

Título: Caracterización de la resistencia a la compresión y las propiedades físicas de los culmos de *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland de una plantación del municipio Bartolomé Masó

Title: Compression strength and physical characterization of bamboo *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland of plantation at Bartolome Maso municipality

Institución: Universidad de Granma, Apdo. Postal 21, Bayamo, Granma. Cuba

Correo electrónico: [medericop@nauta.cu](mailto:medericop@nauta.cu)

Autores: Mederico P. Rojas Rojas

Yulieski Rodríguez

Daniel Rondón

Caori Takeuchi Tam

Wilson Celeiro

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo está relacionado con la caracterización de algunas propiedades físicas y la resistencia a la compresión paralela a las fibras de la especie de bambú *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland de una plantación establecida en las márgenes del río Nagua, precordillera de la Sierra Maestra, provincia de Granma, Cuba, con el propósito de aportar conocimientos para la toma de decisiones de su aprovechamiento forestal y posibles usos como elemento constructivo. El material empleado correspondió a los culmos verdes del bambú *B. Vulgaris* con una edad de cuatro años, empleándose la Norma Colombiana NTC 5525 y utilizándose 42 probetas por ensayo. El contenido de humedad, registrado en las tres secciones de los culmos, muestra valores en disminución desde la sección inferior hasta la sección superior. La densidad registrada en las probetas evaluadas demuestra valores en aumento desde la sección media hasta la sección superior y las contracciones del diámetro y la longitud disminuyeron en las secciones media y superior, no así la contracción del espesor. La resistencia a la compresión paralela a las fibras registrada en las probetas evaluadas demostró valores en reducción desde la sección inferior hasta la sección superior. Lo que evidenció que las características de esta especie de planta pueden tener una utilización para la construcción de instalaciones, la elaboración de muebles y otros artículos.

Palabras claves: *Bambusa vulgaris*, bambú, culmos, propiedades, probetas

## ABSTRACT

The objective of this work is related to the characterization of some physical properties and the fibers parallel compression strength of the bamboo specie *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland of a plantation established in the Nagua river side, pre-mountain range of Sierra Maestro, Granma province, in order to contribute knowledge for the overtaking of his forest produce and possible uses like constructive element. The employed material corresponded to the green culms of the bamboo *B. vulgaris* with an age of four years, used the Colombian Standard NTC 5525 and 42 test sings for essay. The humidity content, registered in the culm's three sections, show values on the wane from the inferior section to the superior section. The density registered in the evaluated test sings demonstrates rising values from the half a section to the superior section and the contractions of the diameter and the length diminished in the half a sections and superior, did not grasp the contraction of thickness. The parallel compression strength to the fibers registered in the evaluated test sings demonstrated values in reduction from the inferior section to the superior section. What evidenced that the characteristics of this specie from the beginning can have utilization for the installation building and furniture and another goods making.

Keywords: *Bambusa vulgaris*, bamboo, culm, test, properties

## INTRODUCCIÓN

El bambú es una gramínea lignificada, perenne y rizomatosa, de porte arbóreo o arbustivo, de rizomas simpódicos que forman plantones más o menos densos (Catasús, 2003). En el mundo existe un total de 90 géneros y 1100 especies, que se distribuyen desde los 51° de latitud Norte (Japón) hasta los 47° de latitud Sur (Chile) y desde el nivel del mar hasta los 4300 metros de altura, reportada en los Andes ecuatoriales en la formación conocida como Páramo (Betancourt, 2003).

En América están representados 41 géneros y 451 especies, casi la mitad de la diversidad mundial, los cuales se distribuyen desde los Estados Unidos con *Arundinaria gigantea*, a lo largo y ancho de Centro y Suramérica, en las islas del Caribe, hasta el Sur de Chile, con *Chusquea culeo*. Esta región se reconoce como el área de mayor grado de endemismo y diversidad con presencia en Brasil del 48% (22 géneros) de todos los géneros americanos, cinco de los cuales son endémicos (Londoño, 2002). De las especies de bambúes establecidas en Cuba, *Bambusa vulgaris* Schrader ex Wendland es la más abundante y la única que ha logrado naturalizarse, sin embargo, se conoce que se ha estudiado poco la caracterización de sus propiedades físico-mecánicas, aunque investigaciones realizadas por Rojas *et al.*, (2014) identificaron valores de la densidad, contenido de humedad y varias propiedades físicas y de las propiedades mecánicas la resistencia a la compresión paralela a las fibras en probetas con nudos y sin nudos.

No se conocen investigaciones previas sobre el estudio de los culmos de la plantación establecida en las márgenes del río Nagua, perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) Silvícola Bartolomé Masó, por lo que sin lugar a dudas la investigación sobre las propiedades físico-mecánicas de *B. vulgaris* Schrader ex Wendland, será de vital importancia para la toma de decisiones en esta unidad y sus posibles aplicaciones como elemento constructivo de viviendas e instalaciones sociales y agropecuarias, elaboración de muebles, tableros y artículos de artesanía. Por lo anteriormente se propone como objetivo de la investigación caracterizar la resistencia a la compresión y las propiedades físicas de los culmos de *B. vulgaris* Schrader ex Wendland.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales empleados

El material empleado en la investigación correspondió a culmos verdes de *B. vulgaris* Schrader ex Wendland, los cuales estaban sanos y sin la aparición de daños mecánicos, teniendo estos una edad aproximada de cuatro años, determinada por el nivel de brillo (opaco como indicador de estado de madures) de la corteza, definido por método expuesto por Catasús (2003).

La especie *B. vulgaris* Schrader ex Wendland, es la de mayor abundancia y amplia distribución en Cuba. Sus poblaciones arborescentes son densas, con rizomas simpódicos, gruesos y firmes. Culmos erectos o inclinados en la mitad superior, 8-15 m (-20) de alto, 5-10 cm (-12) de diámetro, glabros, desnudos en la mitad inferior; nudos basales enraizados; entrenudos huecos, hasta 45 cm de largo, paredes de 7-15 mm de grosor. Hojas caulinares caducas, las vainas 15-25 x 25-35 cm, estriadas, con pelos hispido aplicados sobre el dorso, auriculadas en ambos extremos del ápice; lámina triangular, acuminada, navicular, igual o más larga que ancha, la base más estrecha que el ancho del ápice de la vaina; lígula entera, 5-8 mm, dentada o ciliado membranácea; aurículas de 1 cm, con cerdas en los márgenes de 6-8 mm. Hojas de las ramas con vainas glabras o vellosas hacia el ápice; limbos lineal lanceolados articulados a la vaina 15-25 (-29) x 1,5-4 (-5) cm, acuminados, glabros, márgenes escabrosos (Catasús, 2003).

La extracción de las muestras de culmos de *B. vulgaris* Schrader ex Wendland se realizó en una plantación ubicada en la margen derecha del río Nagua, área de la unidad de manejo "La Sierrita de Nagua", perteneciente a la UEB Silvícola B. Masó, la misma se encuentra ubicada en la precordillera de la Sierra Maestra.

El corte y toma de muestras siguió el siguiente procedimiento:

- Corte con hacha y machete de los culmos por encima del primer nudo.
- Medición de la longitud del culmo y sus entrenudos.
- Corte del culmo en tres partes iguales de 2,35 m para facilitar la transportación, desechando la parte basal de 1,30 m debido a la corta longitud de los entrenudos.
- Almacenamiento de las trozas bajo techo.

La preparación de las probetas se ejecutó en el taller de muebles Bayamo, de la UEB LUDEMA y la realización de los ensayos físicos y de resistencia a la compresión se ejecutó en la UEB Laboratorio de prefabricados de Bayamo. La investigación se realizó en el período comprendido entre los meses de febrero y junio del año 2014.

### **Método empleado**

Partiendo del análisis de procedimientos experimentales descritos por diferentes autores (Sánchez, *et al.*, 2004; Valero, *et al.*, 2005; Takeuchi, *et al.*, (2007) se decide emplear la Norma Colombiana NTC 5525, la cual se basa en la Norma ISO/DIS – 22157.

### **Diseño experimental y procesamiento estadístico**

Se realizó un experimento unifactorial, constituido por tres tratamientos (secciones inferior, media y superior del culmo) y 14 repeticiones (probetas) por tratamiento. Se evaluaron como variables las propiedades físicas (contenido de humedad, densidad y contracción) y la resistencia a la compresión paralela a las fibras.

Se efectuó un ANOVA unifactorial y al determinar diferencias significativas entre tratamientos se utilizó la prueba de comparación de medias de rango múltiple de Duncan, mediante el Software InfoStat/Professional versión 1.1. Previo al ANOVA los datos porcentuales fueron transformados por  $2 \cdot \arcsin(\sqrt{x/100})$ .

**Caracterización de las propiedades físicas (Norma Colombiana NTC 5525 2007-09-26.** Editada por el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)

### **Determinación del contenido de humedad y la densidad**

Las muestras se tomaron a partir de las probetas sometidas al ensayo de compresión, extraídas de porciones cercanas al lugar de la falla en forma de listones, seleccionándose una probeta por cada sección (inferior, media y superior) de las 14 sometidas a los ensayos de compresión paralela a las fibras. Posteriormente fueron elaboradas probetas pequeñas con un ancho y una longitud de 25 x 25 mm de sección cuadrada. Cada probeta fue medida y pesada antes y después del secado, el cual se realizó a una temperatura de 103 °C +/- 2 °C durante 24 horas.

El contenido de humedad (CH) de cada probeta se calculó como la pérdida de masa, expresada como porcentaje de la masa seca en horno, usando la siguiente fórmula:

$$CH = (m - m_0) / m_0 \times 100, \% \quad (1)$$

Donde:

CH es el contenido de humedad, expresado en %

$m$  es la masa de la probeta antes del secado, g

$m_o$  es la masa de la probeta después del secado, g

La densidad básica se determinó con la siguiente fórmula:

$$\rho = (m/V) \times 10^6 \quad (2)$$

Donde:

$\rho$  es la densidad básica, en kg/m<sup>3</sup>.

$m$  es la masa de la probeta seca en horno, en g.

$V$  es el volumen húmedo (verde) de la probeta, en mm<sup>3</sup>.

- **Determinación de la contracción**

Las probetas, con una altura de 100 mm y el diámetro de la sección del culmo, se prepararon a partir de las secciones inferior, media y superior (I, M y S) de los culmos, que no incluyeran nudos, para la determinación de las contracciones de la longitud, el diámetro y el espesor de la pared. Cada probeta fue medida, pesada y secada y posteriormente calculados los valores de las contracciones que sufrieron la longitud, el diámetro y el espesor de la pared.

La contracción se calculó con la siguiente fórmula:

$$Co = (I - F)/F \times 100 \quad (3)$$

Donde:

$Co$  es la contracción expresada, en %.

$I$  es la lectura inicial, en mm.

$F$  es la lectura final, en mm.

- **Determinación de la resistencia a la compresión**

Según lo establecido en la Norma Colombiana NTC 5525, fue identificada la posición exacta de cada probeta, correspondiente a las secciones inferior, media y superior a utilizar en los ensayos de resistencia a la compresión, única propiedad mecánica objeto de estudio, luego se realizaron las mediciones para elaborar las secuencias de corte de las probetas con la sierra circular, dándole a cada probeta una longitud correspondiente al doble de su diámetro ( $l=2\phi$ ). El corte transversal cumplió con el requisito de perpendicularidad con la longitud de la probeta (90°).

El ensayo se ejecutó en una prensa hidráulica de ensayos por aplastamiento de 125 tn, consistiendo en la aplicación de una fuerza sobre la sección transversal de la probeta, sin nudo, entre dos superficies planas y paralelas, a una velocidad de 1 mm por minuto, acortando la longitud y aumentando la sección transversal de la probeta. Durante el ensayo se produjeron diferentes tipos de fallas.

El esfuerzo último de compresión se determinó con la siguiente fórmula:

$$\sigma_{ult} = F_{ult}/A \text{ (MPa)} \quad (4)$$

Donde

$\sigma_{ult}$  es el esfuerzo último de compresión, en MPa.

$F_{ult}$  es la carga máxima a la cual falla la probeta, en N.

$A$  es el área de la sección transversal, en mm<sup>2</sup>.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Determinación de los valores del contenido de humedad, la densidad, y la contracción

El contenido de humedad registrado en las probetas evaluadas en estado verde, tomadas con total grado de azar en las tres secciones de los culmos, demuestran valores en reducción desde la sección inferior hasta la sección superior. En la Tabla 1 se representa el contenido de humedad identificado en las tres secciones del culmo de *B. vulgaris*.

Tabla 1. Comportamiento del contenido de humedad

Secciones	CH (%)
• Superior	63,6 a
• Media	67,2 a
• Inferior	68,5 a
CV	8,21

CH: contenido de humedad, CV: coeficiente de variación

Con relación a lo expuesto Wahab *et al.*, (2009) registraron un contenido de humedad de un 94,4% en la sección inferior, un 90,3% en la sección media y un 82,5% en la sección superior, con una distribución desigual del contenido de humedad, la cual descendió desde la base hasta la sección superior. Este resultado tiene relación con lo informado por Razak *et al.*, (2010) en *B. vulgaris* evaluado con dos edades diferentes obtuvieron valores de 97,3 y 94,4% en la sección basal, de 92,1 y 90,3% en la sección media y de 86,4 y 82,5% en la sección superior. Lo expuesto, también fue confirmado por Anokye *et al.*, (2014) en investigaciones realizadas a *B. vulgaris* donde obtuvieron contenidos de humedad en un rango de 95,95 a 85,10% desde la base hasta el ápice del material analizado, debido fundamentalmente a las características de los haces vasculares y al decrecimiento de las células parenquimatosas. Finalmente Razak *et al.*, (2012) afirman que las diferencias en los valores del contenido de humedad entre los culmos podrían ser debido a la estructura anatómica y a la composición química, sus edades y a la ubicación a lo largo del culmo.

La densidad registrada en las probetas evaluadas demuestra valores en crecimiento desde la sección media hasta la sección superior. En la Tabla 2 se representa la densidad identificada en las tres secciones del culmo de *B. vulgaris* en estado verde.

Tabla 2. Comportamiento de la densidad en estado verde

Sección	$\beta$ (kg/m <sup>3</sup> )
• Media	732,7a
• Inferior	739,9a
• Superior	778,6b
CV	6,06

$\beta$ : densidad, CV: coeficiente de variación

Con relación a lo mostrado Londoño (2002); comentó que la densidad se incrementa a lo largo del culmo, desde la base hacia el ápice y depende principalmente del contenido de fibras, del diámetro de las fibras y del espesor de la pared de las células, por lo tanto, varía considerablemente dentro de un mismo culmo y entre especies. El aumento ocurrido desde la sección media hasta la superior está fundamentado en gran medida a que la densidad se incrementa considerablemente en los primeros tres años durante el proceso de maduración del culmo, debido al engrosamiento de la pared de la fibra, sin embargo, durante los siguientes años este incremento se da de manera ligera (Liese, 1998 citado por Londoño, 2002). Este resultado tiene relación con lo informado por Rojas *et al.*, (2014) obtuvieron un promedio de 815,4 kg/m<sup>3</sup> en probetas de *B. vulgaris*. Lo expuesto, también fue demostrado por Valero *et al.*, (2005) con un valor de 817 kg/m<sup>3</sup>.

La contracción del diámetro, el espesor y la longitud registrada en las probetas evaluadas demuestran valores muy diferentes, por lo que sus evaluaciones serán independientes.

La contracción del diámetro registrada en las probetas evaluadas demuestra valores en reducción desde la sección inferior hasta la sección superior. En la Tabla 3 se representa la contracción del diámetro identificada en las tres secciones del culmo de *B. vulgaris*.

Tabla 3. Comportamiento de la contracción del diámetro

Sección	Co (%)
• Superior	2,6a
• Media	3,3ab
• Inferior	3,7b
CV	14,1

Co: contracción, CV: coeficiente de variación

Se pudo evidenciar que la contracción del diámetro mostró mayor variación en la sección inferior, pudiendo estar ocasionada a la menor cantidad de fibras en la sección inferior, las cuales se incrementan a medida que aumenta la longitud del culmo y por los valores del diámetro, que disminuyen hacia el ápice. Anokye *et al.*, (2014) reportaron igual tendencia de la contracción del diámetro, con un valor promedio de 12,69%, lo cual fue debido al alto contenido de humedad, 91,64%, en los culmos de *B. vulgaris*. En cuanto a los valores obtenidos no se establecen coincidencias con lo expresado por Razak *et al.*, (2012), el cual obtuvo valores que mostraron disminución desde la base hasta la sección media de un 39,6% y de esta hasta la superior en un 24,7%.

Los valores obtenidos, con las probetas ensayadas en la contracción del diámetro, no se correspondieron con los valores medios de 0,4; 0,5 y 0,4% respectivamente obtenidos por Rojas *et al.*, (2013) con *B. vulgaris*.

La contracción del espesor registrada en las probetas evaluadas demuestra valores en reducción desde la sección inferior hasta la sección superior. En la Tabla 4 se representa la contracción del diámetro identificada en las tres secciones del culmo de *B. vulgaris*.

Tabla 4. Comportamiento de la contracción del espesor

Sección	Co (%)
• Inferior	1,5a
• Superior	2,2b
• Media	2,5c
CV	9,4

Co: contracción, CV: coeficiente de variación

Por su parte la contracción del espesor de la pared fue menor para la sección inferior, aumentando los valores de contracción en la sección media con un 73%, disminuyendo levemente a un 49% en la sección superior.

Los valores obtenidos, con las probetas ensayadas en la contracción del diámetro, el espesor y la longitud, no se correspondieron con los valores medios de 0,4; 0,5 y 0,4% respectivamente obtenidos por Rojas *et al.*, (2013) con *B. vulgaris*.

La contracción es influenciada por el estado de madurez de la fibra y por la densidad de los haces vasculares, según Londoño, (2002).

La contracción de la longitud registrada en las probetas evaluadas demuestra valores en reducción desde la sección inferior hasta la sección superior. En la Tabla 5 se representa la contracción de la longitud identificada en las tres secciones del culmo de *B. vulgaris*.

Tabla 5. Comportamiento de la contracción de la longitud

Sección	Co (%)
• Inferior	0,3a
• Superior	0,4aa
• Media	0,5b
CV	19,24

Co: contracción, CV: coeficiente de variación

A su vez la contracción de la longitud mostró los valores más bajos, comportándose con un aumento del 84% en la sección media, disminuyendo hasta el 4% con relación con la manifestada por la sección inferior. Este comportamiento de la contracción de la longitud pudo estar dado por la heterogeneidad de las probetas y a su contenido de humedad.

Por su parte la contracción del espesor de la pared fue menor para la sección inferior, aumentando los valores de contracción en la sección media con un 73%, disminuyendo levemente a un 49% en la sección superior.

A su vez la contracción de la longitud mostró los valores más bajos, comportándose con un aumento del 84% en la sección media, disminuyendo hasta el 4% con relación con la manifestada por la sección inferior. Este comportamiento de la contracción de la longitud pudo estar dado por la heterogeneidad de las probetas y a su contenido de humedad.

La resistencia a la compresión paralela a las fibras registrada en las probetas evaluadas en estado verde demuestra valores en reducción desde la sección inferior hasta la

sección superior. En la Tabla 6 se representa la resistencia a la compresión paralela a las fibras identificada en las tres secciones del culmo de *B. vulgaris*.

Tabla 6. Comportamiento de la resistencia a la compresión paralela a las fibras

Sección $\sigma_{ult}$	MPa
• Superior	25,40a
• Media	26,39ab
• Inferior	29,69 b
CV	17,3

$\sigma_{ult}$ : resistencia a la compresión, CV: coeficiente de variación

Rojas *et al.*, (2014) determinaron valores promedios de 25,9 MPa de resistencia a la compresión paralela a las fibras en las probetas sin nudos de culmos de *B. vulgaris* Schrader ex Wendland procedente del municipio Bayamo, valor similar a los establecidos en este trabajo.

De igual forma Catasús (2003), observó valores declarados de la resistencia a la compresión paralela del grano en probetas de *B. vulgaris*, en estado verde, con magnitudes promedios de 28,2 N/mm<sup>2</sup>, las cuales se corresponden a los determinadas en la investigación y de igual forma coincide Chaowana (2013) con un valor de 25,3 MPa. El valor promedio de la resistencia a compresión encontrados por Valero *et al.*, (2005) fue 43,24 MPa, en *B. vulgaris* en estado verde de tres años de edad, no se corresponde, siendo su promedio un 158% superior, aunque sus probetas fueron rectangulares (1,27 x vp x 5,0 cm), basadas en la norma ASTM-D-143/77-82. Ghavami (2005) reportó en culmos de *Guadua angustifolia* de tres años de edad una resistencia a compresión paralela a las fibras de 29,48 MPa, la cual aumentó desde la sección inferior a la superior, no correspondiéndose con el comportamiento descendente de esta investigación. De igual forma Luna *et al.*, (2014) realizaron observaciones similares en resultados obtenidos para valores característicos de resistencia para culmos de *G. angustifolia*, comentando que los valores característicos a compresión y tensión paralela a las fibras varían a lo largo de la longitud del culmo, siendo menor en la sección inferior y mayor en la sección superior.

## CONCLUSIONES

El comportamiento del contenido de humedad fue estable en las tres secciones según lo demostrado en el análisis de ANOVA.

La densidad mantuvo un incremento de sus valores desde la sección inferior hasta la superior.

Las contracciones del diámetro, el espesor de la pared y la longitud en las tres secciones de los culmos tuvieron diferentes valores en cada sección.

La resistencia a la compresión paralela a las fibras en las tres secciones de los culmos de *B. vulgaris* Schrader ex Wendland obtuvo valores superiores en la sección inferior.

## BIBLIOGRAFÍA

- Anokye, R., *et al.*, 2014. Variations in moisture content affect the shrinkage of *Gigantochloa ascorotechninii* and *Bambusa vulgaris* at different heights of culm. <https://www.ncsu.edu/BioResources> 9 (4), 7484 – 7493
- Catasús, L. 2003. Estudio de los bambúes arborescentes cultivados en Cuba. Asociación Cubana de Trabajadores Agropecuarios y Forestales. 56 p.
- Chaowana, P. Bamboo: An Alternative Raw Material for Wood and Wood-Based Composites. *Journal of Materials Science Research (US)* 2(2): 13 p. ISSN 1927-0585 E-ISSN 1927-0593. 2013
- Ghavami, K., Marinho, A. 2005. Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie *Guadua angustifolia*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (BR)*, 9 (1):107-114.
- González, C., E. 2006. Resistencia a la compresión paralela a la fibra de la *Guadua angustifolia* Kunth y determinación del módulo de elasticidad. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero en especialización en estructuras). Universidad Nacional de Colombia
- ISO/DIS22157 Determination of physical and mechanical properties of bamboo. International Organization for standardization Bamboo. Determination of physical and mechanical properties. Part 1: Requirements. Geneva: ISO, 2004, 19 p. (ISO 22157-1:2000(E))
- Liese, W. 1998. The anatomy of bamboo culms. INBAR Technical report N° 18. International Network for Bamboo and Rattan, Beijing, China. 204 p. Disponible en: <http://www.cedaf.org.do/CENTRODOC/EBOOK/BAMBU.PDF>. (Consultado 11 de junio de 2014)
- Londoño, X. 2002. Distribución, morfología, taxonomía, anatomía, silvicultura y usos de los bambúes del Nuevo Mundo. Cátedra Maestría en Construcción - Módulo Guadua, Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, agosto 2002. p 42.
- Luna, P., Lozano, J. Takeuchi, C. Determinación experimental de valores característicos de resistencia para *Guadua angustifolia* Kunth. *Maderas, Ciencia y Tecnología*. [online]. 2014, vol.16, n.1 [citado 2014-04-24], pp. 77-92. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718221X2014000100007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718221X2014000100007&lng=es&nrm=iso). Epub 25-Nov-2013. ISSN 0718-221X. (Consultado 25 de abril, de 2014)
- Nordahlia, A., Anwar, U., Hamdan, H., Zaidon, A., Paridah, M. & ABD R. Malaysia. Effects of age and height on selected properties of Malaysian bamboo (*Gigantochloa alevis*). *Journal of Tropical Forest Science*, v. 24, n. 1, p. 102-109, 2012.
- Norma Técnica NTC Colombiana. 5525 2007-09-26. Métodos de ensayo para determinar las propiedades físicas y mecánicas de la *Guadua Angustifolia* Kunth
- Razak, W., *et al.* 2012. Relationship between physical, anatomical and strength properties of 3-year-old cultivated tropical bamboo *Gigantochloa ascorotechninii*. *Journal of Agricultural and Biological Science* ( ) 7 (10): 782-791
- Razak W., *et al.* 2010. Anatomical and Physical Properties of Cultivated Two- and Four-year-old *Bambusa vulgaris*. *Sains Malaysiana*. (MY) 39(4): 571-579
- Rojas, M.P., Catasús, L., Takeuchi, C., Zayek, I.A. 2014. Caracterización física y de la resistencia a la compresión del bambú *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl en Bayamo. *Revista Granma Ciencia (CU)* 18(2) mayo - agosto ISSN 1027-975X

- Sánchez, M., Ghavami, K., Barbosa, A. 2004. Propiedades mecánicas del bambú *Guadua angustifolia*. Fractura mecánica en Modo I. Simposio Internacional Guadua. Pereira, Colombia.
- Valero, S. Reyes, E. Contreras, W. 2005. Estudio de las Propiedades Físicas y Mecánicas del Bambú (*Bambusa vulgaris*), de tres años de edad y proveniente de las plantaciones ubicadas en la ribera de la margen derecha del Río Chama, Municipio Francisco Javier Pulgar, Estado Zulia, Venezuela. Revista Forestal Latinoamericana N. 37/2005. Págs.87 – 107
- Wahab, R. Mohamed, A. M.T. Mustafa and A. Hassan.2009. Physical Characteristics and Anatomical Properties of Cultivated Bamboo (*Bambusa vulgaris*Schrad.)Culms.Journal of Biological Sciences 9: 753-759. <http://scialert.net/abstract/?doi=jbs.2009.753.759>. Consultado el 12 de febrero, de 2014.