

Preservación de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl mediante métodos sin presión

*No pressure methods for the protection of
Bambusa vulgaris Schrad. ex Wendl*

YETZICA GONZÁLEZ,
NÉSTOR MORA
y YOLY MOLINA

Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales,
Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Grupo de Investigación en
Conservación de Maderas (GICOM). Mérida, Venezuela, E-mail: yoly@ula.ve

Recibido: 22-09-08 / Aceptado: 10-10-09

Resumen

Se evaluó la tratabilidad de *Bambusa vulgaris* (Bambú) con compuestos a base de boro, aplicados mediante procesos de preservación sin presión: inmersión, difusión simple, doble difusión y baño caliente-frío. Se determinó el efecto de la posición del culmo (parte basal, media y alta) así como el de la cutícula sobre la tratabilidad. Los resultados demuestran en términos generales que *B. vulgaris* puede ser tratada adecuadamente mediante estos procesos, obteniéndose niveles apropiados de absorción, retención y penetración del preservante. La posición del culmo, la ausencia de cutícula y el método de preservación aplicado tuvo un marcado efecto sobre la tratabilidad de *B. vulgaris*. Estos resultados se consideran importantes, debido a que permiten generar el conocimiento para la preservación adecuada del bambú a través de métodos sencillos, pero técnicamente desarrollados.

Palabras clave: *Bambusa vulgaris*, bambú, tratabilidad, compuestos de boro, procesos sin presión.

Abstract

The treatability of *Bambusa vulgaris* (Bamboo) was evaluated with composed with boron, applied by means of processes of preservation without pressure: immersion, simple diffusion, double diffusion and hot-cold bath. One determined the effect of the culms position (basal, average and high part) as well as the one of cuticle on the treatability. The results show in general terms that *B. vulgaris* can be suitably treated by means of these processes, obtaining itself appropriate levels of absorption, retention and penetration of the preservante. The position of culms, the absence of cuticle and the type of applied method of preservation had a noticeable effect on the treatability of *B. vulgaris*. These results are considered important, because they allow generating the knowledge for the suitable preservation of the bamboo through simple methods, but technically developed.

Key words: *Bambusa vulgaris*, bamboo, treatability, composed boron, processes without pressure.

1. Introducción

Los bambúes son plantas del grupo de las gramíneas, se encuentran en forma silvestre en diferentes partes del mundo incluyendo zonas tropicales, subtropicales y algunas zonas templadas. El bambú es un material que presenta características únicas de resistencia, aunadas a las aplicaciones innovadoras de la gente, han permitido ser explotados para muchas aplicaciones, artesanales, industriales y arquitectónicas. Este material es menos costoso que los comúnmente utilizados en la construcción tal es el caso del acero, cemento e incluso la madera. Como materia prima, en varios países suramericanos se utiliza intensivamente para la construcción de viviendas de interés social, como pie de casa en

zonas de extrema pobreza o para surtir de vivienda en casos de emergencias por deslaves o inundaciones como las presentadas en el país.

Si bien es cierto que en Venezuela se le está comenzando a dar la importancia que tiene el bambú como material alternativo de construcción y uso artesanal, se desconoce técnicamente la forma correcta de preservarlo para mejorar su durabilidad. La presente investigación tiene por finalidad evaluar la tratabilidad de *Bambusa vulgaris*, especie de bambú ampliamente utilizada en el país, mediante el uso de procedimientos técnicos sencillos donde no se requiera de maquinaria ni equipos sofisticados, logrando de esta manera disponer de un material más resistente con mayor vida de servicio.

2. Materiales y métodos

Se estudió la tratabilidad de culmos de *B. vulgaris* Schrad. ex Wendl provenientes de las cercanías del Laboratorio Nacional de Productos Forestales, estado Mérida, Venezuela. El preservante utilizado consistió en una mezcla de compuestos de boro, bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) y ácido bórico (H_3BO_3) en proporción 6:4, al 6% de concentración. Para el método de doble difusión se utilizó adicionalmente sulfato de cobre ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) al 4% de concentración.

2.1 Diseño experimental

La tratabilidad de *B. vulgaris* se determinó a tres niveles de altura de los culmos: parte basal (0 - 1,5 m), parte media (1,5-3 m) y la correspondiente a la parte alta (3 - 4,5 m). Se dispuso de 4 muestras (replicas) por cada altura para un total de 12 piezas por tratamiento. Se utilizaron en total 66 segmentos o piezas de bambú para todos los tratamientos, con longitud de 1,5 m, 4 nudos en promedio por pieza y diámetros entre 6 y 10 cm. Para los tratamientos de inmersión, difusión simple (con y sin cutícula) y doble difusión se dispuso de material en condición verde con contenido de humedad promedio de 123,62 % y para los procesos de baño caliente-frío y presión (tratamiento referencia) los culmos fueron secados al aire hasta obtener un contenido de humedad promedio de 24, 37 %.

2.2 Tratamientos aplicados

Inmersión: Se sumergieron totalmente las piezas de bambú en condición verde dentro de la solución preservante durante 24 horas. **Baño caliente-frío:** las piezas de bambú en condición seca al aire se colocaron dentro de la solución preservante en caliente a $\pm 52^\circ\text{C}$ durante 2 horas e inmediatamente fueron inmersas en otra solución a temperatura ambiente durante 4 horas. **Difusión simple:** se siguió el mismo método de inmersión simple y posteriormente fueron envueltas en bolsas plásticas, dejándose 4 semanas para permitir el proceso de difusión. El efecto de la cutícula sobre la penetración o difusión radial, se midió adicionalmente por el método de difusión simple. **Doble difusión:** El tratamiento consistió en sumergir totalmente las

piezas de bambú dentro de la solución 1 durante 24 horas, luego se cubrieron totalmente y se dejaron 4 semanas en proceso de difusión. Posteriormente, se colocaron en una segunda solución durante 24 horas y fueron nuevamente cubiertas y dejadas otras 4 semanas para completar la difusión. Solución 1: bórax + ácido bórico y solución 2: sulfato de cobre. **Presión:** Para efectos de comparación de la efectividad de los métodos empleados, se realizó un tratamiento a presión utilizando la planta de impregnación de maderas del Laboratorio Nacional de Productos Forestales. El método aplicado fue a célula vacía (Lowry modificado). Las piezas en condición seca al aire fueron sumergidas dentro de la solución preservante al 6 % de concentración y se aplicó una presión de 12 kg/cm^2 durante 1 hora.

2.3 Determinación de la absorción, retención y penetración del preservante

La absorción del preservante fue calculada por diferencia de peso antes y después de los tratamientos, expresada en base al volumen tratable de cada pieza, el cual fue determinado considerando el volumen externo menos el volumen interno (parte hueca) a través siguiente fórmula:

$$V = \Pi \times r^2 \times L$$

Donde:

V = volumen de la pieza

r = radio

L = longitud

Los cálculos de la absorción del preservante fueron realizados en base a la siguiente fórmula:

$$A = \frac{P2 - P1}{V}$$

Donde:

A = Absorción expresada en kg/m^3

P2 = Peso de la pieza después del tratamiento expresada en kg

P1 = Peso de la pieza antes del tratamiento expresada en kg

V = Volumen tratable de la pieza expresado en m^3

La retención del preservante fue determinada mediante la siguiente fórmula:

$$R = A \times \frac{C}{100}$$

Donde:

R = Retención expresada en kg/m³BAE

A = Absorción expresada en kg/m³

C = Concentración del preservante en porcentaje expresada en equivalente de ácido bórico (BAE)

BAE = ácido bórico equivalente.

Para el análisis de la penetración del boro en los culmos de bambú se realizó una prueba calorimétrica reveladora de boro, siguiendo la metodología propuesta en la Norma AWWA A2-05 (AWWA, 2005). Se prepararon dos soluciones: una primera (solución A) disolviendo 0,15 g de curcumina en etanol tibio, se dejó enfriar y se completó hasta 125 ml con etanol y una segunda (solución B), compuesta de 20 ml de ácido clorhídrico concentrado y 80 ml de alcohol etílico, el contenido se vertió en un vaso de precipitado y se agregó ácido salicílico hasta saturación. De cada tratamiento aplicado se seleccionó al azar una pieza de la cual se descartó 25 cm de cada extremo, seguidamente se procedió a cortar 5 discos de 5 cm cada uno, separados a largo de la pieza a 20 cm (Figura 1). Los discos de bambú en sección transversal fueron rociados con la solución A, se dejaron secar 5 minutos; posteriormente se aplicó la solución B. Las muestras se dejaron secar 20 minutos. El boro se determinó por la presencia de un color rojizo.

3. Resultados y discusión

3.1 Absorción y retención del preservante

Las piezas de *B. vulgaris* presentaron diferentes niveles de absorción y retención del preservante, los cuales dependieron directamente del método utilizado, de la altura del culmo y de la presencia o ausencia de cutícula. Los valores promedios de absorción expresados en kg/m³ obtenidos para *B. vulgaris* se presentan en el cuadro 1.

En el cuadro 1 se observa claramente las diferencias obtenidas en los resultados de absorción. Para los diferentes métodos ensayados, los máximos valores estuvieron asociados siempre a la parte alta de los culmos.

El análisis del efecto principal de las medias para la variable absorción, mostraron la existencia directa de diferencias significativas, en las variables tratamiento y altura del culmo. El análisis de varianza (ANOVA), reflejó diferencias significativas entre las tres alturas de los culmos ($p = 0,000$; $\alpha = 0,05$). Pruebas de diferencia de medias utilizando el método Tukey, señalaron que para efectos de la absorción, son estadísticamente iguales la altura correspondiente a la base y a la parte media, la cual a su vez fue estadísticamente igual a la parte alta. Sin embargo, existe una diferencia significativa entre la parte alta y la correspondiente a la base. Se observó similarmente un efecto entre los métodos de preservación empleados respecto a los niveles de absorción conseguidos. El ANOVA expresa diferencias significativas ($p = 0,000$; $\alpha = 0,05$) entre ellos. Al realizar la prueba de comparaciones de medias, se notó que existieron diferencias estadísticamente significativas entre los métodos sin presión y el método con presión. Esta misma prue-

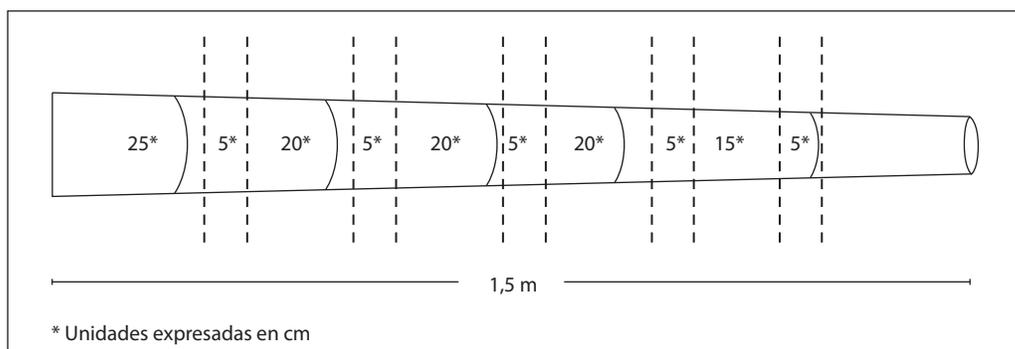


Figura 1. Toma de muestras para la determinación de la penetración del preservante.

Cuadro 1. Valores promedios de absorción obtenidos para *Bambusa vulgaris*.

Altura	Método	Absorción (kg/m ³)	Desviación estándar
Base	Inmersión	58,45	7,74
	Difusión simple	48,58	18,50
	Difusión simple sin cutícula	133,75	51,88
	Doble difusión	69,53	31,27
	Baño caliente-frío	72,03	0,90
	Presión	233,74	19,83
Media	Inmersión	95,75	48,06
	Difusión simple	73,33	25,39
	Difusión simple sin cutícula	146,27	9,22
	Doble difusión	95,68	20,89
	Baño caliente-frío	82,69	8,53
	Presión	255,07	36,98
Alta	Inmersión	97,74	42,37
	Difusión simple	119,63	52,80
	Difusión simple sin cutícula	156,31	39,37
	Doble difusión	146,29	27,98
	Baño caliente-frío	111,34	18,16
	Presión	332,08	153,73

ba indica que no existen diferencias significativas dentro de los métodos sin presión. Sin embargo, sí se presentan diferencias entre el método difusión simple sin cutícula y difusión simple con cutícula.

Trabajos sobre inmunización de otra especie de bambú (*Guadua angustifolia*) realizados en Colombia (Salazar y Díaz, 2007) reportan valores de absorción calculados solamente por diferencia de peso antes y después del tratamiento. Los métodos empleados fueron baño caliente-frío a 60 °C con 6 horas de inmersión en caliente y 18 en frío con promedio de absorción de 0,050 kg e inmersión en 10 días con 0,0128 kg. Comparando estos resultados con los conseguidos en esta investigación para la especie *B. vulgaris* en el método baño caliente-frío a (0,0889 kg) e inmersión (0,0921 kg) calculados igualmente por diferencia de peso, se aprecia una mayor absorción para *B. vulgaris* en comparación con *G. angustifolia*. Se nota claramente en estos resultados, el efecto de las características anatómicas de cada especie sobre su tratabilidad. *B. vulgaris* tratada a presión presentó valores promedios de absorción de 273,63 kg/m³ con valores máximos y mínimos de 440,78 y 219,70 kg/m³ respectivamente. Trabajos realizados con otras especies de bambú

tratados mediante métodos con presión, expresan valores análogos a los conseguidos en esta investigación. La Red Chilena del Bambú (2008) reporta valores de absorción promedio de 550 kg/m³ para la especie *Chusquea quila* Kunth (quila) y 260 kg/m³ en *Chusquea culeou* Desv. (coligüe).

Los resultados de retención del preservante obtenidos para *B. vulgaris* a través de los diferentes tratamientos aplicados se presentan en la figura 2. En términos generales se aprecia que existe un incremento en los valores de retención obtenidos con respecto a la altura de los culmos para todos los tratamientos aplicados, estando asociados los mayores valores a la parte alta de los culmos. Es importante señalar que la retención del preservante está directamente relacionada con las absorciones conseguidas en los diferentes tratamientos evaluados.

Espinoza y Melandri (2000) señalan que la cutícula (epidermis) o cubierta del tallo en las monocotiledóneas consiste de capas de células deslignificadas cuya pared tangencial más externa se encuentra impregnada con dióxido silícico y cubierta por capas grasosas. Montiel y Sánchez (2006) señalan igualmente que la epidermis posee

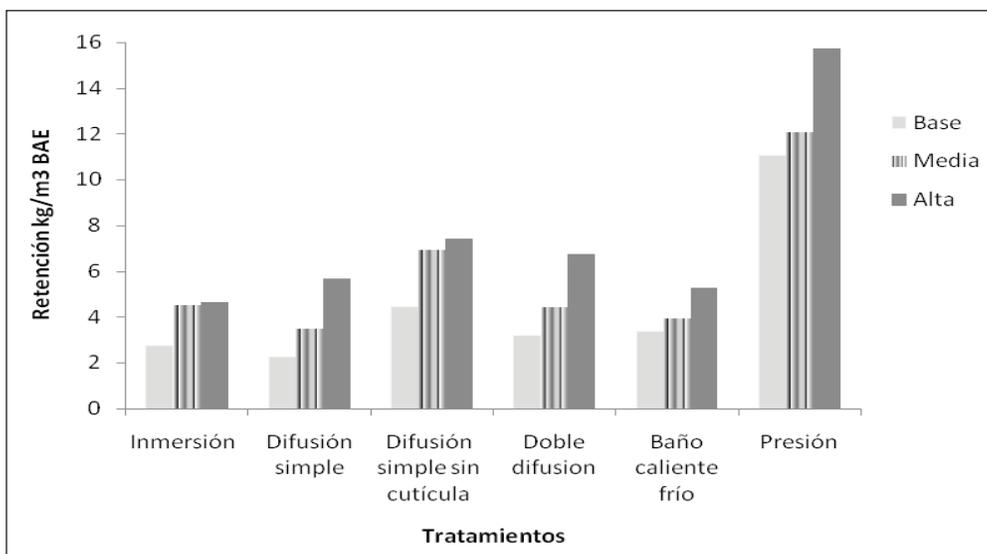


Figura 2. Resultados de retención en función a los tratamientos aplicados.

gran cantidad de cera cuticular, así como la presencia de células epidérmicas reticulares, tricomas en forma de gancho y estomas rodeados de papilas céricas. Es importante recalcar que la estructura y composición química de esta capa tiene un efecto negativo sobre la tratabilidad de los culmos de *B. vulgaris*, afectando negativamente la penetración del preservante en sentido perpendicular a la longitud de los tallos.

En el tratamiento de doble difusión, los valores de retención reportados están expresados en base a la suma de las retenciones parciales de los tratamientos de sulfato de cobre (4%) y boro (6%). Los resultados exhiben un patrón similar a los tratamientos presentados anteriormente en cuanto al incremento de la retención con respecto a la altura de los culmos... La aplicación del doble tratamiento se traduce en un aumento en los niveles de retenciones obtenidos en comparación con el tratamiento de difusión simple.

Comparando los resultados obtenidos en el tratamiento baño caliente-frío respecto a los tratamientos de inmersión y difusión simple se evidencia cierta similitud en los niveles de retención alcanzados. Se asume que la temperatura utilizada (52 °C) no fue suficientemente efectiva para lograr mejores resultados. La literatura señala que la temperatura recomendada para el tratamiento de maderas en este método es de 90 °C para preservantes oleosolubles (JUNAC, 1988), sin embargo, cuan-

do se trabaja con preservantes hidrosolubles (tal como en esta investigación) es conveniente utilizar temperaturas no mayores a 70 °C ya que se podría alterar la efectividad de las sales preservantes. Sin embargo, es posible que aumentando la temperatura a 70 °C en tratamiento caliente-frío, que consigan valores más cercanos a los obtenidos por el método a presión.

Los resultados del tratamiento a presión fueron más altos que los obtenidos con los métodos sin presión. La utilización de presión (12 kg/cm²) ejerce un efecto sobre la absorción de la sustancia preservante, la cual se traduce en una mayor retención.

La composición anatómica de los culmos del bambú juega un papel importante en el movimiento de fluidos dentro de su estructura. Grosser y Liese (1971) señalan que los vasos y tubos cribosos que conforman el tallo o culmo del bambú, pueden llegar a ser impermeables debido a depósitos de sustancias parecidas a las gomas, y algunas veces pueden ocurrir obstrucciones de los tubos cribosos debido a la presencia de tílides. Según la especie y altura del tallo o culmo se pueden presentar uno o dos tipos básicos de haces vasculares. Hacia la parte interna puede distinguirse una cuarta zona en la cual los haces vasculares a menudo son más pequeños o simplificados y sin ninguna orientación. El ancho de esta zona difiere de acuerdo a la especie y altura del culmo, pudiendo incluso estar ausente en algunos bambúes.

Las partes altas de los culmos correspondientes al tejido inmaduro, están compuestas de mayor cantidad de células parenquimáticas, las cuales contribuyen a la estabilidad y flexibilidad de los culmos del bambú. Las células del parénquima son vitales para el almacenamiento y movilización de la energía del culmo debido a que contienen cantidades considerables de almidones. En esta zona las punteaduras de las paredes tangenciales de las células de parénquima facilitan la difusión radial de líquidos (Liese, 1992). Lo anteriormente señalado, explica la diferencia en los valores de absorción obtenidos para las alturas de los culmos ensayados. A medida que se produce la maduración de los tallos del bambú se dificulta el paso de las sustancias

preservantes, consecuentemente, la parte correspondiente a la base del culmo presenta menores niveles de absorción respecto a la parte alta.

3.2 Determinación de la penetración del preservante

Las pruebas colorimétricas realizadas para determinar el grado de penetración del preservante dentro de los culmos del bambú, evidenciaron diferentes patrones de penetración, los cuales variaron desde penetración parcial irregular a parcial regular (inmersión, difusión simple y doble difusión) (Figura 3), hasta penetración total irregular a total regular (difusión simple sin cutícula, baño calien-



Figura 3. Penetración parcial irregular a parcial regular conseguidos en culmos tratados por los métodos inmersión (18-1), difusión simple (18-2) y doble difusión (18-3).



Figura 4. Penetración total irregular y total regular conseguida en culmos tratados por el método de difusión simple sin cutícula.

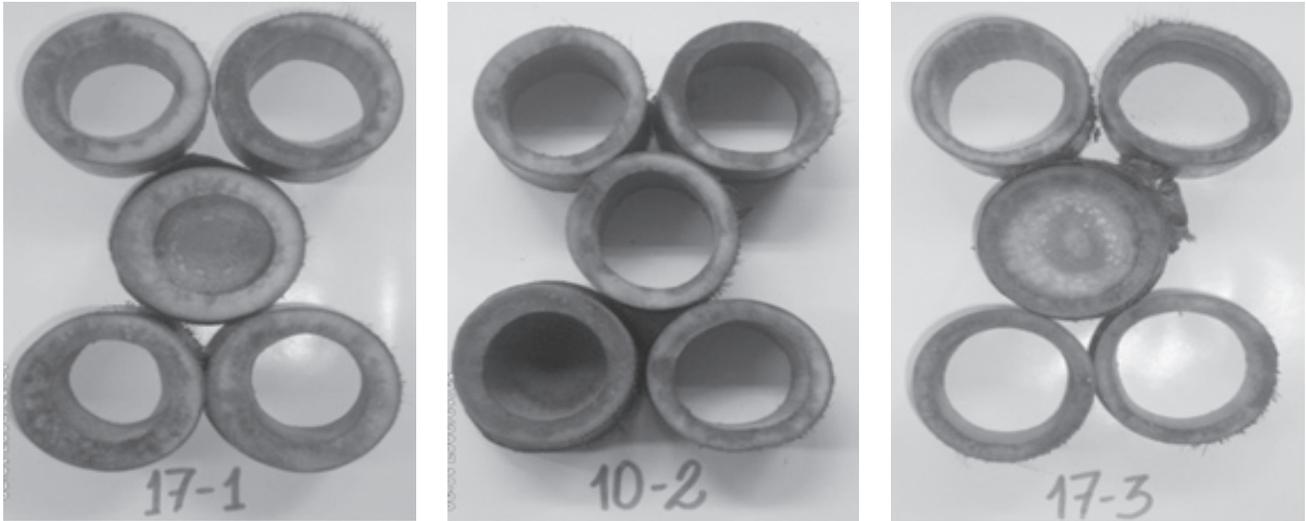


Figura 5. Penetración total irregular y total regular conseguida en culmos tratados por el método de baño caliente-frío.

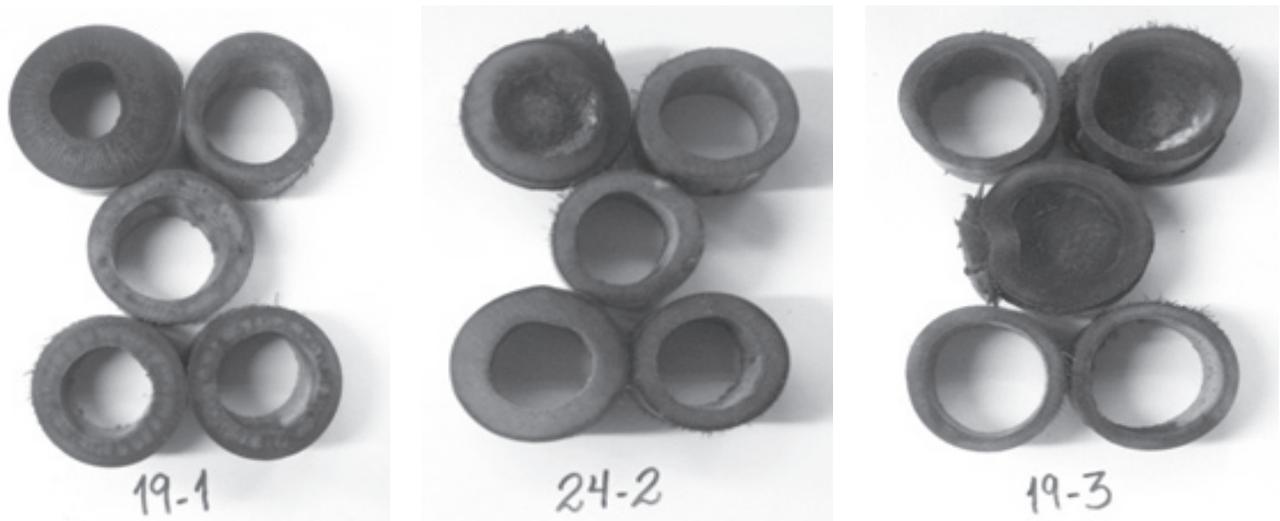


Figura 6. Penetración total regular en culmos tratados por método de presión.

te-frío y presión) (Figuras 4, 5 y 6). Los métodos de preservación con presión se caracterizan por obtener mejores resultados de penetración y absorción del preservante (JUNAC, 1988). Mediante estos métodos se procura inyectar la mayor cantidad de preservante posible dejando la máxima concentración del producto químico en la zona tratada. Es importante resaltar que el grado de penetración alcanzado con el método caliente-frío fue muy similar al conseguido en las piezas tratadas a presión. Pruebas de penetración realizadas con otras especies de bambú tratados mediante métodos con presión (célula llena) con sales preservantes del tipo CCA reportan penetración de tipo total irregular

a regular para las especies *Chusquea quila* Kunth (quila) y en *Chusquea culeou* Desv. (coligüe) (Red Chilena del Bambú, 2008).

4. Conclusiones y recomendaciones

Los métodos de preservación sin presión: inmersión, difusión simple (con y sin cutícula), doble difusión y baño caliente-frío, permitieron obtener niveles satisfactorios de absorción, retención y penetración del preservante en *B. vulgaris*; destacándose dentro de éstos los métodos baño caliente-frío y difusión simple sin cutícula.

La cutícula del bambú ejerce un efecto negativo para el tratamiento de los culmos afectando el flujo del preservante en sentido perpendicular.

La altura de los culmos tiene un efecto directo sobre la absorción del preservante, lográndose niveles mayores en la parte alta con respecto a la parte media y baja, lo cual esta directamente relacionado con las diferencias en las características anatómicas y químicas de cada una de ellas.

5. Agradecimientos

Al consejo de Desarrollo Científico y Tecnológico (CDCHT) por el apoyo financiero para el desarrollo de esta investigación bajo la subvención FO-653-07-07-F.

6. Referencias bibliográficas

- AWPA, 2005. *American Wood Preservers' Association*. Book of Standards. 233 p.
- ESPINOZA, N. y J. MELANDRI. 2000. *Anatomía del tallo de las monocotiledóneas*. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 145 p.
- GROSSER, D. and W. LIESE. 1971. On the anatomy of Asian bamboos, with special reference to their vascular bundles. *Wood Sci. Technol.* 5: 290-312.
- JUNAC, 1988. *Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas*. Junta del Acuerdo de Cartagena, Lima. 408 p.
- LIESE, W. 1992. *The structure of bamboo in relation to its properties and utilization*. The international symposium on industrial use of bamboo. Beijing, China. 40 p.
- MONTIEL, M. y E. SÁNCHEZ. 2006. Ultraestructura de bambúes del género *Dendrocalamus* (Poaceae: Bambusoideae) cultivados en Costa Rica III: *Dendrocalamus giganteus*. *Rev. Biol. Trop.* 54(2): 59-63.
- RED CHILENA DEL BAMBÚ. 2008. Estudios de impregnabilidad. En línea: http://www.bambu.cl/estudio_impregnabilidad.htm [Consultado: 10/12/07].
- SALAZAR, J. y G. DÍAZ. 2007. Inmunización de la guadua. Facultad de Arquitectura. Universidad de Colombia: En línea: <http://hydra.icfes.gov.co/revistas/ingenve/No.38/Art2.html> [Consultado: 08/12/07].