

## **EFFECTO DE LA CONCENTRACIÓN, TEMPERATURA Y TIEMPO DE INMERSIÓN SOBRE LA RETENCIÓN Y PENETRACIÓN DE BORO EN *GUADUA ANGUSTIFOLIA* KUNTH**

Effect of concentration, temperature and immersion time on retention and penetration of boron in *Guadua angustifolia* kunth

Burgos F, Amarilis<sup>1</sup>; Montoya, Jorge Augusto.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida - Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ciencias Ambientales, Colombia. Email: amarilis.guadua@gmail.com/jorgemontoya@utp.edu.co

Fecha de inicio de la investigación: febrero 2013

Fecha de terminación de la investigación: agosto 2013

### **RESUMEN**

El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la concentración, temperatura y tiempo sobre la retención y penetración de compuestos de boro en *Guadua angustifolia* Kunth. Se planteó un experimento en cuadrado latino 3 x 3, que compara la concentración y temperatura de la solución preservante y el tiempo de inmersión de las probetas. Se prepararon 27 probetas de 10 cm de longitud, tomadas de los entrenudos de tres culmos, y se trataron por el método de inmersión-difusión. La retención del preservante fue calculada por diferencia de masa de las probetas antes y después del tratamiento y expresada respecto al volumen tratable de cada probeta y a la concentración de la solución de boro. La penetración se determinó mediante el método colorimétrico usando curcumina. Los resultados muestran que la concentración de la solución tuvo un marcado efecto sobre la retención de boro y la temperatura sobre la penetración. En cuanto al tiempo de inmersión no hubo suficiente evidencia estadística para concluir que tiene un efecto en la retención y penetración de boro.

**Palabras clave:** guadua, preservación, bórax, ácido bórico, inmersión

### **ABSTRACT**

The objective of this research was to determine the effect of concentration, temperature and immersion time on retention and penetration of boron in samples of *Guadua angustifolia* Kunth. A 3x3 Latin square design was used to compare both, the concentration and the temperature of boron solution, and the immersion time of the samples. For the study 27 samples of 10 cm long were taken from the internodes of three culms, and were treated by immersion-diffusion. The retention of boron was calculated by the difference in sample weight before and after the treatment. The retention was expressed

on sample volume and the concentration of boron, and the penetration was determined by a colorimetric method using curcumin. Results showed that the concentration has an effect on boron retention, but the temperature has an influence on penetration. There was not enough statistical evidence to draw conclusion that the time of immersion has an important effect on retention and penetration of boron.

**Key words:** guadua, preservation, borax, boric acid, immersion.

## INTRODUCCIÓN

La *Guadua angustifolia* es una gramínea gigante que pertenece al grupo de los bambúes. Tiene tallos o culmos, huecos, formados por nudos y entrenudos. Estos culmos están formados por cuello del rizoma, cepa, basa y sobrebasa (González, 2006), siendo la basa la sección más usada en la fabricación de muebles, debido a su diámetro intermedio.

Esta especie sobresale no sólo por sus condiciones y propiedades físico-mecánicas sino por la diversidad de aplicaciones que tiene en el desarrollo social, cultural y económico de muchos países tropicales, donde actualmente está siendo considerada como una alternativa al uso de la madera (Díaz, 2013), (Moreno *et al.*, 2012) y (Salas, 2006). Sin embargo, el bambú por ser un material lignocelulósico, con poca durabilidad natural (Liese y Kumar, 2003), es altamente susceptible al ataque de insectos y hongos (Saenz *et al.*, 2004) y (Peña *et al.*, 2009). La protección del bambú es esencial para prolongar su durabilidad y vida en servicio.

Sin embargo, los tratamientos de preservación no siempre son efectivos, debido principalmente a la estructura del bambú con poco tejidos conductivos. (Liese y Kumar, 2003) y (Tang y Liese, 2011). Según Londoño (2002) el culmo de *Guadua angustifolia* está constituido anatómicamente por 40% de fibra, 51% de parénquima y sólo 9% de tejido conductivo. La tratabilidad del bambú se basa en los caracteres anatómicos y el contenido de humedad del culmo. Ambos influyen en la elección del preservante y en el método de preservación (Liese y Kumar, 2003).

Para obtener suficiente protección, se han desarrollado diferentes métodos, de los cuales el método de inmersión-difusión con sales de boro es ampliamente recomendado por ser sencillo, económico, amigable con el ambiente y eficiente para tratar madera y bambú que van a ser usados en interiores, es decir, que no estarán expuestos a la intemperie ni en contacto con el suelo (González *et al.*, 2009), (Monroy, 2006), (Montoya, 2008), (Morales, 2006) y (Tiburtino, 2012).

El objetivo de esta investigación fue conocer los efectos de la concentración y temperatura de la solución de boro y el tiempo de inmersión en la retención y penetración de boro en guadua preservada por el método de inmersión-difusión.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este ensayo se realizó en la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia. Se estudió la tratabilidad de la *Guadua angustifolia* Kunth por el método de inmersión-difusión con compuestos de boro. La solución preservante consistió en una mezcla de bórax ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) y ácido bórico ( $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) en proporción 1:1, y concentraciones de 4%, 6% y 8% m/V. El tiempo

de inmersión fue de 2, 4 y 6 horas y las temperaturas de las soluciones preservantes fueron de 60°C, 40°C y ambiente (aprox. 22 °C).

#### Selección y preparación de la Guadua

En este trabajo se utilizó *G. angustifolia* proveniente de un guadua perteneciente a la finca "Villa Claudia" ubicada en el municipio Dosquebrada, Departamento Risaralda, Colombia. Se seleccionaron aleatoriamente tres (3) culmos maduros con diámetros promedios de 85, 91 y 95 mm. Éstos fueron cosechados según la Norma (NTC 5300,2007). De cada uno se cortó la sección comprendida entre los entrenudos 15 al 23.

De cada entrenudo se cortaron probetas, una aproximadamente de 10 cm para los tratamientos preservantes y otra de 3 cm para determinar el contenido de humedad. Cada probeta fue identificada con el número del culmo y el número del entrenudo. Luego, fueron trasladadas al Laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica de Pereira para la realización de los tratamientos preservantes.

#### Diseño experimental

En este trabajo de investigación se evaluó el efecto de la concentración de la solución de boro sobre la retención y penetración en la guadua. Para ello se planteó un experimento en cuadrado latino 3 x 3, que compara la concentración y temperatura de la solución y el tiempo de inmersión, de 27 probetas. Cada tratamiento fue asignado aleatoriamente a cada probeta. El diseño experimental se muestra en la Tabla 1.

Como covariables se tomó el espesor de pared del culmo y el contenido de humedad de las probetas al inicio del proceso de preservado.

Tabla 1. Diseño del experimento (DCL)

Temperatura (°C)	Tiempo de inmersión (h)		
	2	4	6
Ambiente (22)	A	B	C
40	B	C	D
60	C	A	B

Las letras significan concentraciones. A = 4%; B = 6% y C = 8%

#### Método de preservación

El método de preservación aplicado fue el de inmersión-difusión. Después de tres días de seccionadas las probetas, se sumergieron de forma vertical en un beaker de 2000 ml que contenía la solución preservante a la temperatura y tiempo indicado según el tratamiento (Tabla 1). Para calentar y mantener la temperatura de la solución preservante se usó una plancha con resistencia eléctrica, con capacidad para calentar hasta tres beaker.

### Determinación de la retención y la penetración de boro

La efectividad del tratamiento preservante se mide fundamentalmente por los valores de retención y penetración.

#### · Retención

La retención del preservante fue calculada por diferencia de masa de las probetas de 10 cm de longitud antes y después del tratamiento, expresada en base al volumen tratable de cada probeta y la concentración de la solución preservante. El volumen de las probetas fue calculado por la fórmula de Smalian (Azuaje, 2009). Pero, por ser la guadua hueca, el volumen se obtuvo restando el volumen interno al volumen externo.

Fórmula de Smalian 
$$V = \frac{\pi}{8} * l * (d_0^2 + d_1^2)$$

Donde:

V= Volumen de la probeta, en m<sup>3</sup>

= una constante equivalente a 0,39269

l= longitud de la probeta en m.

d<sub>0</sub>= diámetro promedio medido en el extremo menor, en m.

d<sub>1</sub>= diámetro promedio medido en el extremo mayor, en m.

La retención de boro fue determinada mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\pi}{8} R = \frac{P_2 - P_1}{V} * \frac{C}{100}$$

Donde:

R= Retención del producto preservante seco (componente activo), (kg/m<sup>3</sup>)

P<sub>2</sub> = Peso de la probeta después del tratamiento, en kg

P<sub>1</sub> = Peso de la probeta antes del tratamiento, en kg

V= Volumen de la probeta en m<sup>3</sup>

C= Concentración del preservante, en kg de producto activo/L. de solución

#### · Penetración

Para evaluar la penetración del boro, las probetas preservadas fueron seccionadas a la mitad y se les aplicó la prueba colorimétrica reveladora de boro, siguiendo la metodología propuesta en la norma AWWA A2-05 (AWPA, 2005). Se prepararon dos soluciones: solución 1, disolver 10 g de curcumina en alcohol etílico. Solución 2, diluir 20 ml de ácido clorhídrico concentrado en alcohol etílico hasta 100 ml y luego saturar con ácido salicílico. A cada probeta se le aplicó la solución 1, se dejó secar y luego se aplicó la solución 2. Las probetas cambiaron de color amarillo a rojo por la presencia de boro. Las mediciones de la penetración se realizaron con un vernier digital, en cuatro puntos de la pared del culmo, desde la epidermis interna hacia la epidermis externa, evaluando únicamente hasta qué profundidad en mm

estaba presente el boro. Las probetas fueron evaluadas siguiendo la clasificación de Tang y Liese (2011), Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de penetración del preservante

Grado	Penetración del boro en la pared del culmo
0	No penetración
1	< 25%
2	25 – 50%
3	50 – 75%
4	>75

Los datos de retención y penetración se compararon mediante un análisis de varianza de acuerdo al diseño en cuadrado latino, utilizando el programa SPSS para Windows versión 20. Cuando se presentaron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey a un nivel de significancia de 5%.

#### Determinación del contenido de humedad y espesor de la pared del culmo

##### Contenido de humedad

Para conocer el contenido de humedad (CH) de las probetas en el momento en que se seccionaron los culmos, las probetas de 3 cm fueron introducidas en una estufa a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$  hasta que alcanzaron peso constante.

$$CH = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso seco al horno}}{\text{Peso seco al horno}} * 100$$

Para determinar el contenido de humedad de las probetas al momento de ser impregnadas, primero se calculó su peso seco al horno ( $PSH_{\text{calculado}}$ ) usando su peso al momento de ser seccionadas y el contenido de humedad de la muestra de 3 cm, mediante la siguiente fórmula

$$PSH_{\text{calculado}} = \frac{\text{Peso inicial de la probeta}}{100 + CH \text{ de la muestra}} * 100$$

Para determinar el contenido de humedad actual de las probetas (JUNAC, 1989), es decir, antes de ser impregnadas se utilizó la siguiente fórmula

$$CH_{\text{actual}} = \frac{\text{Peso actual} - PSH_{\text{calculado}}}{PSH_{\text{calculado}}} * 100$$

· **Espesor de pared del culmo**

Se hicieron cuatro medidas en ambos extremos de las probetas como se indica en la Figura 1 para obtener el espesor promedio de pared del culmo. Las mediciones se realizaron con un vernier digital.



Figura 1. Medición de espesor de pared de las probetas

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

**Evaluación de la retención de las sales de boro**

La concentración de las soluciones de compuestos de boro tuvo un marcado efecto en la retención de boro en las probetas preservadas. El análisis de varianza a un nivel de confianza de 95% mostró diferencias altamente significativas al evaluar la retención ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) en función de la concentración (%) con una significancia de 0,003. Sin embargo, no hubo evidencia suficiente para concluir que la temperatura de la solución preservante y el tiempo de inmersión tienen un efecto importante sobre la retención, las significancias fueron 0,345 y 0,209 respectivamente.

Para detectar las diferencias entre las concentraciones se aplicó la prueba de Tukey. Los resultados indican que desde el punto de vista estadístico la concentración a 4% es igual a la de 6%, y ésta es igual a la de 8%. Mientras que las concentraciones a 4 y 8% son significativamente diferentes. Según los resultados de la Tabla 3, la retención promedio de boro más baja se obtuvo con la concentración de 4% ( $1,843 \text{ kg}/\text{m}^3$ ) y la retención más alta con la concentración a 8% ( $3,603 \text{ kg}/\text{m}^3$ ). La retención puede regularse a través de la concentración de la solución del tratamiento y de los requisitos de usos.

Tabla3. Retención de boro en kg/m<sup>3</sup>, según los tratamientos ensayados

Tratamientos		Retención (kg/m <sup>3</sup> )
Concentración (%)	4	1,843 ± 0,32 <sup>b</sup>
	6	2,628 ± 0,32 <sup>ab</sup>
	8	3,603 ± 0,32 <sup>a</sup>
Temperatura (°C)	22	3,903 ± 0,33 <sup>a</sup>
	40	2,313 ± 0,37 <sup>a</sup>
	60	1,867 ± 0,47 <sup>a</sup>
Tiempo (h)	2	2,289 ± 0,45 <sup>a</sup>
	4	2,689 ± 0,39 <sup>a</sup>
	6	3,095 ± 0,32 <sup>a</sup>

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no difieren significativamente (p > 0,05)

Landauro (2010) realizó pruebas para optimizar las variables del tratamiento de preservación por inmersión prolongada, con sales de boro al 2% de concentración y tiempos de inmersión de 24, 36, 72 y 108 horas, en secciones de *G. angustifolia* Kunth en condición seca, obteniendo retenciones de 1,91; 3,03; 4,28 y 4,29 (kg/m<sup>3</sup>) según los tiempos de inmersión respectivamente. Estos valores muestran que a mayor tiempo de inmersión la retención aumenta. Una tendencia similar se observó en este trabajo, y aunque el tiempo de inmersión evaluado no afectó significativamente la retención de boro, se observó que la retención aumenta a medida que el tiempo de inmersión se incrementa. Morales (2006) realizó un ensayo por inmersión a 3, 6 y 9% de concentración y tiempos de inmersión de 3, 4 y 5 días, reportando que la retención presentó un incremento con el tiempo de inmersión.

González, *et al*, 2009 preservaron *Bambusa vulgaris* por el método de inmersión con sales de boro a una concentración de 6% y tiempo de inmersión de 24 horas obteniendo retenciones promedio de boro de 4,2 kg/m<sup>3</sup>. Este valor mayor al obtenido en el presente trabajo a 6% de concentración y tiempo de inmersión de 6 horas (2,628 kg/m<sup>3</sup>). Por otro lado, (Montoya, 2008) evaluó varios métodos de preservación, obteniendo que el mejor método ante el ataque de coleópteros fue el de inmersión a concentración de 4% y tiempo de inmersión de 4 días.

#### Evaluación de la penetración de las sales de boro

Con los datos de los porcentajes de penetración se realizó el análisis de varianza a un nivel de confianza de 95%. Éste mostró que existen diferencias significativas al evaluar la variable penetración (%) en función de la temperatura (°C) de la solución preservante, la significancia fue de 0,005. No obstante, no hubo suficiente evidencia para concluir que la concentración de la solución preservante y el tiempo de inmersión ejercen un efecto importante sobre la penetración de boro, las significancias fueron 0,861 y 0,218 respectivamente.

Los valores promedios de penetración de boro se presentan en la Tabla 4. Se observa que la penetración aumentó a medida que se incrementó la temperatura de las soluciones preservantes. El mayor porcentaje de penetración se obtuvo con la solución preservante a la temperatura de 60°C (74,89%), mientras que el menor a temperatura ambiente (45,17%). Este aumento de penetración de boro se atribuye principalmente a que la solubilidad del boro se incrementa con la temperatura. El porcentaje por peso de boro en solución saturada a 20, 40 y 60 °C es 4,71; 11,22 y 30,33% respectivamente (Bórax, s/f). Por otra parte, el calor genera la salida del aire del interior de la probeta, permitiendo que el preservante penetre a mayor profundidad que a temperatura ambiente.

También, en la Tabla 4 se observa que los tiempos de inmersión evaluados no afectaron significativamente la penetración de boro. Sin embargo, se observó una tendencia a tener mejores promedios de penetración a medida que aumenta el tiempo de inmersión. Con tiempo de inmersión de dos horas el boro logró penetrar un 52 % de la pared del culmo, y con seis horas de inmersión penetró un 66%.

Tabla 4. Penetración de boro expresado en %, según los tratamientos ensayados

Tratamientos		Penetración (%)
Concentración (%)	4	56,51 ± 7,14 <sup>a</sup>
	6	60,90 ± 6,86 <sup>a</sup>
	8	58,86 ± 5,24 <sup>a</sup>
Temperatura (°C)	22	45,17 ± 0,33 <sup>b</sup>
	40	56,20 ± 6,37 <sup>ab</sup>
	60	74,89 ± 5,14 <sup>a</sup>
Tiempo (h)	2	51,79 ± 5,51 <sup>a</sup>
	4	58,21 ± 7,80 <sup>a</sup>
	6	66,27 ± 6,82 <sup>a</sup>

Medias seguidas por la misma letra dentro de una columna no difieren significativamente (p > 0,05)

Las pruebas colorimétricas realizadas para determinar el grado de penetración del preservante dentro de los culmos de *G. angustifolia*, mostraron en la mayoría de las probetas tratadas una penetración parcial regular y un grado superior a uno (1), (Figura 2). La zona penetrada (parte interna del culmo) fue periférica y más o menos uniforme (JUNAC, 1988). Resultados similares fueron reportados por (Morales, 2006) y (González, *et al*, 2009).



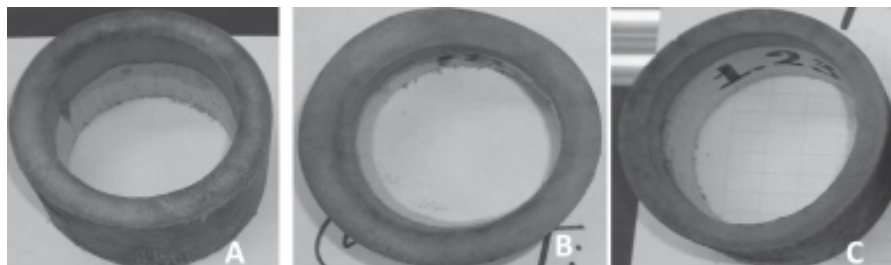


Figura 2. Grado de penetración del preservante: A) 2; B) 3 y C) 4.

Las probetas sumergidas en la solución preservante a 40 y 60 °C presentaron penetración grado 3. En tanto que las tratadas a temperatura ambiente tuvieron penetración grado 2. Estos resultados son similares a los obtenidos por Tang y Liese (2011) al preservar tres especies de bambú vietnamitas por el método de presión.

Para analizar el efecto de interacción de temperatura\*concentración sobre la penetración de boro en la guadua se hizo un gráfico de medias (Figura 3). En esta se observa que los segmentos lineales son paralelos, indicando que no hay interacción. También se observa que la penetración de boro se incrementa fuertemente de la temperatura 20 a 60 °C a las concentraciones de boro ensayadas. Sin embargo, se deduce que el mejor porcentaje de penetración de boro se obtuvo con la solución preservante a 60°C de temperatura y 6% de concentración.

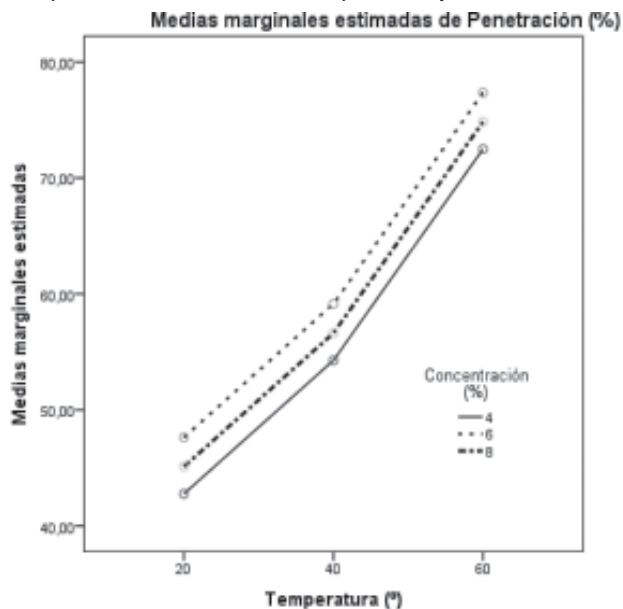


Figura 3. Comparación de medias para temperatura y concentración

### **Contenido de humedad y espesor de pared del culmo**

#### **· Contenido de humedad**

El contenido de humedad promedio de las 27 probetas al momento del corte de los culmos fue de 93,09 % con una desviación estándar de 4,13%, un valor máximo de 99,63% y un valor mínimo de 86,67%. Al momento de preservar, las probetas tenían un contenido de humedad promedio de 72,09% ( $\pm 5,94\%$ ), es decir, 19% menos de humedad con respecto al contenido de humedad inicial.

Todos los valores de contenido de humedad están por encima del punto de saturación de la fibra de la *G. angustifolia* (15-20%), lo que indica que había agua tanto en los lúmenes como en la pared celular de las células. Estos valores de contenido de humedad del culmo verde se ajustan a los señalados por Liese y Kumar (2003), quienes señalan que el contenido de humedad de un culmo vivo varía de 70 a 140%.

El contenido de humedad tiene gran influencia sobre la preservación del bambú, especialmente en condición verde, donde el movimiento de boro ocurre vía difusión desde la parte interna del culmo hacia la periferia (Caldeira, 2010).

#### **· Espesor de pared del culmo**

El espesor promedio de la pared de culmo de las 27 probetas preservadas fue de 11,25 mm, con una desviación estándar de 1,65%, un valor máximo de 13,7 mm y un valor mínimo de 8,04 mm.

No se encontró un efecto significativo del espesor de pared en la penetración, posiblemente, esto se debe a la alta uniformidad de la pared del culmo que tiene la basa. Sin embargo, Morales (2006) al evaluar piezas de guadua tratadas (Cepa y Basa), encontró mayor penetración en la cepa, indicando además, que las cepas presentan mayores espesores de pared de culmo.

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

Del estudio se concluye que la retención de sales de boro es afectada por la concentración de la solución preservante y en menor grado por el tiempo de inmersión.

La retención de boro en las probetas de guadua para concentraciones de soluciones de 4%, 6% y 8% puede cumplir con los valores requeridos como preservante (1-4 kg/m<sup>3</sup>). Sin embargo, los mejores resultados se lograron con la concentración a 8%.

La penetración de boro fue afectada por la temperatura de la solución preservante y en menor grado por el tiempo de inmersión.

El mayor porcentaje de penetración de boro se obtuvo con la solución preservante a 60°C de temperatura y 6% de concentración.

El tiempo de inmersión evaluado no afectó en forma significativa la retención y la penetración de boro en la guadua. No obstante, se observó que la retención y la penetración se incrementan a medida que aumenta el tiempo de inmersión.

Es recomendable realizar estudios a una escala mayor de probeta y tiempo de inmersión.

## REFERENCIAS

- AMERICAN WOOD PRESERVERS' ASSOCIATION (AWPA). 2005. Standard methods for determining penetration of preservatives and fire retardants. Method A3-08. Maryland, US. Book of Standards.
- Azuaje, J. 2009. Manual de medición y cubicación Forestal. Uso de la fórmula de Smalian. Ministerio del poder popular para el ambiente. Dirección de bosques. Caracas. 19 p.
- Borax, 2. M. (s.f.). *www.borax.com*. Recuperado el 30 de octubre de 2013, en [http://www.borax.com/docs/product\\_pdfs\\_data/pds-borates-boraxdecahydrate-us.pdf?sfvrsn=1](http://www.borax.com/docs/product_pdfs_data/pds-borates-boraxdecahydrate-us.pdf?sfvrsn=1)
- Caldeira, F. 2010. Boron in Wood preservation. A review in its physico-chemical aspects. *Silva lusitana*, 18 (2): 179-196.
- Díaz, J. S. 2013. Acero vegetal, la aplicación de la naturaleza en nuestro desarrollo social. *Revista digital de diseño MasD*, 7, 1-3.
- Gonzalez, H. M. 2006. Esfuerzo de tensión y la influencia de la humedad relativa del ambiente y la altura a lo largo del tramo en la especie de bambu *Guadua angustifolia* Kunth. *Scientia et Technica Universidad Tecnologica de Pereira*, 12 (32):445-450.
- González, Y., Mora, N., y Molina, Y. 2009. Preservación de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl mediante métodos sin presión. *Revista Forestal Venezolana*, 53(1), 43-50.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). 1988. Manual del Grupo Andino para la preservación de Maderas. Lima, Perú: Proyecto Subregional de Promoción Industrial de la Madera para la Construcción. 330 P.
- \_\_\_\_\_. 1989. Manual del grupo andino para el secado de maderas. Lima, Perú: Proyecto subregional de promoción industrial de la madera para construcción. 404 P.
- Landauro, D. 2010. Características de preservación por el método de inmersión del tallo de *Guadua angustifolia* Kunth (bambú), proveniente del Distrito de La Florida, Cajamarca. Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias Forestales. Lima. Perú. 99 p.
- Liese, W. y Kumar, S. 2003. Bamboo preservation compendium. INBAR - CIBART., ABS-Technical Report N° 22, Nueva Delhi, India. 231 p.

- Londoño, X. 1998. A decade of observations of a *Guadua angustifolia* plantations in Colombia.(12), 37-43.
- \_\_\_\_\_. 2002. Characterization of the anatomy of *Guadua angustifolia* (Poaceae: Bambusoideae) culms. Bamboo. The Journal of the American Bamboo Society, 16, 18-31.
- Monroy, E. M. 2006. Tratamiento químico de cuatro especies de bambú para su preservación, utilizando ácido bórico - bórax-dicromato de sodio por el método de inmersión y baño caliente frío. Recuperado el 5 de noviembre de 2013, en [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1001\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1001_Q.pdf)
- Montoya, J. A. 2008. Evaluación de métodos para la preservación de la *Guadua angustifolia* Kunt. scientia et Technica(38), 411-416.
- Morales, T. 2006. Evaluación y ajustes del proceso de preservación de guadua por inmersión con sales de boro. Scientia et Technica(32), 457-462.
- Moreno, L. A., Hernandez , W,y Gutierrez , O. 2012. Caracterización de la *Guadua angustifolia* Kunth cultivada en Mirafloes (Boyacá) de acuerdo con la NSR-10. Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, 21(33), 53-71.
- NORMA TÉCNICA COLOMBIANA (NTC). 2002. Norma Unificada en Guadua. Reglamento para el manejo, aprovechamiento y establecimiento de guaduas, caña brava y bambués, Bogotá.
- \_\_\_\_\_. 2007. Norma para Cosecha y postcosecha de *Guadua angustifolia* Kunth, Bogotá.
- Peña, L., Burgos, A., Gonzáles, A., y Valero, S. 2009. Efecto de la preservación con mezclas de bórax-ácido bórico y urea formaldehído sobre las propiedades físico mecánicas y el ataque de insectos en guadua (*Guadua angustifolia* Kunth). Revista Forestal Venezolana, 53(2), 135-144.
- Saenz, A., Montoya, J. A., Tistl, M. 2004. Artrópodos asociados con *Guadua angustifolia* almacenada en Pereira, Colombia. Manejo Integrado de plagas y Agroecología, 59-66.
- Salas, E. 2006. Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia. Recuperado el 5 de noviembre de 2013, en [http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/613006\\_ESD\\_Cos\\_pp\\_35\\_81.pdf;jsessionid=ED272EF9E059BE51E8DA9B7A5B77166A.tdx2?sequence=6](http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/613006_ESD_Cos_pp_35_81.pdf;jsessionid=ED272EF9E059BE51E8DA9B7A5B77166A.tdx2?sequence=6)
- Tang, T. K. H., Schmidt, O., y Liese, W. 2011. Pressure treatment of bamboo culms of three Vietnamese species with boron and CCB preservatives. J Bamboo Rattan, 10 (1y2), 1-12.
- Tiburtino, R. F. 2012. Qualidade e eficiencia do tratamento preservativo de duas espécies de bambú. Tesis de postgrado. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. Brazil. 104 p.