

## **SAP DISPLACEMENT METHOD – METODO DE DESPLAZAMIENTO DE SAVIA (METODO BOUCHERIE) PARA LA PRESERVACIÓN DE LA GUADUA *angustifolia* Kunth**

### **RESUMEN**

El propósito de este artículo es mostrar el funcionamiento y la tecnología del método de desplazamiento de savia (método Boucherie) para el tratamiento de preservación de especies del Bambú “*Guadua angustifolia Kunth*”. Este tratamiento es contra el ataque de insectos xilófagos [8]. El procedimiento desplaza la savia de la Guadua por una solución de Pentaborato de ácido bórico y bórax [3] fue realizado empleando un equipo construido con tanque de almacenamiento de la solución y un sistema a presión (Compresor), con el objeto de vencer la resistencia de la Guadua a la penetración de la solución preservante; se trabajó con una presión de 137,88 kPa (1,36 bar ó 20 psi), el proceso termina cuando pasa toda la solución preservante al otro lado de la troza de Guadua, sin perforar los tabiques de los internodos de las trozas.

La mayoría de las pruebas fueron procesadas inmediatamente después del corte de la Guaduas [3] y también algunas con una o más semanas de cortada.

El uso adecuado de la Guadua Bambú requiere de tecnologías apropiadas de preservación que sean amigables al medio ambiente y no generen impactos a la salud durante su proceso [3], durante su aplicación en construcción y en su vida útil.

El estudio valora la tecnología con respecto a los costos<sup>1</sup>, este experimento suministra información de como se hace un buen producto (Guadua tratada) que pueda ser usado a escala industrial.

**PALABRAS CLAVES:** Guadua, desplazamiento de savia, preservación. .

### **ABSTRACT**

*The purpose of this paper is to show the technology of the sap displacement method and its performance for the preservation treatment of the bamboo species “Guadua angustifolia Kunt”. The treatment is for protection against xylophages insects [8]. The procedure displaces the sap of the Guadua by a solution of Pentaborat of acid boric and borax [3] was achieved using an equipment made up of a tank or container of the solution and pressure system (compressor), to overcome structural resistance of Guadua to the penetration of the preserving solution, working with a pressure of 137.88 kPa (1,36 bar or 20 psi). The procedure ended when the solution passes the other side of the Guadua culms, without make holes through in to the culms internodes*

*The majority of the trials were carried out immediately after harvesting of the culms [3]; some of them with one or more weeks of the harvesting.*

*The adequate use of Guadua Bamboo requires proper preservation technologies that are environmentally friendly and do not generate any impact to health during the process [3], during its use as construction material and at the end of its life span.*

*The study assesses this technology with regard to the costs<sup>2</sup>. This trialintends to provide a Information of how make one good product (treated Guadua) that can be used in an industrial scale.*

**KEYWORDS:** *Guadua, sap displacement, preservation.*

**JORGE AUGUSTO MONTOYA A.**

Ingeniero Mecánico, MSc

Profesor Asistente

Facultad de Ciencias Ambientales

Universidad Tecnológica de Pereira

jorgeama@utp.edu.co

<sup>1</sup> Datos de costos solamente para este experimento y algunos ejemplos

<sup>2</sup> Data of the costs for this experiment

## 1. INTRODUCCIÓN

El método de desplazamiento de savia, es conocido como método Boucherie modificado<sup>3</sup> se realiza con una solución de ácido bórico y bórax, conocida como Pentaborato. Este método iniciado por el Dr. M Auguste Boucherie y patentado en Francia en 1838 para el tratamiento de preservación de las Maderas [7] [3], con algunas modificaciones que se le han hecho desde entonces, es apropiado para el tratamiento de la albura (parte blanda en la madera, una vez retirada la corteza) de madera rolliza en estado verde y recién cortada. A través de este proceso, la albura de las especies tratables es penetrable en intervalos variables de tiempo que van desde minutos, hasta horas y días según la especie a tratar, lo mismo sucede con la Guadua y esto se le atribuye a la complejidad estructural de los haces vasculares sobre todo en los Nudos [3]. Este método se desarrolló para especies de Bambú en la India, empleando una presión de 15 psi, allí también se comenzaron las primeras pruebas del Boucherie modificado. [7].

En experimento que se hizo en la Universidad Tecnológica de Pereira, se hicieron algunas adaptaciones al equipo para preservar la Guadua *angustifolia*, tomando como base las experiencias de Costa Rica con [7] González, Cambroner y Gutiérrez, con el proyecto Preservación de la Esterilla y trozas de Bambú Guadua, con el Proyecto Nacional de Bambú, financiado por el PNUD-Holanda y la asesoría del Dr. Walter Liese, además de algunas experiencias y conocimientos prácticos por parte Antonio Giraldo y del Arquitecto Iván Gómez del SENA Dosquebradas.

Con el proyecto “Investigación Tecnológica en Métodos para la Preservación de la Guadua *angustifolia*”[5], se construyó el equipo, como se muestra en la Figura 1 y en la Foto 3, El equipo fué construido en las instalaciones del SENA Dosquebradas, con la colaboración del Ing. Alvaro Monroy y del Arquitecto Iván Gómez. La mayoría de las pruebas se realizaron con trozas recién cortadas, cuando las Guaduas tienen un contenido de humedad (CH) en promedio del 100% y con guaduas con una o más semanas después del corte, con el objetivo de poder verificar el grado de dificultad del paso de la solución preseervante. Los resultados estadísticos del método se encuentran en los estudios del proyecto “Investigación Tecnológica en Métodos para la Preservación de la Guadua *angustifolia*”[5], no se presentan aquí ya que el objetivo de este documento es mostrar el equipo, como construirlo y como aplicarlo. En general, la Guadua a pesar de sus buenas propiedades físico-mecánicas para aplicaciones en construcción de viviendas y otras aplicaciones y usos, es un material

vulnerable al ataque de Factores Bióticos y Abióticos; entre los factores Bióticos tenemos el ataque de insectos xilófagos con especies como (*Dinoderus Minutus*, *Eucalandra Setulosus*, *Gnathocerus Cornutus*, *Tribolium Castaneum* y *Catolethrus Fallax*) [5][8] (ver Foto 1) y hongos que no se estudiaron en está investigación. Los Factores Abióticos como las condiciones ambientales (Atmosféricas), la presencia de grietas, rajaduras y daños por mal secado (ver Figura 1) y la vulnerabilidad al Fuego.



Figura 1. Ataque Biótico, destrucción total de la Guadua, por insectos xilófagos, como el *Dinoderus minutus* y otras especies.

El equipo prototipo consta de un recipiente o tanque que contiene la solución preservante y un sistema de presión (compresor) que ayuda a vencer la resistencia de la savia de la guadua al paso del líquido preservante, trabajando con una presión de 137.88 KPa (1,36 bares ó 20 psi) para desplazar la savia de la guadua por una solución de ácido bórico y bórax al 3%[1]. El proceso termina una vez la solución preservante ha desplazado la savia de la guadua y ha pasado en su totalidad al otro lado.



Figura 2. Ataque biótico (Insectos) y ataque Abiótico (rajada), destrucción total de la Guadua, por insectos xilófagos, como el *Dinoderus minutus* y otras especies.

<sup>3</sup> Se denomina modificado, por que se trabaja con un sistema a presión - compresor, diferente a la presión Hidrostática.

Las perspectivas que se tienen con respecto al método son grandes, es un método relativamente limpio, en donde se aplican principios básicos de la Producción más Limpia (PML)[6], las Guaduas tratadas con este método no se impregnan externamente de la solución lo que hace que la manipulación posterior o su manejo por constructores, arquitectos y artesanos, no tenga ningún riesgo, cuando entran en contacto con la parte externa de la Guadua, además de que la concentración de Borax es del 1%, que es una concentración aceptable y que no trae riesgos para la salud y el medio ambiente [3].

## 2. PROPIEDADES FÍSICAS DEL EXPERIMENTO

### 2.1 Permeabilidad

Una de las propiedades físicas que tiene la guadua es su permeabilidad a través de los haces vasculares, es decir la capacidad que tienen los líquidos preservantes para pasar a través de ellos. Para determinar la permeabilidad de los tallos de las guaduas tratadas por un fluido preservante, se ha supuesto que el flujo del líquido a través de la guadua obedece a la ley de Darcy, tal como se ha descrito para la madera [2].

Bajo esta suposición el flujo de líquido por unidad de área a través del bambú es proporcional al gradiente de presión por unidad de longitud en la dirección del flujo, se expresa en la siguiente ecuación por parte de los investigadores Costarricenses, es decir:

$$\left[ \frac{V \mu}{tA} \right] \equiv K \left[ \frac{\Delta P}{L} \right] \quad (\text{Ley de Darcy})$$

$K$  = Permeabilidad específica del bambú, Darcy.

$V$  = Volumen del líquido en ml.

$t$  = Tiempo en segundos

$A$  = Área transversal o perpendicular de la dirección del flujo, en  $\text{cm}^2$

$\Delta P$  = Presión a través de la guadua, en atm.

$L$  = Longitud del tallo.

$\mu$  = Viscosidad, en  $(\text{dinas} \times \text{s}/\text{cm}^2)$

Los haces vasculares de la guadua en general varían entre 40 y 120 micrómetros de diámetro [4]. Se consideran unos tamaños grandes, puesto que para estos tamaños de diámetros, podría esperarse mayor permeabilidad en la guadua, conociendo el número de vasos y el radio de los elementos conductores, sería posible calcular la permeabilidad esperada. Pero también se tiene que tener en cuenta que la compleja estructura de los entrecruzados ocasiona una disminución en la permeabilidad [2].

Existen datos experimentales del cálculo de la permeabilidad para la Guadua [2], realizados en Costa Rica bajo el proyecto Nacional de Bambú, donde los valores de permeabilidad específica varían dependiendo del tiempo de almacenamiento y de algunos medios que

se utilicen para facilitar la permeabilidad, el paso de la solución a través de los haces vasculares se puede apreciar en la siguiente tabla 1.

Parámetro	Tallos frescos	Tallos almacenados en agua	Tallos almacenados al aire
Longitud (cm)	311	301	311
Permeabilidad específica	2.9	6.5	0.83

Tabla 1. Datos de permeabilidad en tallos de guadua.

[2]González, Cambroner y Gutiérrez, Preservación de la Esterilla y trozas de Bambú Guadua.

Por lo anterior, en esta investigación, se sumergieron las trozas de Guadua de Santa Rosa en agua durante 1 día previo al tratamiento con el sap-displacement method, con esto se facilitó mucho el trabajo de desplazamiento de savia y los resultados fueron buenos; más información al respecto se puede apreciar en las conclusiones y discusión de los resultados.

### 2.2 Densidad

La densidad es el cociente entre la masa “ $m$ ” - su peso en gramos y el volumen “ $V$ ” en  $\text{cm}^3$  de la guadua referenciada a una humedad que puede ser cero y se denomina Densidad anhidrida, la densidad “ $\rho$ ” se expresa en  $(\text{g}/\text{cm}^3)$ .

$$\rho = \left[ \frac{m}{V} \right]$$

En la mayoría de las especies en madera y bambú, un incremento del contenido de humedad provoca un aumento tanto de la masa (normalmente en mayor medida) como del volumen de la guadua que a su vez provoca que el valor de la densidad aumente. Por encima del punto de saturación de las fibras este aumento se produce a un ritmo notablemente superior ya que el volumen permanece constante.

Los valores de densidad que más comúnmente son empleados son los siguientes:

- **Densidad anhidrido:** cociente entre la masa y el volumen al 0% de humedad ( $m_0/v_0$ ).
- **Densidad a CHE<sup>4</sup>:** cociente entre la masa y el volumen al 15% (Pereira-Colombia es del 15%) de humedad ( $m_{15}/V_{15}$ ).
- **Densidad verde:** cociente entre la masa y el volumen de una guadua recién cortada ( $m_s/v_s$ ).
- **Densidad básica:** cociente entre la masa anhidra y el volumen en verde ( $m_0/v_s$ ). aporta el dato de la cantidad de sólido realmente existente en un volumen en verde de guadua.

<sup>4</sup> CHE:Contenido de Humedad de Equilibrio.

### 3. MATERIALES Y EQUIPO

#### 3.1. Materiales

Para el desarrollo del experimento del método se emplearon los siguientes materiales y equipos.

- Guadua *angustifolia kunth*.
- Solución Preservante al 3%, compuesta por ácido bórico y borax, con una concentración de 2% y 1% respectivamente [1].
- Agua y energía eléctrica.

Las trozas de Guadua fueron seleccionadas de los lugares que muestran en la Tabla 2, se suministran los datos de altitud de los sitios con el objeto de evaluar su posible influencia, en la estructura interna..

Municipio/Sitio	Altitud promedio (msnm)
Montenegro	1200
Pereira (Cerritos)	1100
Dosquebradas (Frailes)	1550
SantaRosa (Termales)	1650

Tabla 2. Datos altitud de los lugares donde se tomó la Guadua para experimento Fuente: Proyecto Eco-región cafetera, Alma Mater, 2001

#### 3.2. Equipo-prototipo

Se construyó un equipo con una capacidad de almacenamiento de 150 L en tanque de Almacenamiento y 40 L el tanque de Alimentación, compresor, mangueras flexibles, tuberías galvanizadas, válvulas de paso, manómetros, boquillas flexibles, base con ruedas, tornillería como se muestra en el plano Figura 1.

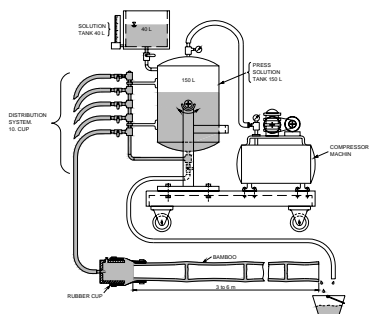


Figura 1. Equipo Prototipo, Método de desplazamiento de savia. (Montoya J. A., 2002) Proyecto Investigación Tecnológica en Métodos de preservación de la Guadua [5].

#### 3.3 Procedimiento

Para el tratamiento de las trozas de Guadua, se realizó el siguiente procedimiento:

- Corte de la trozas de Guadua (tener cuidado con el manejo, no rayarla ni desgajar las ramas).

- Sumergir las trozas de Guadua en agua durante 24 horas [2].
- Preparar la solución de Pentaborato al 3% ; 2% ácido bórico y 1% de borax; en el siguiente tema de costos se explica las cantidades[1].
- Cargar el equipo con la solución Preservante.
- Presurizar el sistema 137,88 kPa = 1,36 bar = 20 psi
- Conectar las boquillas a las trozas, por el lado de abajo, en el sentido en que se desplaza los nutrientes.
- Verificar que el tornillo de purga quede en la parte superior, para que no formen bolsas de aire.
- Abrir válvula de paso del fluido preservante.
- Abrir purga de aire de las boquillas hasta que evacue todo el aire y no salgan burbujas.
- Cerrar purga de aire.
- Verificar el paso del preservante usando un colorante.



Foto 1. Equipo Prototipo, Método de desplazamiento de savia. (Montoya J. A., 2002), Laboratorio experimental del Proyecto Investigación Tecnológica en Métodos de preservación de la Guadua[5], vivero de la UTP.

#### 3.4 Datos técnicos

DATOS TECNICOS	UNIDAD	CANTIDAD
Tanque de Alimentación	L	40
Tanque de Almacena.	L	150
Dimensiones	LxWxH	180x45x150
Peso total aprox	kg	200
Potencia del motor	hp	0,5
Potencia del motor	kW	0,37
Voltaje	V	110/127
Fases	ph	1
Frecuencia	Hz	60
Presión max.	bar	10
Presión de trabajo	bar	1,36
Caudal de Aire	L/min	70 aprox.
Consumo x m lineal	L/m	0,33 aprox.

Tabla 1. Datos Tecnicos del equipo, Método de desplazamiento de savia. (Montoya J. A., 2002) Proyecto Investigación Tecnológica en Métodos de preservación de la Guadua [5].

### 3.5 Costos operación del método.

Los costos fueron calculados especialmente para este proyecto, con una concentración de la solución preservante de Pentaborato al 3%; empleando 2% de ácido bórico y 1% de borax [1]

$$CT_{SAP} = C_{Mat.} + C_{MO} + C_{Fun.}$$

Costo Material

Cantidades: Para una solución de 100 Litros, se empleo 97 L de agua, 2 Kg. de ácido bórico y 1 Kg. de borax.

Costo de ácido bórico: \$4.000/Kg → 1.73 US\$/Kg

Costo de borax: \$3.000/Kg; → 1.30 US\$/Kg

$$(2 \times 1.73 \text{ US\$/Kg}) + (1.30 \text{ US\$/kg})$$

$$= 3.46 \text{ US\$} + 1.30 \text{ US\$}$$

$$= 4.76 \text{ US\$/100 L}$$

$$1 \text{ US\$} = \$2.300^5$$

Costo por litro = 4.76 US\$ ÷ 100 m lineales

$$= 0.0476 \text{ US\$/L (sin tomar el costo de agua)}$$

Costos por Químicos para el caso del Método de desplazamiento de savia (Método Boucherie) con Pentaborato.

Una guadua de 6 metros se consume 2 litros de solución Pentaborato [ 5], lo que daría una relación de 0.33 L/m aprox.

$$0.33 \text{ L/m} \times 0.0476 \text{ US\$/L} = 0.0157 \text{ US\$/m}$$

Costo Mano de Obra

El costo por mano de obra es de \$14.400/operario-día y el tiempo promedio de llenado fue de 30 minutos/m, lo que nos daría

$$14.400 \text{ \$/Per.-día} \times 1 \text{ día} / 8 \text{ h} \times 0.5 \text{ h} / \text{m} \times 1 \text{ US\$/2300 US\$}$$

$$= 0.39 \text{ US\$/operario.}$$

Costo de funcionamiento

Costo de funcionamiento del compresor de 0.5 hp

$$0.5 \text{ hp} \times 1 \text{ kW} / 1.341 \text{ hp} = 0.37 \text{ kW}$$

$$0.37 \text{ kW} \times 0.5 \text{ h} / 1 \text{ m} \times 191.02 \text{ \$/kWh} \times 2300 \text{ US\$/4}$$

$$= 0.015 \text{ US\$/m}$$

$$CT_{SAP} = C_{Mat.} + C_{MO} + C_{Fun.}$$

$$= 0.0157 \text{ US\$/m} + 0.39 \text{ US\$/op} + 0.015 \text{ US\$/m}$$

$$= 0.42 \text{ US\$/m (967.6\$/m)}$$

Ejemplo: Optimizando el proceso para el cálculo del método SAP, en caso que se desee industrializar y mejorar un sistema en serie, entonces disminuirían los costos.

$$CT_{SAP} = C_{MAT} + C_{MO} + C_{FUNCIÓN}$$

C<sub>MO</sub> = Se puede pensar que en 60 min , se pueden preservar 10 guaduas con 6 m de longitud, en total 60 m lineales.

Si en una (1) hora salen 60m teniendo en cuenta la operación emboquillar las guaduas, en un (1) mes con una eficiencia del 90%, se tiene:

$$= 60 \text{ m/h} \times 8 \text{ h/día} \times 6 \text{ día/sem} \times 4 \text{ sem/mes} \times (0.9)$$

$$= 10.368 \text{ m/mes}$$

Costos de MO, para 2 operarios es de

$$\$357.500 \times 2 = \$715.000$$

Costo MO por metro de producción

$$\$715.000 \div 10.368 \text{ m} = 69 \text{ \$/m}$$

$$C_{MO} = 69 \text{ \$/m (pesos Colombianos)}$$

$$C_{MAT} = 0.0476 \text{ US\$/L} \times 0.33 \text{ L/m} \times 10.368 \times 2300 \text{ \$/US\$}$$

$$= \$374.579 \text{ (pesos Colombianos)}$$

pero ; \$374.579

$$10.368 \text{ m}$$

$$C_{MAT} = 36 \text{ \$/m (pesos Colombianos)}$$

$$C_{FUNCI.} = 29.6 \text{ \$/h (El mismo costo si fuera 1 m)}$$

$$C_{SAP} = C_{MAT} + C_{MO} + C_{FUNCIÓN}$$

$$C_{SAP} = 36 \text{ \$/m} + 69 \text{ \$/m} + 29.6 \text{ \$/m} = \$ 135 \text{ /m}$$

$$C_{SAP} = 0.0156 \text{ US\$/m} + 0.03 \text{ US\$/m} + 0.0128 \text{ US\$/m}$$

$$C_{SAP} = \$0.058 \text{ US\$/m}$$

Para establecer comparaciones con los otros métodos, multiplicamos por un factor de 1.845, que representa el 45.8%, de los costos totales.

$$C_{SAP} = \$ 135 \text{ /m} \times (1.845) = \$249 \text{ /m (Optimizado)}$$

$$C_{SAP} = 0,108 \text{ US\$/m} = \$249 \text{ /m (pesos Colombianos)}$$

El costo del equipo puede estar en unos US\$ 500, sin automatización; con automatización para 10 boquillas, puede tener un costo de US\$ 4000

### 3.6 Normas técnicas

#### 3.6.1 Normas ICONTEC

Estas son algunas de las normas que en Colombia tienen relación con el tema de la preservación, las 3 últimas están más enfocadas a la madera.

- ♦ **NTC 549-03:** Norma para Cosecha y postcosecha de la la Guadua *Angustifolia Kunth*.
- ♦ **NTC 225-04:** Norma para Preservación y Secado, de la la Guadua *Angustifolia Kunth*.

<sup>5</sup> Precio del Dollar en mayo de 2005



- ◆ **NTC 1767:** Normas para maderas, preservativos y pentaclorofenoles.
- ◆ **NTC 2673:** Normas para maderas, laminados decorativos de alta presión.
- ◆ **NTC 2500:** Normas para el uso de la madera en la construcción.

### 3.6.2 Normas ASTM

Las siguientes son las normas Americanas, que están relacionadas con el tema de la preservación de la madera, más no de la Guadua.

- ◆ **D5583-00:** Standard Test Method for detection and estimation of retention of wood preservatives by aspergillus Bioassaying.
- ◆ **D1758-96:** Standard Test Method of evaluating wood preservatives by field test with stakes.
- ◆ **D3224-95:** Standard Test Method for water solubility of auxiliary solvent for wood preserving solutions. "Pentachlorophenol".
- ◆ **D3345-7(1.999)** Standard Test Method for Laboratory Evaluation of Wood and other cellulosic Materials for resistance to termites.  
Documentos referentes: D1413 Test Method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures.
- ◆ **D1860-95(2.000):** Standard Test Method for Moisture and Creosote-Type preservative in wood.  
Documentos referentes: D143 Methods of testing small clear specimens of timber; D841 Specifications for nitration grade toluene; D846 Specification for Ten-degree Xylene.

### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- ◆ Se pudo comprobar que la permeabilidad aumenta en el método de desplazamiento de savia [2], cuando es sumergida en agua antes de hacerle el tratamiento.
- ◆ Es muy importante el manejo en el guadua, se debe procurar por no desgarrar las ramas de la guadua, hacerlo con herramientas de corte, preferiblemente de abajo hacia arriba.
- ◆ Se debe mejorar la tecnología en el proceso, ya existe en Pereira-Colombia empresas como DANSA Int., que lideran los empresarios, Ingenieros Cesar A. Tobón y Fabio Caicedo; quienes han logrado tecnificar el proceso, principalmente en la boquilla, incrementando su eficiencia y productividad.
- ◆ Se puede emplear otra solución preservante, que sea más soluble en agua, como por ejemplo soluciones insecticidas piretroides que tienen compuestos de piretrinas.
- ◆ Se recomienda emplear un colorante y mezclarlo con el líquido preservante, para saber el momento en que pasa éste al otro lado de la Guadua.
- ◆ Se recomienda preparar la solución en agua caliente menor de 90°C, para mejorar la solubilidad de la solución.

- ◆ La dirección del flujo de solución debe ser de abajo hacia arriba (Cepa hacia la Basa)<sup>6</sup>, en su dirección natural ya que se facilita su paso a través de los haces vasculares.
- ◆ La altitud de donde se tome la Guadua no influye en el buen funcionamiento del sistema

### 5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] CRUZ R., Hormilson. La Guadua Nuestro Bambú, Centro Nacional para el Estudio del Bambú Guadua CRQ-Corporación Regional del Quindío, páginas 237-256, Armenia, 1994.
- [2] GONZALEZ, Guillermo; CABRONERO C., Róger y GUTIERREZ, Jorge A., Preservación de Esterilla y trozas de Bambú, Proyecto Nacional de Bambú, Proyecto COS/87/001, PNUD-HOLANDA, páginas 31, San José Costa Rica, 1991.
- [3] LIESE, Walter. GUTIERREZ, Jorge A. GONZALEZ, T. Guillermo., Preservation of Bamboo for the construction of houses for low-income people, Bamboo for Sustainable Development, Proceedings of the Vth International Bamboo Congress and the VIth International Bamboo Workshop, INBAR Proceedings N°7, páginas 481-494, San José Costa Rica, 1998.
- [4] LIESE, Walter. Bamboos, Biology, Silvics, properties, utilization. GTZ- Gesellschaft Technische Zusammenarbeit, páginas 30, Eschborn, Germany, 1995.
- [5] MONTOYA A., Jorge Augusto. Jorge Augusto. Tesis Maestría "Investigación Tecnológica en Métodos para la Preservación de la Guadua *Angustifolia Kunth*, Universidad Nacional de Colombia, páginas 190, Manizales, 2002.
- [6] MONTOYA A., Jorge Augusto y OROZCO H., Carlos A., Ecoeficiencia de los sistemas producción aplicando PML, Scientia et Technica, Universidad Tecnológica de Pereira, Volumen N°13, páginas 33-40, Pereira, 2000.
- [7] PURUSHOTHAN A., SUDAN S. K., and SAGAR V., Preservative treatment of green Bamboos under low pneumatic pressures, Indian Forest Bulletin N° 178, páginas 20, Dehra Dun, India, 1954.
- [8] SÁENZ A., Adriana, MONTOYA A., Jorge Augusto y TISTL Michael, Artrópodos asociados con Guadua *angustifolia* almacenada en Pereira Colombia, Revista Manejo Integrado de Plagas, Volumen N°13, páginas 33-40, Pereira, 2000.

**PÁGINAS Web:** Estas son algunas direcciones electrónicas relacionadas con el tema:

[www.inbar.int](http://www.inbar.int)  
[www.bamboovillagehawaii.org/report.htm](http://www.bamboovillagehawaii.org/report.htm)  
[www.bamboocostarica.com/preservation.asp](http://www.bamboocostarica.com/preservation.asp)  
[www.icfes.gov.co/revistas/ingeinve/n38/art2.htm](http://www.icfes.gov.co/revistas/ingeinve/n38/art2.htm)

<sup>6</sup> Cepa: se denomina a los 4 m iniciales  
 Basa: se denomina a los 4 m siguientes a la CEPA.