

# Efectividad de la preservación de *Guadua angustifolia* en el Eje Cafetero colombiano por el método de inmersión-difusión

Tito Morales-Pinzón<sup>1</sup>, Luisa Fernanda Durán<sup>1</sup>, César Andrés Alzate<sup>1</sup>

## Resumen

Se evaluó la efectividad del proceso de preservación de guadua rolliza mediante el método de inmersión-difusión en solución de boro. El material evaluado fue producido por tres empresas establecidas en el Eje Cafetero de Colombia. Las muestras del material tratado fueron analizadas en laboratorio; se realizaron mediciones de penetración radial del boro utilizando un método cualitativo de detección. Se encontró que en todos los rangos de retención hubo una alta penetración, lo que demuestra que la penetración no depende de la concentración de la solución a la cual fue expuesta la guadua. La preservación por el método inmersión-difusión, al 5% de concentración de solución de bórax-ácido bórico en relación 1:1 es superior a 1 kg EAB/m<sup>3</sup> y se presenta homogénea a lo largo de toda la pieza preservada. Los métodos cualitativos de detección de boro analizados demostraron que la cúrcuma molida (*Curcuma longa* L.) reacciona con un amplio rango de retención de boro.

**Palabras clave:** *Guadua angustifolia*; bórax; ácido bórico; preservación; inmersión; medición; espectrofotómetros; Colombia.

## Abstract

**Effectiveness of preservation using the immersion-diffusion method on *Guadua angustifolia* from the Colombian coffee region.** The effectiveness of a preservation process using the immersion-diffusion method on *Guadua angustifolia* was evaluated. A boron solution is commonly applied for producers from the Colombian coffee region as preserving method. Samples of treated material were tested in laboratory; radial penetration was determined using a boron qualitative detection method. A high penetration occurred in all ranges of boron retention; this proved that penetration does not depend on the concentration of the solution. Preservation using the immersion-diffusion method, with a borax-boric acid solution at 5% of concentration (relation 1:1) showed retentions greater than 1 kg EAB/m<sup>3</sup> distributed homogeneously throughout the piece. Qualitative detection methods demonstrated that turmeric (*Curcuma longa* L.) reacted with a wide range of boron retention values.

**Keywords:** *Guadua angustifolia*; borax; boric acid; preservation; immersion; measurement; spectrophotometers; Colombia.

<sup>1</sup> 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. [tito@utp.edu.co](mailto:tito@utp.edu.co)

## Introducción

La guadua rolliza (redonda) es, sin duda, el producto de bambú con mayor potencial comercial en mercados locales, nacionales e internacionales. Sin embargo, la preservación sigue siendo uno eslabón crítico en el proceso de transformación y adición de valor a los productos obtenidos de los culmos (tallos) de guadua adulta que se cosechan en la región del Eje Cafetero de Colombia. En el eslabón de transformación de la cadena de la guadua se han detectado una serie de problemas, tales como la ineficacia de los métodos empleados para preservación y secado, que no garantizan la calidad de los productos; el incremento en el costo de la materia prima, por el empleo de prácticas empíricas inadecuadas en el manejo y aprovechamiento de los guaduales y el transporte de los culmos; la falta de conocimiento de los agentes empresariales acerca de las normas de aprovechamiento, preservación y secado de la guadua (Gobernación del Quindío 2004).

En la preservación de culmos de bambú y sus productos, los compuestos de boro son los más utilizados (Liese 2004). Algunas empresas del Eje Cafetero han optado por preservar con solución de bórax y ácido bórico, que son compuestos favorables por su baja toxicidad para las personas y el medio ambiente; además, son muy efectivos y de fácil acceso para la mayoría de pequeños y medianos productores.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficacia del proceso de preservación de piezas de guadua (retención y penetración de las sales de boro), aplicado por productores de la región cafetera. Se utilizó el método de análisis espectrofotométrico de la azometina-H; esta es una técnica de medición del boro ampliamente utilizada en el análisis de foliares. Adicionalmente, se empleó un método cualitativo de estimación del contenido de boro, a partir de la penetración de las sustancias preservantes. Este es

un método de uso práctico, efectivo y al alcance de todos, que mejora la credibilidad y competitividad a la hora de implementar y certificar estándares de calidad sustentados en el conocimiento del producto final entregado por la empresa o productor.

La investigación consistió en determinar el contenido de boro de las muestras preservadas mediante un proceso de inmersión-difusión; para ello se analizaron muestras provenientes de tres empresas productoras establecidas en el Eje Cafetero de Colombia. Los análisis se hicieron en laboratorio y se relacionaron con un método cualitativo de detección de contenido de boro: cúrcuma (*Curcuma longa* L.) comercial molida disuelta en alcohol industrial. La coloración que la sustancia reveladora toma en la madera se relaciona con el nivel de retención en las muestras, el cual se expresa en kilogramos por metro cúbico (CIIBI 2002). De acuerdo con FAO (1986), una retención de EAB (equivalencia de ácido bórico) igual o superior a 0,96 kg/m<sup>3</sup> (p/v) es suficiente para brindar una protección eficiente a la madera para uso interior; en condiciones de almacenamiento, la retención mínima en el núcleo debe ser de 0,20% a 0,25% de ácido bórico equivalente al peso de la madera secada en horno.

### Determinación de la muestra

Como primera fase, se realizó un muestreo en lotes almacenados ya preservados. Se trabajó principalmente con empresas de la región, certificadas con el Forest Stewardship Council (FSC) o en proceso de certificación. Se estimó un tamaño óptimo de 96 muestras que debían ser analizadas; para el cálculo se empleó un muestreo aleatorio simple, a partir de datos previos presentados por Morales-Pinzón (2006) (ver ecuación 1).

$$n = \frac{(Z_{\alpha/2} * \sigma)^2}{e^2 + \frac{(Z_{\alpha/2} * \sigma)^2}{N}} \quad \text{Ec. 1}$$

Donde:

n es el tamaño óptimo de muestra aleatoria

e es el error permisible y viable para el estudio en términos de costos de las muestras analizadas (5,3 kg/m<sup>3</sup> de EAB o 10% del valor medio esperado)

$Z_{\alpha/2}$  es el valor estadístico de desviaciones estándar en la distribución normal que corresponde a una confiabilidad de 0,95

N es el tamaño de la población estudiada que corresponde a los lotes combinados de los productores del último proceso de preservación (estimado en 164 piezas de guadua rolliza).

### Método cuantitativo de detección de boro

De cada guadua se tomaron muestras de aserrín provenientes de tres secciones diferenciadas: ambos extremos, entre 0-0,5 m y 5,5-6 m y parte central, entre 2,75-3,25 m. Del total de 288 muestras se envió a laboratorio solo una de cada tres, es decir 96 muestras distribuidas de forma sistemática aleatoria. En laboratorio se realizaron análisis para cuantificar, por espectrofotometría, el contenido de boro y compararlo con estándares de preservación reportados en la literatura para constatar el grado de protección del material de diferentes procedencias. El principio general de este método es que el boro reacciona con el compuesto azometina-H para formar un complejo estable de color amarillo, el cual se valora colorimétricamente a 410 nm (UTP 2000).

### Método cualitativo de detección de boro

Para la valoración cualitativa del proceso de preservación de las muestras, se realizó un proceso de corte en cinco diferentes secciones longitudinales (en los bordes y cada 1,5 m sobre la pieza de guadua comercial de 6 m). Se definió una nueva muestra de 160 mediciones, equivalente al 30% del total de secciones disponibles. La solución reveladora de cúrcuma en alcohol al 95% se aplicó por asper-

sión con un atomizador comercial y se tomaron mediciones de penetración del preservante. De forma complementaria, se aplicó una solución complementaria (sobre muestra seca) de ácido acetilsalicílico (ácido clorhídrico al 34%, 6 g de ácido salicílico en 100 ml de alcohol industrial >90%). Las valoraciones cualitativas se hicieron por la reacción de estas sustancias con el boro al cambiar de color (de amarillo a rojo intenso); para ello se evaluó la proporción de sección circular (penetración radial) con mayor preservante retenido.

### Resultados

Los tres productores con quienes se trabajó preservan la guadua rolliza por medio del método inmersión-difusión con una concentración del 5% en relación 1:1 de ácido bórico y bórax y un tiempo de inmersión de la guadua de cinco días, tal como se constató con mediciones en las piscinas de preservación. Además, aplican el proceso de vinagrado, el cual consiste en cortar los culmos en el guadua y dejarlos en pie, recostados sobre las demás guadas del rodal durante un periodo no menor de ocho días ni mayor de tres semanas (Montoya 2002). La corta debe hacerse en luna menguante y en horas de la madrugada, cuando es menor la cantidad de agua en la planta. Durante el tiempo que se dejan los culmos en el guadua se produce un proceso de vinagrado natural; es decir que los líquidos almidonados en el interior se fermentan y producen un vinagre o alcohol que preserva la guadua en forma natural y la hace menos propensa al ataque de insectos (Giraldo y Sabogal 1999).

#### Evaluación cualitativa de la penetración del boro en la guadua preservada

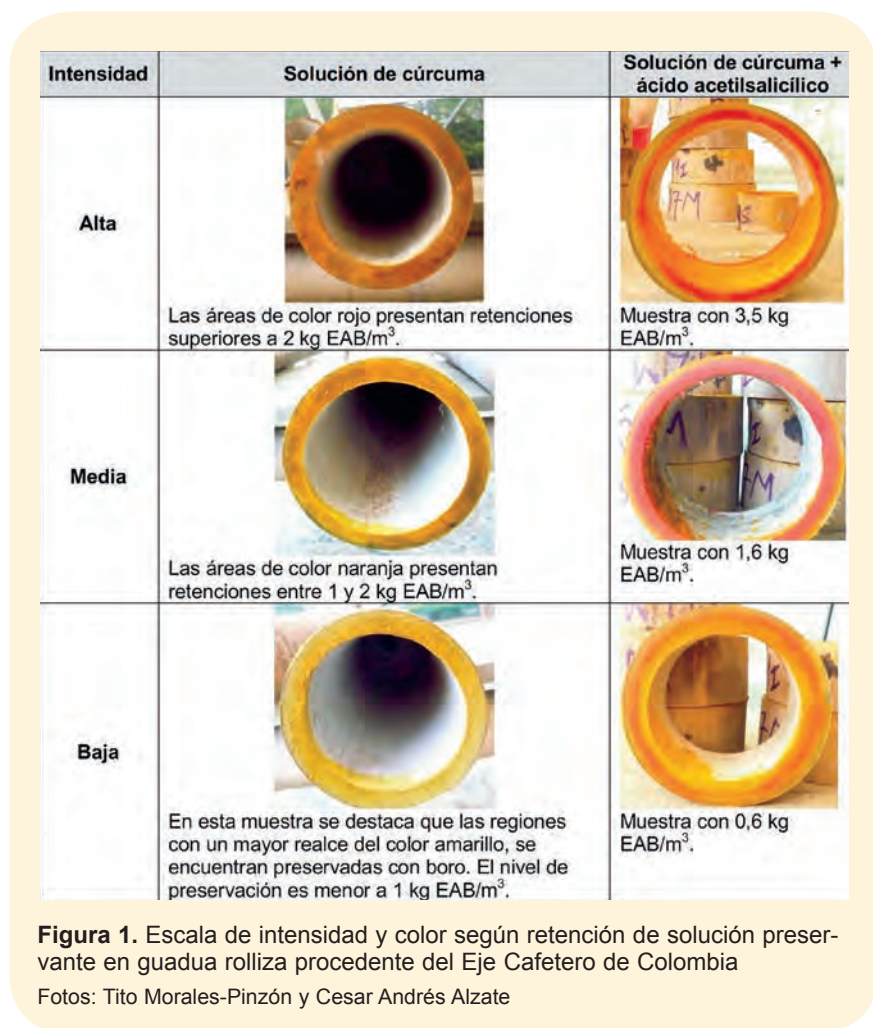
La penetración de la solución de cúrcuma se clasificó en tres categorías: baja (cambio leve, amarillento, ligeramente diferente de una muestra sin boro), media (cambio a color naranja) y alta (cambio a color rojo). Al agre-

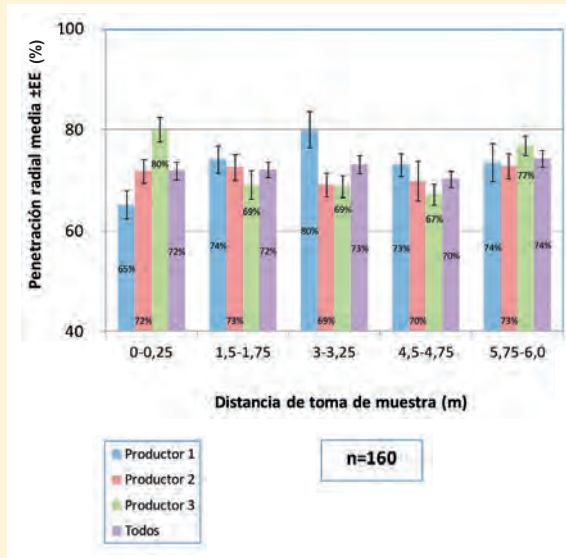
garse ácido acetilsalicílico a la solución, las partes con mayor retención se revelan con más claridad (Figura 1).

El 9% de las muestras evaluadas presentaron niveles bajos de retención y niveles altos en el 42%. Los mayores rasgos de preservación (penetración alta) se evidencian en la pared interior, lo que coincide con lo descrito por Morales-Pinzón (2006). En cuanto a la penetración del químico, se encontró una distribución homogénea a lo largo de las piezas de 6 m de guadua rolliza (producto comercial ofrecido por los productores) (Figura 2).

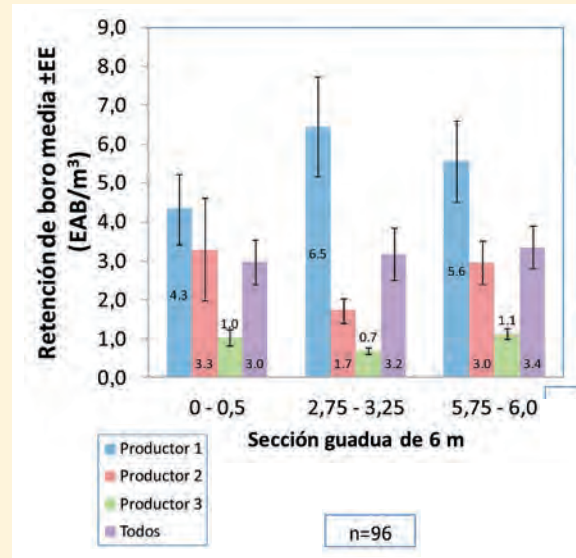
La penetración del preservante fue siempre del 100%; sin embargo, la zona de mayor penetración varía en función de las características del material preservado (diámetro, espesor de pared) y, seguramente, de las

condiciones iniciales de preservación (contenido de humedad antes de la inmersión) (Morales-Pinzón 2006). En las muestras evaluadas, el porcentaje de penetración con mayor intensidad de color fue siempre mayor a 41%, aunque se encontraron dos muestras con valores mayores al 90%. Se encontró que en todos los rangos de retención hubo una alta penetración, lo que demuestra que la penetración no depende de la concentración de la solución a la cual fue expuesta la guadua. En promedio, los valores de penetración con intensidad alta oscilaron entre 65% y 80% (Cuadro 1), valores superiores a los reportados por Morales-Pinzón (2006) para probetas de guadua de 1 m, y por Berrocal et al. (2004) para especies madereras –entre ellas, melina, con valores inferiores al 35%.





**Figura 2.** Penetración radial de la solución preservante en guadua rolliza procedente del Eje Cafetero de Colombia



**Figura 3.** Comparación de la retención de boro en muestras de guadua procedente del Eje Cafetero de Colombia

### Evaluación cuantitativa de la retención de boro en la guadua preservada

En las muestras evaluadas, la retención promedio de boro está cerca o por encima del límite tóxico establecido, lo que indica que los productos satisfacen los mínimos esperados para el mercado de guadua rolliza preservada. También se cumple con la norma de FAO (1986), para guadua usada en interiores: EAB mínimo de 0,96 kg/m<sup>3</sup> (p/v). Por su alta solubilidad en agua, los compuestos de boro son fácilmente lixiviables en la madera tratada y, en consecuencia, tal madera no es adecuada para el uso al aire libre (Lloyd 1998, Peylo

y Willeitner 1997). El límite tóxico para la protección de madera en condiciones al aire libre es de 1 kg EAB/m<sup>3</sup> (Drysdale 1994, Schoeman y Lloyd 1998), aunque Liese y Kumar (2003) hablan de un rango óptimo entre 1 y 4 kg EAB/m<sup>3</sup>.

La retención se presentó homogénea a lo largo de la pieza de guadua, sin diferencias estadísticamente significativas  $p > 0,05$ ; se encontraron valores de retención de 2,97±3,25 kg/m<sup>3</sup> (sección inferior), 3,17±3,76 kg/m<sup>3</sup> (sección media) y 3,36±3,06 kg/m<sup>3</sup> (sección superior) (Figura 3). Sin embargo, los análisis realizados a muestras de diferentes productores evidenció la heterogeneidad del

proceso de preservación, con valores medios de retención de boro y desviación estándar de 0,94±0,50 kg/m<sup>3</sup> (productor 3), 2,66±2,67 kg/m<sup>3</sup> (productor 2) y 5,44±3,79 kg/m<sup>3</sup> (productor 1). Estos valores coinciden con los presentados por Morales-Pinzón (2006) en un experimento controlado para determinar el efecto de diferentes niveles de concentración de la solución preservante (bórax-ácido bórico); sin embargo, la alta variabilidad podría indicar que los valores de concentración de las piscinas de preservación son diferentes a los reportados por el productor. La concentración esperada en las piscinas de preservación evaluadas era del 5%, en relación 1:1 y un tiempo de inmersión de cinco días. Estos valores presentan un mayor margen de seguridad que el requerido de 2% y cinco días para garantizar un 90% de mortalidad de los coleópteros taladradores (*Dinoderus minutus*) en ensayos controlados (Peña et al. 2009).

Los resultados de penetración y retención revelan retenciones superiores a 1,8 kg EAB/m<sup>3</sup>. Al compararse estos resultados con los requerimientos de retención propuestos por FAO

**Cuadro 1.** Penetración radial de la solución de bórax-ácido bórico en guadua rolliza procedente del Eje Cafetero de Colombia (valores porcentuales)

Sección de toma de muestra (m)	Espesor de pared (mm) (X±EE)	Porcentaje de penetración radial del preservante (X±EE)				Promedio	n
		Productor 1	Productor 2	Productor 3	Promedio		
0,0 - 0,25	15,1±3,7	65±3	72±2	80±2	72±10	32	
1,5 - 1,75	12,1±2,1	74±3	73±3	69±3	72±9	32	
3,0 - 3,25	11,5±2	80±4	69±2	69±2	73±11	32	
4,5 - 4,75	10,5±2,1	73±2	70±4	67±2	70±9	32	
5,75 - 6,0	10,4±1,2	74±4	73±2	77±2	74±10	32	
<b>Promedio</b>	<b>11,9±2,9</b>	<b>73±11</b>	<b>71±9</b>	<b>72±9</b>	<b>72±10</b>	<b>160</b>	
n		60	50	50	160		



**Cuadro 2.** Retención de boro en muestras de guadua de productores del Eje Cafetero de Colombia

Productor	Sección	Retención media (kg EAB/m <sup>3</sup> ±EE)	Retención media (p/p) (% EAB±EE)	n
Productor 1	0 - 0,5	4,3±0,9	0,9±0,77	12
	2,75 - 3,25	6,5±1,3	1,32±0,97	12
	5,75 - 6,0	5,6±1,1	1,13±0,86	12
	Pieza de 6 m	5,4±0,6	1,12±0,86	36
Productor 2	Inferior	3,3±1,3	0,55±0,69	10
	Media	1,7±0,3	0,29±0,19	10
	Superior	3,0±0,6	0,49±0,33	10
	Pieza de 6 m	2,7±0,5	0,45±0,45	30
Productor 3	Inferior	1,0±0,2	0,16±0,1	10
	Media	0,7±0,1	0,1±0,04	10
	Superior	1,1±0,2	0,17±0,07	10
	Pieza de 6 m	0,9±0,1	0,14±0,08	30
Promedio	Inferior	3,0±0,6	0,56±0,67	32
	Media	3,2±0,7	0,62±0,81	32
	Superior	3,4±0,5	0,63±0,68	32
	Pieza de 6 m	3,2±0,3	0,6±0,72	96

(1986), en términos de porcentaje de EAB, se encontró que el material procedente del Productor 3 tuvo valores de retención inferiores al estándar para maderas (Cuadro 2). No obstante, según información recolectada en los sitios de venta, no han presentado reclamaciones por parte de los compradores del producto. En general, en los sitios de almacenamiento, el material preservado está expuesto al ataque de xilófagos, como dinoderus y termitas; la ausencia de reclamaciones hace pensar que la preservación ha sido efectiva. Sin embargo, es necesario hacer pruebas controladas con estándares internacionales para corroborar estos resultados.

### Literatura citada

Berrocal, A. Muñoz, F.; González, G. 2004. Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. Kurú 1(3): 1-12.

CIIBI (Centro de Investigación en Integración Bosque Industria, CR). 2002. Preservación de madera de melina proveniente de plantaciones forestales utilizando el método de inmersión difusión con sales de boro. Cartago, Costa Rica, Instituto Tecnológico de Costa Rica (Guía práctica No. 1).

Drysdale, J.A. 1994. Boron treatment for preservation of wood; a review of efficacy data for fungi and termites. Stockholm, Sweden, International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP 94-30037.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1986. Wood preservation manual. Rome, Italy, FAO - Mechanical Wood Products Branch.

Giraldo, E., Sabogal, A. 1999. Una alternativa sostenible: la guadua. Armenia, CRQ. 192 p.

Gobernación del Quindío, Secretaría de Desarrollo Económico, Rural y Ambiental. 2004. Cadena productiva de la guadua; organización de la cadena de la guadua, caracterización de eslabones, actores y procesos. Armenia, CRQ.

Liese, W. 2004. Preservation of a bamboo culm in relation to its structure. En: Simposio Internacional Guadua 2004 [Memorias. Pereira, Colombia, 27 de set. Al 2 de oct.], p. 20-29.

### Conclusiones y recomendaciones

- La penetración del boro en guadua preservada por método de inmersión, por parte de productores del Eje Cafetero colombiano es superior a lo reportado en estudios de maderas y se ajusta a las normas recomendadas.
- La escala colorimétrica empleada para determinar la penetración radial del boro demuestra ser una opción económica, accesible y de fácil manejo para los productores, ya que brinda un indicador confiable, aunque poco preciso de la retención de boro.
- Se recomienda continuar con estudios encaminados a generar herramientas de análisis e interpretación para los productores, tales como métodos de fácil acceso y uso, herramientas informáticas, mecanismos de corroboración y soporte de información. Esto ha de facilitar la toma de decisiones a nivel empresarial y seguramente permitirá obtener un mejor producto final y una cadena productiva de la guadua más eficiente.

### 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 el financiamiento 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".

Liese, W.; Kumar, S. 2003. Bamboo preservation compendium. New Delhi, India, Inbar-Cibart. ABS-Technical Report No. 22. 231 p.

Lloyd, J.D. 1998. Borates and their biological applications. Stockholm, Sweden, International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP 98-30178.

Montoya, J. 2002. Investigación tecnológica en métodos para la preservación de la guadua. Tesis Mag. Sc. Manizales, Universidad Nacional de Colombia. 180 p.

Morales-Pinzón, T. 2006. Evaluación y ajuste del proceso de preservación de guadua por inmersión con sales de boro. Scientia et Technica 32: 457-462.

Peña, L.; Burgos, A.; González, A.; 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 (año 43) 53(2): 135-144.

Peylo, A.; Willeitner, H. 1997. Leaching of boron more than 3 years after exposure. Stockholm, Sweden, International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP 97-30143.

Schoeman, M.W.; Lloyd, J.D. 1998. International standardisation: A hypothetical case study with stand-alone borate wood preservatives. Stockholm, Sweden, International Research Group on Wood Preservation. IRG/WP 98-20147.

UTP (Universidad Tecnológica de Pereira). 2000. Manual de pruebas químicas del laboratorio de Análisis de Suelos (suelos, foliares, bromatológicos, fertilizantes y abonos orgánicos). Pereira, Colombia.