 0,089$  (altura 1), luego tiende a disminuir, alcanzando su valor más bajo al 30% de la altura comercial ( $0,36 \pm 0,062$ ), seguido por un incremento hasta el punto superior del fuste del árbol ( $0,47 \pm 0,093$ ), el cual superó el valor inicial. Esta tendencia general de variación ha sido clasificada por Panshin y de Zeeuw, (1980) y Arroyo (1983), como variación Tipo III, típica de diversas especies latifoliadas (Bosman, 1996; Igartúa *et al.*, 2000; Sotelo *et al.*, 2007). La distribución de los datos señaló elevados niveles de variabilidad en cada altura de evaluación. En los gráficos de cajas en la figura 3, se muestra este comportamiento.

La presencia de cajas más amplias y bigotes más largos en las alturas 1, 3 y 4 denotaron elevada variabilidad, respaldada por un coeficiente de variación de 20,98%, 23,90% y 19,78% respectivamente (Cuadro 1). En la altura 2, los datos tienden a ser más homogéneos, con un coeficiente de variación de 17,22%. El análisis de varianzas del peso específico, mostró diferencias altamente significa-

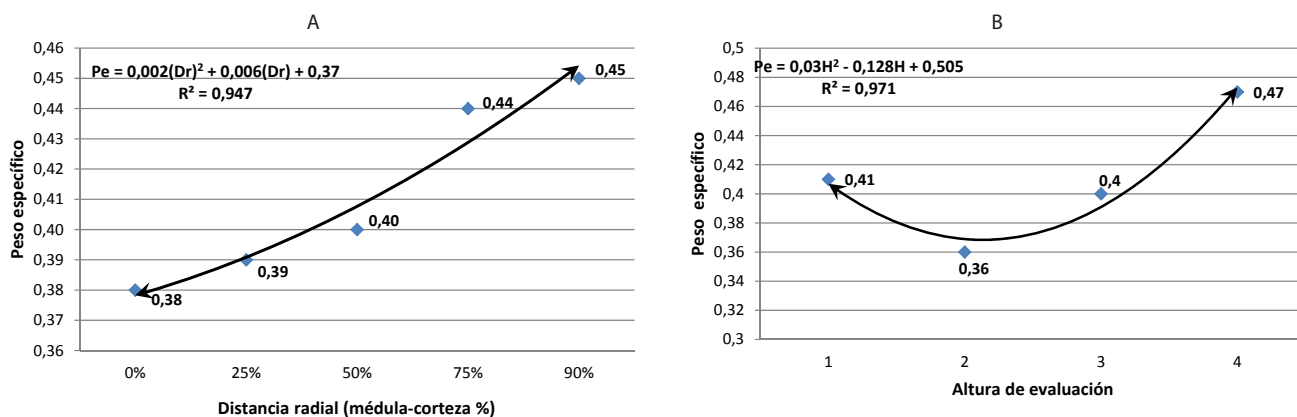
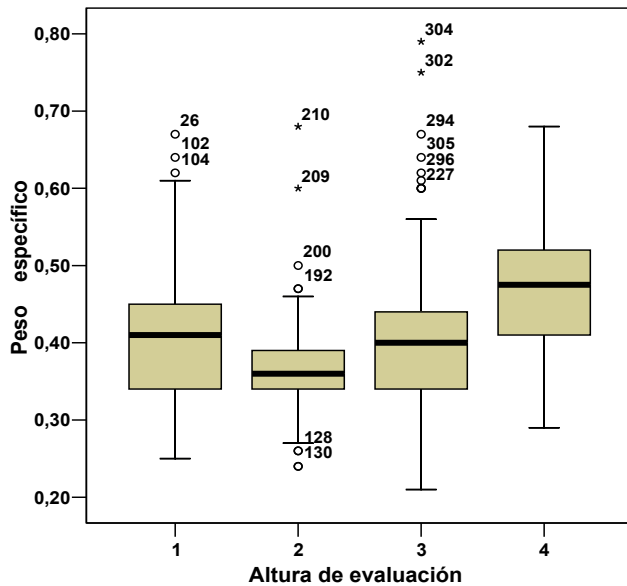


Figura 2. Variación promedio del peso específico en dirección radial (A) y axial (B), en la madera de *Ficus insípida*.



**Figura 3.** Diagrama de cajas sobre el comportamiento y distribución de los valores del peso específico en sentido axial en la madera de *Ficus insípida*.

tivas entre los puntos de evaluación axial. La varianza entre las alturas 1 y 3 no fueron significativamente amplias, en comparación con las alturas 1, 2 y 4, entre las cuales, si se evidenciaron diferencias estadísticas altamente significativas.

Los resultados obtenidos en esta investigación concuerda con la hipótesis establecida por diversos autores, quienes señalan que en los bosques tropicales, especies forestales en etapa juvenil, muestran un rápido crecimiento en longitud, debido a la intensa competencia por la luz, pero este crecimiento en altura obviamente demanda cierta estabilidad estructural, la cual es garantizada por la producción de madera de mayor densidad anualmente (variación radial); además, durante el desarrollo de la copa, el tronco del árbol está sometido a elevados niveles de stress, debido a la fuerza ejercida por el viento sobre la misma, el cual puede ser contrarrestado por la producción de madera de mayor densidad cerca de la base del árbol (Wiemann y Willianson 1989a, 1989b; Woodcock y Shier, 2002; Sotelo *et al.*, 2007), posiblemente esta necesidad de refuerzo estructural, también es requerida en el tronco del árbol en los puntos cercanos a la ramificación y desarrollo de un dosel amplio, indiscutiblemente se requiere de incrementar el número de investigaciones para deducir este último aspecto.

## 4. Conclusiones

Los resultados del estudio demostraron que existe una variación natural significativa en el peso específico para la madera de la especie *F. insípida*. Radialmente el peso específico se incrementa con el aumento de la distancia medula corteza, mostrando un patrón de variación Tipo I. En el sentido axial, el patrón de variación descrito se ajusta al Tipo III, es decir, un aumento de forma irregular desde la base hasta el tope del fuste.

## 5. Agradecimientos

Al Fonacit por el financiamiento otorgado al Centro Biotecnológico de Guayana de la Uneg, través del fortalecimiento Pem2001001639, y a la empresa Codeforsa, por el apoyo logístico y técnico en la búsqueda de las muestras de madera.

## 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.
- AMARAL, D. M. ARRUDA, A. ARRUDA, A. MÜLLER, L. PANTOJA y T. LIMA. 2001. Flavones from the leaves of *Ficus gomelleira*. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 12(4): 538-541.
- AMARESEKA, H. y M. DENNE. 2002. Effects of crown size on wood characteristics of Corsian pine in relation to definitions of juvenile wood, crown formed wood and core wood. *Forestry* 75(1): 51-61.
- ARROYO, Y. 1983. *Propiedades físico-mecánicas de la madera*. Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales. Mérida, Venezuela. 196p.
- ASTM. 1990. *Standard tests methods for specific gravity of wood and wood-based materials. ASTM D2395-83*. Annual Book of ASTM Standards, Vol 04.09. Philadelphia. USA. 367 p.
- BERG, C. 1989. Classification and distribution of *Ficus*. *Exper* 45: 605-611.
- BERG, C., M. AVILA y F. KOOY. 1984. *Ficus* species of Brazilian Amazonia and the Guianas. *Acta. Amaz.* 14: 159-194.
- BERMÚDEZ, J. y L. MARTÍNEZ. 2004. Evaluación de las propiedades físicas de la madera de la especie *Eucalyptus urophylla*, proveniente de las plantaciones de Maripa, edo. Bolívar. (Estudio preliminar). Trabajo

- de pasantías a nivel de Tecnólogo en Industrias Forestales, Universidad Nacional Experimental de Guayana. Ingeniería en Industrias Forestales. Upata, Bolívar, Venezuela. 40 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. *IAWA Journal* 14(2): 153-161.
- DA SILVA, J. y J. DE CASTRO. 2003. Variação da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. *Árvore* 27(3): 381-385.
- DOMÍNGUEZ, L., J. MORALES y J. LANDA. 2006. Germinación de semillas de *Ficus insipida* (Moraceae) defecadas por tucanes (*Ramphastos sulfuratus*) y monos araña (*Ateles geoffroyi*) *Revista de Biología Tropical* 54(2): 387-394.
- DURÁN, J. 1999. *Manual de experimentos para la física de la madera*. Universidad de Los Andes, Consejo de Publicaciones. Mérida, Venezuela. 273p.
- ESPINOZA, J. 2004. Gradiente de variación de la densidad de la madera en árboles de *Gmelina aborea* en Venezuela. IV Congreso Forestal Venezolano. 22 al 26 de noviembre de 2004. Barinas, Venezuela.
- GIMÉNEZ, A. y C. LÓPEZ. 2000. Caracteres anatómicos que determinan la variabilidad del leño de *Schinopsis quebracho-colorado*, Anacardiaceae. *Sistemas y Recursos Forestales. Revista de Investigaciones Agrarias* 9(2): 219-235.
- FREDERICKSEN, T., M. JUSTINIANO, D. RUMIZ, E. McDONALD y R. AGUAPE. 1998. *Ecología y Silvicultura de Especies menos conocidas: Bibosi Hígueron, Ficus spp.* Moraceae. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (Bolfor), Santa Cruz, Bolivia. 52 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* 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.
- KOUBAA, A., N. ISABEL, S. ZHANG, J. BEAULIEU y J. BOUSQUET. 2005. Transition from juvenile to mature wood in Black spruce (*Picea Mariana*). *Wood Fiber Science* 37(3): 445-455.
- 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.
- MALTHOUSE, J. y K. BROCKLEHURST. 1976. Preparation of fully active Ficin from *Ficus glabrata* by coalent chromatography and characterization of its active centre by using 2,2'-dipyridyl disulphide as a reactivity probe. *Biochemicals Journal* 159: 221-234.
- MILTON, S. y J. ARNOLD. 2004. Probabilidad y Estadística, con aplicaciones para ingeniería y ciencias computarizadas. Editorial Mc Graw Hill. Mexico. 804 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. Barcelona, España. 600p.
- PAROLIN, P. 2002. Radial gradients in wood specific gravity in trees of central Amazonian Floodplains. *IAWA Journal* 23(4): 449-457.
- RAMIREZ, W. 1970. Host specificity in fig wasps (Agaonidae). *Evol.* 24: 681-691.
- SOTELO, C., R. HERNÁNDEZ y J. BEAULIEU. 2007. Radial variation in wood density and correlations with growth of *Calycophyllum spruceanum* at an early age in the Peruvian Amazon. *Wood and Fiber Science* 39(3): 377-387.
- TOMAZELLO FILHO, M. 1985. Variação radial da densidade básica e da estrutura anatómica da madeira do *Eucalyptus saligna* e *E. grandis*. *IPEF* 29: 37-45.
- TSOUMIS, G. 1991. *Science and technology of wood. structure, properties, utilization*. Van Nostrand Reinhold. New York. USA. 205 p.
- WIEMANN, M. y G. WILLIAMSON. 1988. Extreme radial changes in wood specific gravity in some tropical pioneers. *Wood Fiber Science* 20(3): 344-349.
- WIEMANN, M. y G. WILLIAMSON. 1989a. Wood specific gravity gradients in tropical dry and montane rain forest trees. *American Journal of Botany* 76(6): 924-928.
- WIEMANN, M. y G. WILLIAMSON. 1989b. Radial gradient in the specific gravity of wood in some tropical pioneers. *Wood Fiber Science* 35: 197-210.
- WIEMANN, M. y G. WILLIAMSON. 2002. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature, and precipitation. *Wood 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.
- ZOBEL, B. y J. VAN BUIJTENEN. 1989. *Wood variation: its causes and control*. Springer-Verlag. Berlin, Germany. 200 p.