

Contenido de humedad en guadua rolliza preservada y secada en invernadero

Tito Morales-Pinzón¹, Luisa Fernanda Durán¹, César Andrés Alzate¹

Resumen

Se evaluó el contenido de humedad en piezas de *Guadua angustifolia* de 6 m de longitud, previamente sometidas a un proceso de preservación por inmersión en sales de boro. Se empleó un proceso de secado natural bajo techo en condiciones ambientales propias del Eje Cafetero colombiano. El contenido de humedad se determinó por método gravimétrico en laboratorio; adicionalmente se realizó un ensayo para evaluar el efecto del curado en el contenido de humedad final de la guadua con secado tipo invernadero. Los resultados muestran que el contenido de humedad del producto comercializado (guadua rolliza) presenta poca variación, con valores entre 15% y 20% para tiempo de secado mayor a tres meses. Sin embargo, se encontró correlación entre la densidad y el contenido de humedad: mayor contenido de humedad a menor densidad de la pieza. El contenido de humedad inicial fue significativamente menor en piezas curadas, lo que facilita el secado.

Palabras clave: *Guadua angustifolia*; contenido de humedad; densidad; compuestos químicos; conservantes de la madera; conservación de la madera; secado natural; curado (procesamiento); Colombia.

Abstract

Moisture content of bamboo preserved and dried indoors. Moisture content of 6 m *Guadua angustifolia* pieces was determined after a process of indoor natural drying under the environmental conditions of the Colombian coffee region. The material was previously preserved by immersion in a boron solution. Moisture content was determined in laboratory by gravimetric method; additionally, a single experiment was conducted to evaluate the effect of clump curing on the final moisture content of dried guadua. Results showed little variation in moisture content, with values between 15% and 20% and drying time longer than three months. However, density and moisture content showed correlation: higher moisture content to lower density. Initial moisture content was significantly lower in clump curing pieces, which improved drying.

Keywords: *Guadua angustifolia*; moisture content; density; chemicals; wood preservatives; wood preservation; natural drying; curing (processing); Colombia.

¹ Grupo de investigación Gestión Ambiental Territorial, Facultad de Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. La Julita, Pereira, Risaralda, Colombia. 660003. Tel 57-6-3137208. Autor para correspondencia: tito@utp.edu.co

Introducción

El proceso de secado es uno de los eslabones más importantes en la cadena productiva de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth) en el Eje Cafetero Colombiano; sin embargo, pocos productores disponen de sistemas tecnológicos de secado artificial (cámaras de secado convencional o secado tipo invernadero). Este proceso se ha convertido en uno de los grandes desafíos y una necesidad apremiante en el eslabón de transformación y procesamiento, ya que los problemas de secado tienen como consecuencia la pérdida de competitividad para atender pedidos en gran escala, la falta de homogeneidad en el contenido de humedad del producto y la ausencia de garantía de permanencia del producto por largos periodos de tiempo.

Sin un adecuado control del contenido de humedad, los productores de guadua ponen en riesgo mercados potenciales para sus productos y no llegan a ser competitivos en cuanto a calidad se refiere. Las agencias de madera son los mayores comercializadores de guadua; sin embargo, no cuentan con innovaciones que les permitan mejorar los productos ofrecidos ni agregar un valor importante. Aparte del secado natural, no se aplican sistemas de tratamiento ni de procesamiento; solo unos pocos proveedores realizan todo el proceso desde el manejo y aprovechamiento del guadua, le incorporan valor agregado en el secado y preservación y mantienen sus espacios en el mercado sin mucha competencia (Mejía 2004).

A pesar de las buenas propiedades físico-mecánicas de la guadua para la construcción de viviendas y otros usos, este es un material vulnerable al fuego, al agrietamiento, rajaduras y daños por mal secado (Montoya y Jiménez 2006). Los métodos comúnmente empleados para el secado no garantizan la calidad de los productos y, además, implican el uso cada vez mayor de fuentes de energía

renovable de bajo costo. El secado tipo invernadero pudiera convertirse en la mejor opción tecnológica para pequeños y medianos productores de guadua. No obstante, es necesario optimizar el proceso en las condiciones propias de cada sitio.

La investigación desarrollada planteó como objetivo evaluar el contenido de humedad final en guadua rolliza sometida a un proceso de secado natural y secado de tipo invernadero, previa preservación por inmersión en sales de boro.

Metodología

Con el fin de evaluar el contenido de humedad en productos comercializados, se realizaron muestreos de guadua rolliza con longitud comercial de 6 m, procedente de tres productores del Eje Cafetero de Colombia. Las características del producto evaluadas fueron espesor de pared, diámetro, peso y densidad. Para lograr una muestra representativa, se conformó un lote combinado de los tres productores y se seleccionó una muestra proporcional a la procedencia del material. En total, se evaluaron 36 piezas de guadua; la medición del contenido de humedad se tomó en tres secciones de la pieza: sección inferior (0 a 1 m), media (2,5 a 3,5 m) y superior (5,5 a 6,0 m). En cada sección se tomó una muestra cilíndrica de 5 cm de largo para un total de 108 muestras evaluadas.

Durante la segunda etapa de la investigación se evaluó el contenido de humedad después del proceso de preservación empleado por los productores (solución de bórax y ácido bórico al 5%, en relación 1:1 y 5 días de inmersión). El ensayo se realizó con guaduas extraídas del Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira con y sin proceso de curado. Se evaluaron 29 piezas de 80 cm que tuvieran al menos dos nudos y posteriormente se preservaron con sales de boro. Una vez terminado el proceso de preservación, se dejaron escurrir

durante un día y luego se colocaron en secador solar tipo invernadero. El diseño de la estructura para el almacenamiento de la guadua dentro del secador permitió el manejo de tendidos individuales y facilitó el almacenamiento de cierta cantidad de guadua en determinado momento con diferente tiempo de secado o diferente diámetro. Esto jugó un papel importante a la hora de procesar lotes con características diferentes.

En este ensayo controlado se realizaron mediciones de temperatura y humedad del secador y los cambios experimentados por la guadua durante el proceso de secado. La temperatura y la humedad se midieron con higrómetros y termómetros ubicados en el exterior y en el interior del secador. Estos instrumentos permiten dar seguimiento al comportamiento de estas variables y así realizar la evaluación al proceso de secado. Se evaluó la pérdida de humedad durante un periodo de siete días bajo condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa específicas del sitio.

El contenido de humedad de todas las muestras de guadua rolliza evaluadas se determinó por medio del método gravimétrico. Se cortaron secciones circulares de guadua rolliza preservada y secada, según procedimiento descrito en la Norma ISO 22157-1: 2004, numeral 6. En cuatro partes del aro circular se midieron variables como ancho de sección, espesor de pared y diámetro; a continuación se pesaron en una balanza electrónica con precisión de 0,01 g para determinar su masa húmeda y luego se introdujeron en una estufa de secado a una temperatura de $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Al salir de la estufa, las muestras se introducen de inmediato en un desecador que registra el peso cada dos horas hasta alcanzar un valor constante. Nuevamente, se pesan las muestras y se les mide el ancho de sección, el espesor de pared y el diámetro

en cuatro secciones. Estas pruebas se realizaron en el laboratorio de Química Ambiental de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira.

De acuerdo con ISO (2004), el contenido de humedad de cada probeta se calcula como la pérdida de masa, expresada como un porcentaje de la masa seca en horno, utilizando la siguiente fórmula:

$$\%CH = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100$$

Donde:

CH es el contenido de humedad de la guadua expresada como un porcentaje de su peso anhidro

Ph es la masa de la muestra de ensayo antes del secado

Ps es la masa de la muestra de ensayo después de seca o peso final constante

Ph y Ps medidos con una precisión de 0,01 g

Resultados

Contenido de humedad en piezas de guadua comercializada

Los lotes de guadua evaluados mostraron poca variación (Figura 1); sin embargo, se evidenció que el sistema de almacenaje del productor 2 genera una disminución en el contenido de humedad de la sección superior. Este aspecto es relevante ya que se pueden presentar tensiones en el material que ocasionen rajaduras y, en consecuencia, pérdida de calidad.

Según Grosser y Liese (1971), dentro de la pared del bambú el número total de haces vasculares disminuye desde la parte inferior hacia la parte superior, mientras que aumenta la densidad; a la vez, cerca de la periferia los haces vasculares son pequeños, numerosos y concentrados mientras que en la parte media del culmo son más grandes y con una distribución más amplia. Es decir que en la guadua, como en todos los bambúes, el tamaño de los

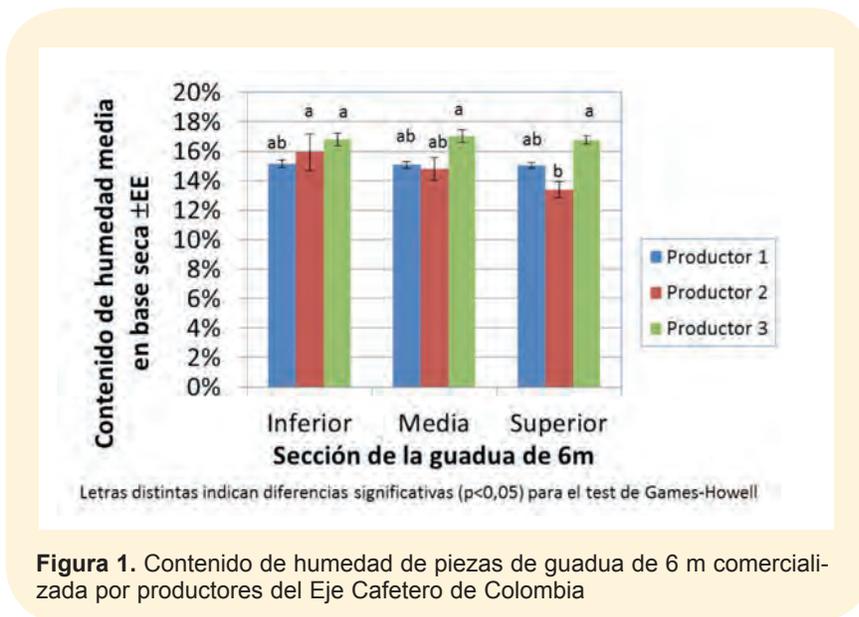


Figura 1. Contenido de humedad de piezas de guadua de 6 m comercializada por productores del Eje Cafetero de Colombia



Foto: Tito Morales-Pinzón

Medición del contenido de humedad en guadua almacenada.

haces vasculares decrece notoriamente desde la base hacia el ápice pero se incrementa su densidad (Londoño et al. 2002). Esta condición hace que se concentre una mayor cantidad de humedad en un espacio mayor y con mayor volumen en la parte superior de la guadua.

Entre la densidad y el contenido de humedad se evidenció una correlación: mayor contenido de humedad conforme disminuye la densidad de la pieza evaluada (Figura 2). Si bien se encontró una baja correlación lineal de Pearson, es significativa ($p < 0,05$) para las muestras evaluadas con un valor de $r = -0,17$. Sin embargo, cuando se analizaron los promedios de contenidos de humedad y densidad por secciones, fue evidente una alta correlación, con valores altamente significativos ($p < 0,01$) de $r = -0,75$ (Cuadro 1). En cuanto a las variables promedio de forma y peso, se encontró que la variable diámetro se correlaciona positiva y significativamente ($p < 0,05$) con el contenido de humedad ($r = 0,72$), mientras que las variables espesor de pared y peso no evidenciaron correlación significativa ($p < 0,05$).

En las evaluaciones de contenido de humedad se suelen comparar los resultados con el valor que corresponde al nivel en el cual la guadua –y la madera en general- ha perdido

teóricamente toda el agua libre y, por lo tanto, las paredes celulares se encuentran saturadas de agua higroscópica. Un material no está seco si el contenido de humedad es superior al 30% del agua libre; es decir, superior al punto de saturación de las fibras. En las muestras evaluadas de guadua rolliza, el contenido de humedad promedio no sobrepasa el 17%, valor superior en 2% al máximo esperado para secado artificial. Según la NTC 5301 (Icontec 2004), el contenido de humedad por secado de tipo solar, vapor o gas debe ubicarse entre 6% y 15%.

Existen diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en las densidades de la guadua según la procedencia o productor seleccionado (Figura 3). La densidad en peso seco en las tres secciones es significativamente más alta ($p < 0,05$) en el material del productor 3; sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las medias de las densidades de las secciones guadua analizadas. La densidad mínima y máxima encontradas se encuentra entre 0,35 y 0,94 g/cm³, comparables a los valores reportados por Liese (1985 y 1988), quien afirma que en los bambúes, la densidad varía entre 0,5 y 0,8 (0,9) g/cm³.

Evaluación del contenido de humedad durante el proceso de preservación y secado natural

Los resultados del ensayo evidencian que la técnica de curado en mata (utilizada por algunos productores de guadua que consiste en cortar el tallo sin volcarlo y dejarlo entre 15 a 20 días en el guadual) disminuyó significativamente el contenido de humedad inicial. Como efecto indirecto, esto contribuyó a que el culmo absorbiera más solución preservante, según lo demuestra la pendiente mayor entre el punto inicial y la estabilización en la retención de solución (Figura 4).

Las condiciones del secador tipo invernadero son muy variables ya que no dependen de energía adicional incorporada. Durante el seguimiento al proceso de secado de las muestras en secador tipo invernadero se midieron valores mínimo y máximo de 46% y 84% de humedad relativa y 23°C y 34°C de temperatura mínima y máxima dentro de la estructura de secado; por fuera de la estructura se registraron valores promedio mínimo y máximo de 44% y 78% de humedad y 23°C y 33°C de temperatura.

El contenido inicial de humedad media (y desviación estándar) de las piezas de guadua a preservar fue de 50% (± 14) y 83% (± 27)

Cuadro 1. Contenido de humedad en piezas de guadua comercial de 6 m

Lote	Sección	Contenido de humedad (% base seca)	Densidad en base seca (g/cm ³)	Características del producto comercializado (incluye humedad)			n
				Espesor de pared (mm)	Diámetro (mm)	Peso (kg/mL)	
Productor 1	Inferior	15,2±0,8	0,65±0,04	13,6±2,6	109,9±10,5	2,9±0,4	10
	Media	15,1±0,7	0,67±0,03	11,8±1,3	106,2±7,6	2,5±0,4	10
	Superior	15±0,6	0,69±0,04	11,5±3,4	98,1±7,4	2,1±0,4	10
	Promedio	15,1±0,7	0,67±0,02	12,3±2,7	104,7±9,7	2,5±0,5	30
Productor 2	Inferior	15,9±3,9	0,6±0,03	12,9±3,1	106,2±12,1	2,4±0,5	10
	Media	14,8±2,4	0,61±0,02	12,2±2,1	104,6±12,2	2,3±0,5	10
	Superior	13,4±1,7	0,62±0,02	10,1±1,1	93,9±11,3	1,8±0,5	10
	Promedio	14,7±2,9	0,61±0,01	11,8±2,5	101,6±12,7	2,2±0,6	30
Productor 3	Inferior	16,8±1,5	0,53±0,03	11,5±2,3	117,1±9,2	2,1±0,6	12
	Media	17±1,5	0,51±0,02	10,2±2,5	111,1±12,8	1,9±0,5	12
	Superior	16,8±1,0	0,52±0,03	9,6±1,3	102,6±13,1	1,6±0,5	12
	Promedio	16,9±1,3	0,52±0,02	10,4±2,2	110,3±13	1,9±0,6	36

Los datos representan la media±desviación estándar.

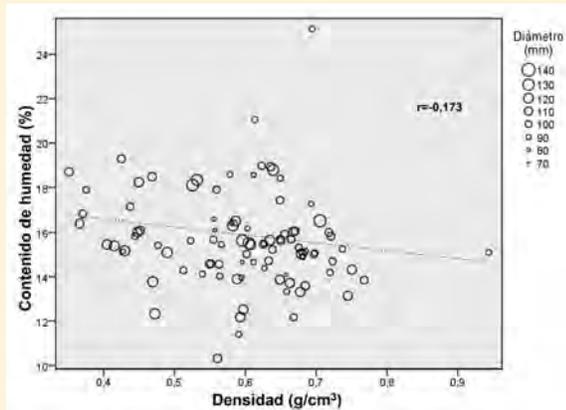


Figura 2. Efecto de la densidad en relación con el contenido de humedad y diámetro de la guadua

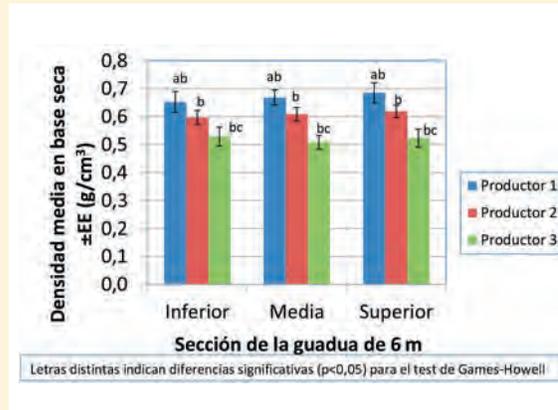


Figura 3. Densidades de las piezas de guadua de 6 m comercializadas

para guadas con proceso de curado y sin curar, respectivamente. Estos valores están dentro del rango de contenido de humedad de bambúes reportado por Liese y Kumar (2003) -entre 60 y 90%-. Sin embargo, los valores mínimos y máximos encontrados fueron de 33% (con curado) y 120% (sin curado); en promedio, las guadas curadas presentaron un 14% de diferencia entre la humedad inicial y la obtenida a los cinco días de finalizado el proceso de preservación, el doble de lo alcanzado por las piezas sin curar.

El ensayo de secado de piezas de 80 cm demostró que el secado natural tipo invernadero es eficiente en longitudes cortas. La humedad perdida durante los siete días del ensayo en el lote de guadua curado fue de 19% y 27% en el lote sin curar (Figura 5). Los valores máximos de contenido de humedad fueron superiores en las guadas sin curado (35% al inicio del proceso de secado), en tanto que los valores mínimos se encontraron en las guadas con curado (3% al inicio del proceso de secado) (Cuadro 2). Los modelos de regresión elaborados a partir de la propuesta de Montoya y Jiménez (2006) revelan que el secado se daría en solo 20 días, mientras que las piezas de seis metros requie-

ren de al menos cuatro meses para un secado con similares contenidos de humedad. Las piezas de guadua con proceso de curado tuvieron un menor contenido de humedad al iniciar el proceso y alcanzaron el secado en menor tiempo (Figura 5).

La densidad y el contenido de humedad de la guadua al inicio del proceso de preservación afectaron la efectividad del mismo. Los mejores resultados se obtuvieron en las piezas con menor densidad y menor contenido de humedad inicial (con proceso de curado), pues estas condiciones mejoran la retención de solución. Este aspecto ratifica lo ya probado por diferentes estudios en cuanto a que el proceso de curado

no solo es de gran importancia para la preservación de la guadua, por la pérdida de azúcares, sino que también genera mayor capacidad de absorción de la solución preservante, al tener un contenido inicial de humedad menor.

Conclusiones y recomendaciones

El curado en mata, durante 15 o 20 días, favorece la capacidad de retención de solución preservante y facilita el secado, ya que reduce el contenido inicial de humedad en la pieza de guadua. Este es un factor que debe ser considerado en la cadena de transformación y procesamiento de la guadua.

Cuadro 2. Contenido de humedad (en porcentaje) en piezas de guadua secadas en secador natural tipo invernadero

	Estadística	Tiempo (días)						
		1	2	3	4	5	6	7
Curado	Media	60	57	54	51	49	44	42
	Desviación estándar	14	14	14	13	13	13	13
	Máximo	86	83	80	77	75	71	69
	Mínimo	43	40	38	35	33	28	25
	n	14						
Sin curado	Media	80	75	70	66	64	57	53
	Desviación estándar	27	27	26	25	25	24	24
	Máximo	121	115	108	103	99	91	85
	Mínimo	40	37	33	30	29	23	20
	n	14						

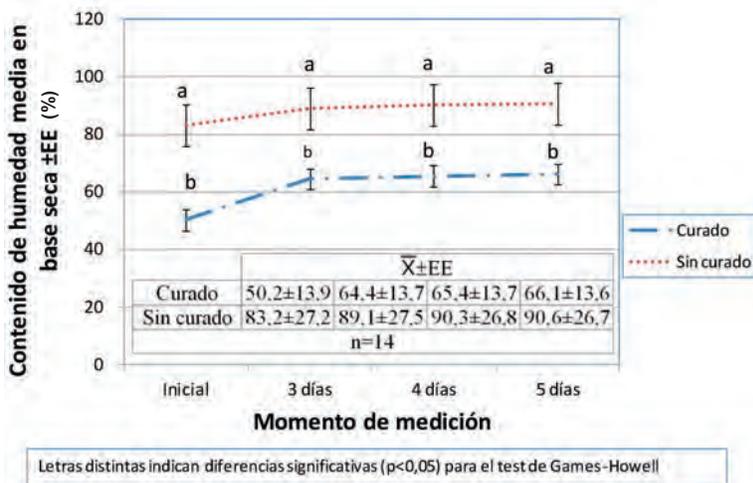


Figura 4. Contenido de humedad de la guadua en el proceso de preservación

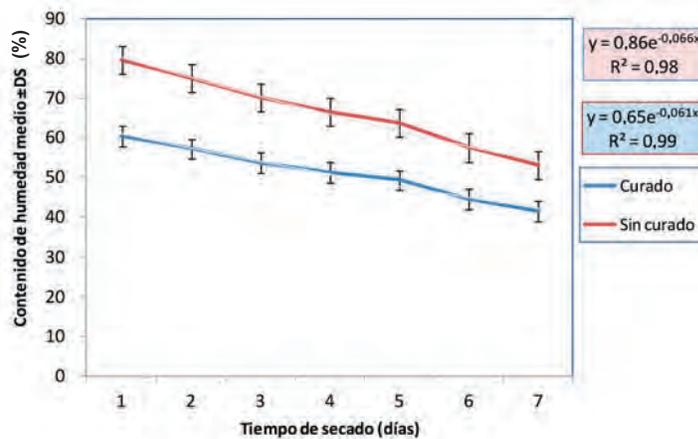


Figura 5. Contenido de humedad en secador natural tipo invernadero

El contenido de humedad en piezas de 6 m comercializadas por productores del Eje Cafetero está cerca del valor máximo esperado para procesos de secado artificial: entre 20% y 15%, con tiempos de secado mayores a tres meses. En general, el secado natural evita rajaduras en las piezas de guadua,

siempre y cuando se las proteja del sol y el agua (en estructura cubierta).

Se recomienda a los productores de guadua realizar procesos de preservación por inmersión, una vez que las piezas hayan perdido parte de su contenido de humedad -por ejemplo, mediante el proceso de curado en mata-

Agradecimientos

Los autores desean expresar sus agradecimientos a la Universidad Tecnológica de Pereira, al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y a la Corporación Red Especializada de Centros de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Agropecuario de Colombia (Cenired), por la financiación del proyecto de investigación "Mejoramiento tecnológico del proceso de la cosecha, poscosecha, preservación con sales de boro y secado por invernadero de piezas de guadua rolliza. Desarrollo de estándares para la competitividad en la cadena productiva de la guadua".

Literatura citada

- Grosser, D.; Liese, W. 1971. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. Wood Science and Tech. 5: 290-312.
- Icontec (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación). 2004. Preservación y secado del culmo de *Guadua angustifolia* Kunth. NTC 5301.
- ISO (International Standards Organisation). 2004. ISO 22157-1: Bamboo determination of physical and mechanical properties - Part 1: Requirements. Geneva, Switzerland. 19 p.
- Liese, W. 1985. Bamboos: Biology, silvics, properties, utilization. Eschborn, GTZ.
- Liese W. 1988. The anatomy of bamboo culms. Beijing, International Network for Bamboo and Rattan.
- Liese, W.; Kumar, S. 2003. Bamboo preservation compendium. New Delhi, India, Inbar-Cibart. ABS-Technical. Report No. 22. 231 p.
- Londoño, X.; Camayo, G.C.; Riaño, N.M.; López, Y. 2002. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. Bamboo Science & Culture 16: 18-31.
- Mejía, N. 2004. La cadena de la guadua en Colombia. Situación de la cadena y matriz del acuerdo marco nacional de competitividad. Cali, Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Montoya, J.A.; Jiménez, E. 2006. Determinación de la curva de secado al aire libre mediante modelación matemática y experimental de la *Guadua angustifolia* Kunth. Scientia Et Technica 12(30): 415-419.