

**Sometido a Arbitraje de la Revista Forestal Venezolana (marzo 2004)**

## **Preservación de bambú y madera de plantaciones mediante desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>**

**Dr. Osvaldo Encinas**

Grupo de Investigación en Conservación de Maderas,  
Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Universidad de  
Los Andes, Mérida, Venezuela

Email: oencinas@ula.ve

### **Resumen**

Para la protección de la madera de bambú y de otras maderas de plantaciones de rápido crecimiento, un simple dispositivo conectado a una bomba hidroneumática de baja presión, permite el tratamiento con sales hidrosolubles de las maderas contra hongos e insectos. El principio se basa en el desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup> por el líquido preservante introducido a presiones de menos de 25 psi. Los resultados demuestran que al cabo de 15 segundos se consigue una penetración completa del preservante en las maderas de 3 m de largo; en longitudes mayores el tiempo se incrementa proporcionalmente; la incipiente formación de duramen en maderas de plantaciones de rápido crecimiento, favorece la utilización del método descrito, que resulta ser económico, sencillo y de fácil replicación inclusive en el campo.

### **Abstract**

### **Introducción**

Ante al agotamiento de las maderas tradicionalmente comercializadas en Venezuela para múltiples usos, particularmente la construcción, se ha comenzado a emplear madera de plantaciones de rápido crecimiento, como pino caribe (*Pinus caribaea* var *hondurensis*), teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*), fresno (*Fraxinus americana*) y eucalipto (*Eucalyptus urophylla*); por otro lado, existen esfuerzos de algunas instituciones para promover el uso de la madera de bambú (*Bambusa vulgaris*) y de guadua (*Guadua angustifolia*) como material, principalmente de construcción. Todas estas maderas están comenzando a ser ampliamente usadas, a pesar de la poca durabilidad que tienen ante hongos e insectos (Encinas y Contreras, 1998). Y es que la preservación con sustancias o compuestos químicos resulta ser la única práctica que garantiza una alta y prolongada durabilidad de las maderas en servicio, puesto que la mayoría de las especies que tiene un crecimiento rápido desarrollan una proporción alta de albura y tejido parenquimático, ricos en sustancias nutritivas que constituyen una excelente fuente de alimentos para los organismos destructores de la madera, particularmente hongos, bacterias e insectos.

Sin embargo, las técnicas de preservación de maderas son relativamente costosas, aunque, en el balance final, el prolongado tiempo de servicio obtenido por la madera, compensa cualquier inversión destinada a conseguir que la madera sea durable y por lo tanto no se requiera su sustitución en el corto plazo, como pasa con las maderas que tienen limitada durabilidad natural. Naturalmente existen tratamiento de preservación de maderas que son mas costosas que otras, como el caso de la preservación utilizando vacío y presión, para lo que se debe

disponer de equipos e instalaciones, así como del conocimiento técnico de los procesos y personal especializado, que aumentan el costo del tratamiento; la alternativa lógica para disminuir estos costos, es la utilización de técnicas de preservación que no requieren vacío y presión, es decir procesos que no requieren del uso de equipos e instalaciones complejas para tal fin.

Los procesos de preservación de las maderas sin presión, son calificados como de bajo grado de sofisticación puesto que no requieren de inversiones considerables en equipos, la tecnología es sencilla y hasta el propio usuario puede preservar sus productos (Encinas y Mora, 1999). El basamento técnico de estos procesos se basa en la capacidad de difusión que tienen los líquidos y gases dentro de la madera y que pueden estimarse mediante las dos leyes de Fick y en la propiedad de capilaridad que tienen los líquidos para desplazarse dentro de conductos de radio reducido, los poros de la madera; una tercera propiedad, la absorción térmica, contribuye también cuando se emplea adicionalmente cierta temperatura en los procesos (Siau, 1984). En casi todos los casos de preservación sin presión, suele presentarse la acción simultánea de por lo menos las dos primeras propiedades.

Como todos los métodos presentan muchas alternativas para preservar la madera, cada uno de ellos tiene ventajas y algunos también presentan limitaciones para ser ejecutados, por lo que se puede elegir el método más adecuado de acuerdo con las necesidades y con el uso que se le va a dar a la madera. Dentro de los variados métodos sin presión, en los países en vías de desarrollo se ha usado tradicionalmente el proceso de desplazamiento de savia, conocido como método Boucherie cuando se emplea madera verde, para preservar sin presión principalmente postes o rolas saturadas de agua y aún con corteza. El método original consiste en colocar casi horizontalmente los postes o rolas, con un extremo levemente inclinado, donde el extremo elevado recibe el preservante, proveniente de un tanque elevado, por simple fuerza de gravedad y a través de un tubo flexible que comunica el extremo de la rola mediante gomas ajustadas al diámetro de la pieza a tratar. La presión hidrostática del líquido en el tanque, obliga a la solución preservante a moverse a lo largo de la pieza, desplazando la savia por la otra extremidad; la ligera evaporación de los líquidos en el extremo libre, ayuda al proceso que desafortunadamente dura varios días y requiere que la madera mantenga un alto contenido de humedad para permitir el libre movimiento de la savia dentro de la madera (Junta el Acuerdo de Cartagena, 1988). Una variante que se ha ensayado con cierto éxito es el denominado proceso Gewecke, que emplea succión en una de las extremidades, que mejora en cierta forma el tratamiento (Encinas, 1999).

Para acelerar el proceso de desplazamiento de savia, en el presente trabajo se ha ensayado la utilización de bajas presiones, que además de acortar el tiempo del proceso de preservación, conlleva la certeza de que no afecta las propiedades mecánicas de la madera, puesto que se conoce que el uso de autoclaves y presiones elevadas, como en los procesos con presión y vacío tradicionales, suele originar colapso de la madera en algunos casos. Se ha buscado el empleo de materiales y equipos del más bajo costo posible, desarrollando una tecnología sencilla, fácil de realizar y replicar, con gran movilidad y versatilidad para preservar maderas de plantaciones y bambú, aún en el mismo sitio de la plantación.

## Materiales y métodos

Para la selección de los equipos y materiales utilizados en esta investigación de nuevas posibilidades para preservar las maderas de plantaciones y bambú, se tomaron en cuenta dos características de tales maderas: reducidos diámetros con un factor de forma casi cilíndrico y, en el caso de maderas, escasa formación de duramen que garantiza un buen movimiento de los líquidos dentro de la madera. Para originar la presión que de todos modos se necesita para forzar el paso del líquido para que llegue al lumen, se tomó en cuenta que el radio de los poros

de la mayor parte de las maderas de especies latifoliadas es menor a 0,10 µm, y no pueden ser preservadas con presiones normales (Comstock, 1968; Levy, 1982).

En atención a que las plantaciones de eucalipto y su posterior aprovechamiento se realizan en zonas apartadas de los centro urbanos y mas lejos aún de instalaciones industriales y la utilización potencial más rentable es colocar en el mercado local que demanda altos volúmenes de postes, estantes y estantillos, se consideró que el equipo a desarrollar debía ser sencillo en tecnología, fácil de reproducir, manejable y suficientemente portátil.

El equipo utilizado para el método de desplazamiento de savia forzado, Figura 1, fue una instalación de tuberías y conectores de goma conectados a una bomba de baja presión, del tipo doméstico, con capacidad de hasta 40 psi de presión, Figura 2, con un costo de alrededor de 50 \$US. Las gomas y llaves de paso, así como los flejes utilizados para asegurar las gomas en los extremos, Figura 3, tuvo un costo de alrededor de 45 \$US.

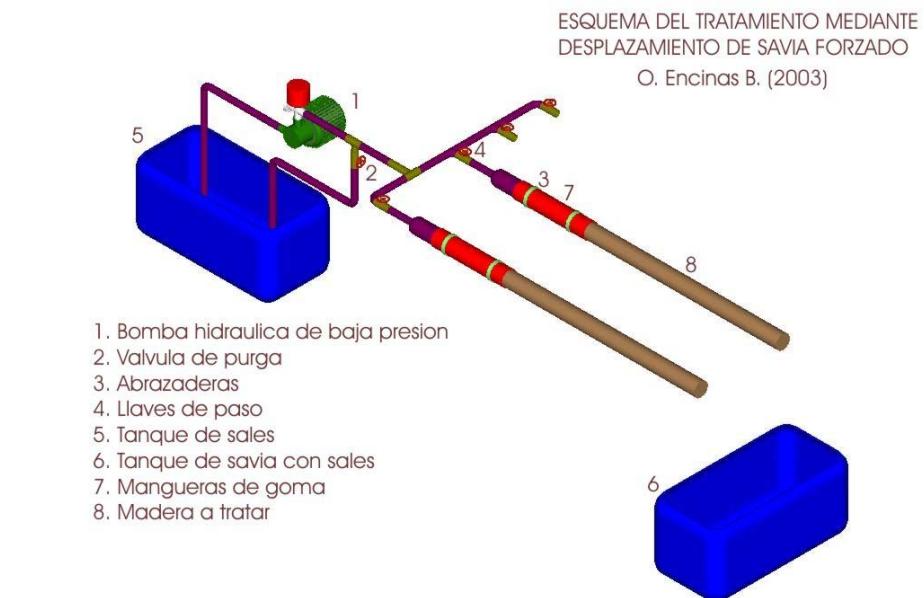


Figura 1. Esquema de las instalaciones diseñadas para el método de desplazamiento de savia forzado®



Se utilizaron 10 rolas de madera de teca de 8 años de edad y 10 de eucalipto de 7 años de edad, proveniente la primera de plantaciones de Fe y Alegría en Masparro, Estado Barinas al occidente de Venezuela y de las plantaciones de 8 años de edad de Agroforestal Anzoátegui en el Estado Anzoátegui, oriente de Venezuela, las segundas. El diámetro promedio de las rolas fue de 7 a 12 cm con largos de 3 metros, medida usual de las varas que se comercializan en el país. Se utilizaron 5 varas de guadua de la zona de Barinas, con diámetros entre 10 a 12 cm y 3 m de largo, en estado verde y también se probaron algunas varas en estado seco al aire.

Como la madera de teca ha sido extensivamente estudiada, se ha prestado mayor atención a la madera de eucalipto, puesto que esta es la primera vez que se intenta su comercialización en forma de rolas para postes o estantes preservados, que dependerá del éxito del tratamiento preservante para garantizar larga vida de servicio; en consecuencia, se prestó atención a la anatomía de la madera de eucalipto para determinar tanto el tamaño de los poros, como la presencia de títides u otras sustancias que pudieran impedir el paso de los líquidos en la madera.

El ensayo se realizó en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales de la Universidad de Los Andes, en Mérida, Venezuela, distante a 1,100 Km de la zona de donde provenía el eucalipto. Por la lejanía del sitio y el tiempo de demora de transporte a Mérida, se observó ataque inicial de coleópteros subcorticales en las rolas, por lo que se consideró conveniente descortezar las mismas. Finalmente se consideró conveniente simular la presencia de corteza aplicando a la mitad de las rolas una capa de pintura impermeable a lo largo de la rola, Figura 4. Se realizaron las mediciones respectivas de volumen y contenido de humedad.



Figura 4. Rolas de eucalipto descortezado, recubiertas con pintura impermeable para simular la corteza y el prototipo del equipo diseñado para aplicar el método de desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>

Considerando que tanto las maderas de plantaciones como el bambú pueden usarse tanto en contacto con el suelo o fuera de ella, se realizaron dos ensayos con diferentes soluciones preservantes hidrosolubles; en el primer ensayo se utilizó una solución de borax y ácido bórico (40:60), calculado para contener una concentración de 12,73 % BAE, recomendada para preservar madera contra insectos cuando está en servicio fuera de contacto con el suelo, particularmente el compuesto resulta eficiente para controlar ataque de termitas subterráneas y de madera seca (Márquez et al., 2,000); puesto que la solución es incolora y para observar el desplazamiento de la savia se coloreó el preservante con anilina roja. En el segundo ensayo se emplearon sales CCA al 2,5 % de sustancias activas, concentración recomendada para maderas en contacto con el suelo (Chávez, 1979); como estas sales tienen una coloración amarillo verdosa no se coloreó la misma para observar el desplazamiento de la savia.

La tratabilidad de las maderas y el bambú se evaluó por la absorción neta (retención) de las sales y el grado de penetración. La absorción se mide por la cantidad de preservante que queda en la madera después del tratamiento, la retención es simplemente la absorción

multiplicada por la concentración de las sales. La penetración se evalúa colorimétricamente según la sustancia que se quiere medir. Para el cobre se utiliza una solución de cromoazurol, mezclando 0,5 g de cromoazurol con 5 gramos de acetato de sodio, disolviendo inicialmente en 80 mililitros de agua hasta completar 500 mililitros; la superficie donde se aplica la solución de cromoazurol se torna color azul oscuro en presencia del cobre contenido en la sal CCA y mantiene su color natural cuando no hubo penetración. Para el boro se usa una solución de curcumina, preparando 10 g de curcumina con 90 ml de etanol que se rocía sobre la superficie a evaluar que se torna roja cuando contiene boro después de aplicar la solución reveladora que se prepara mezclando 20 ml de ácido clorhídrico con 13 g de ácido salicílico en etanol.

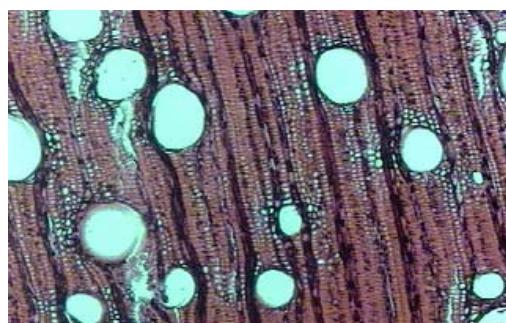
## Resultados y discusión

### Tratabilidad de las maderas de plantaciones y el bambú

La tratabilidad de las maderas se apreció visualmente por la aparición de la solución preservante en el extremo libre de las piezas tratadas, señal de que el preservante se ha desplazado a lo largo de la pieza tratada, observando el color rojizo de las sales de boro coloreadas de rojo o color verdoso en el caso de sales CCA.

Las maderas de plantaciones de teca y eucalipto, de hasta 8 años de edad, no presentan mayores dificultades al tratamiento mediante el método de desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>. En el caso de la madera de teca, solamente la albura recibe los preservantes, puesto que es conocida la imposibilidad de tratar el duramen de la madera de teca. La madera de eucalipto permite la preservación en toda la sección correspondiente a la albura, aunque es bastante difícil diferenciarla a simple vista por la edad de las plantaciones.

De las características anatómicas de la madera de eucalipto, importantes para efectos de preservación, destaca el diámetro de los poros solitarios entre 5 - 8,75  $\mu\text{m}$  y la ausencia de parénquima significado; estas dos características señalan fácil tratabilidad de la madera, particularmente el diámetro pequeño a mediano de los poros, Figura 5, que es un indicativo de que la madera no tendría problemas para ser tratada y no requeriría grandes presiones para penetrar en la madera. En otras especies de eucalipto y con otras edades es usual encontrar títides en la madera (Rua, 2001); sin embargo, en esta madera no se han encontrado títides ni otros depósitos que podrían eventualmente impedir el paso de los líquidos en la madera en el sentido longitudinal; la formación de títides se acentúa con la edad de la madera, por lo que debe preverse que maderas de mas años de edad sí podrían eventualmente ser más difíciles de preservar.



**Figura 5.** Corte transversal de la madera de eucalipto, donde se observan los poros solitarios

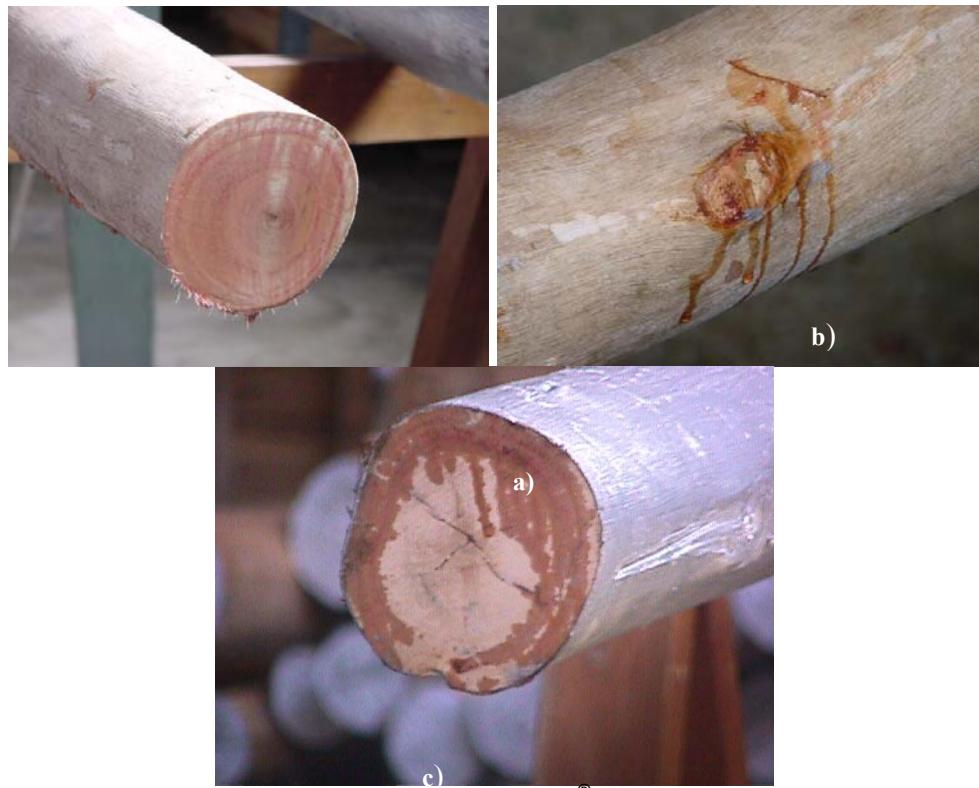
La madera de bambú tampoco presentó dificultades a la preservación por el método de desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>; más rápido y homogénea en las rollos verdes, Figura 6a, que en las rollos secas al aire, Figura 6b; en este último caso, la aparición de la solución preservante en el extremo libre de la vara de bambú fue más irregular, en comparación con las varas verdes donde se midió un promedio de desplazamiento de la solución preservante de 0,2 m/s. En el caso de las rollos de eucalipto y teca, esta velocidad de desplazamiento estuvo entre 0,1 – 0,2

m/s. A partir de esta información, es necesario realizar ensayos de permeabilidad para determinar los valores que tienen estas maderas en cuanto a la difusión de gases y líquidos.



**Figura 6.** Método de desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>: a) aparición homogénea de sales de boro en el extremo libre de las varas de bambú en estado verde (color rojizo); b) aparición irregular y lenta de sales CCA en el extremo libre de varas de bambú secas al aire (color azulado).

La importancia de mantener las rolas con corteza durante el proceso en que se aplica el método de desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>, fue demostrada durante las observaciones de las rolas de eucalipto sin corteza, Figura 7<sup>a</sup> y 7b, y las rolas que se recubrieron con pintura impermeable para simular corteza, Figura 7c. En el primer caso se observó que el preservante “sale” por las fisuras naturales y traumáticas de la periferia de las rolas, tal como se detalla en la Figura 7b.



**Figura 7.** Método de desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>: a) rolas sin corteza, obsérvese que el preservante sale por las fisuras naturales y/o traumáticas de la periferia de la rollo; b) corteza con pintura impermeable, simulando corteza, inicio del proceso, donde el preservante solo sale por el extremo libre.

Con la madera de eucalipto, en las rolas sin corteza se obtuvieron absorciones mayores a 100 L/m<sup>3</sup> y en las rolas que fueron pintadas superficialmente para simular corteza la absorción superó los 200 L/m<sup>3</sup>, Cuadro 1, Figura 8. Las rolas de teca no superaron los 100 L/m<sup>3</sup>, puesto que la porción que recibe preservante es solamente la albura, que en el caso de las 10 rolas ensayadas presentó un porcentaje promedio de 33,21 % del área de la rola; consecuentemente, las rolas de teca no pueden recibir más preservante porque la porción correspondiente al duramen es refractaria, es decir no recibe preservante (Encinas, 2000). En cambio las rolas de eucalipto, puesto que aún no está definida la región del duramen y tomando en cuenta que la mayor parte de la madera es considerada como juvenil, no presenta mayor problema a la preservación. Estos valores indican que las maderas de teca y de eucalipto de plantaciones no presentan problemas para ser preservadas con sales de boro o CCA; por el otro lado, esta alta absorción indica también que el método de desplazamiento de savia forzado® es suficientemente eficiente para introducir preservantes hidrosolubles en la madera.

Cuadro 1. Absorción de sales de boro y CCA por las rolas de eucalipto y teca

|             | Eucalipto        |       |                  |       | Teca             |       |                  |       |
|-------------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|
|             | Boro             |       | CCA              |       | Boro             |       | CCA              |       |
|             | L/m <sup>3</sup> | CV %  |
| Sin pintura | 117.40           | 15.22 | 115.80           | 14.98 | 103.01           | 17.22 | 98.90            | 12.22 |
| Con pintura | 249.95           | 12.23 | 235.78           | 11.39 | 103.20           | 15.22 | 109.4            | 14.23 |

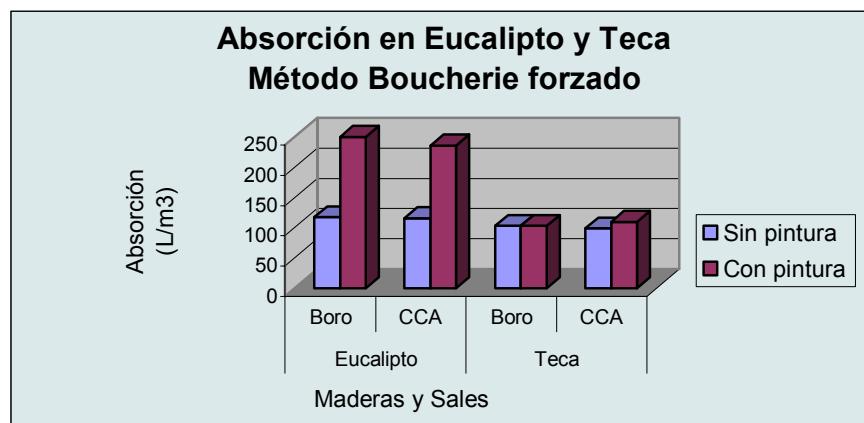


Figura 8. Absorción de las sales de boro y CCA por las rolas de eucalipto y teca, utilizando el método de desplazamiento de savia forzado®

En cuanto a la retención, que resulta de multiplicar la absorción por la concentración de las sales utilizadas, se observó que las retenciones obtenidas proporcionarán suficiente protección a las maderas de teca y eucalipto contra el ataque de hongos e insectos. Sin embargo, tal retención puede ser mejorada simplemente aumentando la concentración de las sales que se van a utilizar en el tratamiento.

En lo que respecta al método de preservación, el uso del método de desplazamiento de savia forzado®, utilizando una simple bomba hidroneumática con presión de 25 psi, fue más que suficiente para forzar a la savia remanente en las rolas a desplazarse a lo largo de las rolas y al cabo de escasos 15 segundos, en promedio, se pudo apreciar la salida del preservante coloreado en el extremo libre de las rolas de 3 metros.

Debe reiterarse la importancia de mantener la corteza durante este proceso; las rolas que no fueron pintadas, es decir las descortezadas, mostraron evidentes señales de salida del preservante por los conductos radiales, pequeñas fisuras en la rola y otros espacios vacíos en las rolas. Sin embargo, debe destacarse que esta pérdida por la periferia de las rolas en ningún caso fue importante, tomando en cuenta la cantidad de preservante que circuló a lo largo de las

rolas, lo que corrobora el conocimiento que se tiene de que los líquidos en la madera se pueden mover alrededor de 1,000 veces más en el sentido longitudinal que en el sentido transversal (Comstock, 1968). Mantener la corteza ayuda también a mantener la humedad dentro de la madera, necesaria para lograr el desplazamiento del preservante en las rolas; en esta experiencia la madera ensayada tuvo en promedio un contenido de humedad de alrededor del punto de saturación de las fibras (32,5 %, con un CV de 14,65 %), requerido para facilitar el desplazamiento de la savia. Sin embargo, pruebas complementarias mostraron que en el caso de la madera de eucalipto es posible lograr buena preservación con este método, aún cuando se emplean maderas secas al aire. Está en marcha una investigación para encontrar el contenido de humedad mínimo que permita la preservación de rolas de eucalipto de plantaciones, con este método.

Los valores de absorción en la madera de bambú fueron de 125 L/m<sup>3</sup> (CV = 19,6 %), para sales de boro y de 140,3 L/m<sup>3</sup> (CV = 15 %) para sales CCA. Estos valores indican una buena capacidad de absorción de las varas de bambú, con la consiguiente protección que se puede lograr si se emplean concentraciones de las sales de alrededor de 4 % para sales CCA y de 15 % para sales de boro.

Para comprobar la calidad de penetración, en todos los casos se procedió a seccionar cada 20 cm las rolas para aplicar el colorante en cada extremo cortado. En lo que se refiere a la madera de teca, se observó penetración total periférica, naturalmente el límite es fácilmente distinguible por el color característico de la albura de esta madera, Figura 9; mientras que en la madera de eucalipto se observaron penetraciones regulares y totales tanto en la albura como en el duramen y a lo largo de toda la rola, lo mismo para las rolas cubiertas con pintura, simulando la corteza, como para los rolas no cubiertas con pintura, es decir descortezadas, Figura 10.



Figura 9. Secciones de rolas de teca mostrando la penetración total periférica del preservante, en este caso sal CCA. Obsérvese que la sección correspondiente al duramen no ha recibido preservante confirmando que esta porción de la madera de teca es refractaria a los tratamientos preservantes.



Figura 10. Secciones de una rola de eucalipto con pintura impermeable superficial, simulando corteza, tratadas con sales de boro, mostrando penetración regular total en toda la sección y a lo largo de toda la rola, obsérvese el color rojo intenso.

## **Conclusiones y Recomendaciones**

El método de desplazamiento de savia forzado<sup>®</sup>, una modificación del clásico proceso de desplazamiento de savia, resulta una excelente alternativa para la preservación de madera en roles de plantaciones forestales juveniles y bambú.

Para madera de plantaciones de las especies teca y eucalipto de siete años de edad, una presión adicional de solamente 25 psi resulta ser más que suficiente para forzar los líquidos preservantes, tanto a base de boro como CCA, en un tiempo aproximado de 15 segundos para 3 metros de longitud de las roles. Esta presión se consigue con simples bombas hidroneumáticas económicas cuyo costo junto con los gastos de los otros componentes del equipo, mangüeras, llaves y conectores, hace un total de menos de 100 \$US, considerando este monto una inversión baja para el tratamiento de las maderas señaladas.

El método descrito no requiere de instalaciones complejas; resulta rápido y fácil de operar. Mantener un contenido de humedad cercano al punto de saturación de las fibras cumple con las exigencias de los métodos sin presión, particularmente con los métodos de desplazamiento de savia; sin embargo, parece conveniente continuar las investigaciones para determinar el límite de contenido de humedad requerido para obtener buenos resultados de preservación con estas maderas.

Las absorciones y retenciones, así como la penetración obtenida con el método de desplazamiento de savia forzado, son suficientes para proteger a la madera de eucalipto y teca, así como a la madera de bambú, contra el ataque de hongos e insectos. Es conveniente sin embargo estudiar el nivel de lixiviación resultante de utilizar este proceso, por lo que se recomienda realizar estudios en este sentido.

Se ensayaron dos especies forestales, teca y eucalipto de la variedad *urophilla* de plantaciones. En la madera de teca se conoce la formación de madera de durámen, refractaria a los tratamientos inclusive a presión, mientras que en el eucalipto, que a la edad de siete años aún no presenta formación de títides u otros depósitos que podrían obstruir la penetración del preservante, la tratabilidad es excelente. No se esperan mayores cambios en los resultados para otras especies de plantaciones, los que deben confirmarse haciendo otros ensayos que consideren otras especies de plantaciones de rápido crecimiento. Para el bambú, el método ofrece una excelente forma rápida, económica, sencilla en tecnología, para protegerla del biodeterioro por hongos e insectos.

Agradezco el soporte económico del Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico (CDCHT), de la Universidad de Los Andes, que ha hecho posible el desarrollo del prototipo y las palabras de aliento de mis estudiantes de pregrado de la Escuela de Ingeniería Forestal, opción Tecnología de Productos Forestales.

## **Bibliografía**

- Comstock, G. L. 1968. Relationship between permeability of green and dry eastern hemlock. *Forest Products Journal* 18 (8): 20-23.
- Chávez, A. 1979. Impregnación a presión con sales hidrosolubles tipo CCA. Instituto Forestal. División de Industrias. Departamento de Tecnología. Informe Técnico N° 68. Chile. 16 pp.
- Encinas, O. y Contreras, W. 1998. El uso de la teca (*Tectona grandis* L. f) preservada con sales CCA en las tecnologías constructivas alternativas del pueblo venezolano. *Revista Forestal Venezolana* 42(2): 113 –118.

- Encinas, O., Mora, N. 1999. Preguntas mas frecuentes acerca de la preservación de maderas en Venezuela. Nota de Extensión LNPF-NE Vol. 1 No 2. Abril 1999. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Mérida, Venezuela. EN PRENSA.
- Encinas, O. 1999. Agentes de deterioro y Técnicas de conservación de maderas: Una visión general y su aplicación en construcciones con madera. Preparado especialmente para el Curso de ampliación de conocimientos “DISEÑO CON MADERA”, organizado por el Instituto de Desarrollo Experimental de la construcción IDEC, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Central de Venezuela. Julio 1999. Aceptado para publicación en la revista: Tecnología y construcción, IDEC, UCV – Inst. Invest. LUZ).
- Junta del Acuerdo de Cartagena. 1988. Manual del Grupo Andino para la Preservación de la Madera. Impresos Carvajal S. A. Colombia. 212 pp.
- Levy, C. R. 1982. Methods of treatment of wood preservatives: the selection of appropriate preservation process with particular reference to mixed tropical resources. IRG/WP/2177.
- Márquez, A.; Encinas, O.; Briceño, A. 2000. Compuestos de Boro para el control de termitas en madera de melina y pino caribe. Memorias in extenso. II Congreso Forestal Venezolano. Acarigua-Araure, Venezuela. 21 – 24 Noviembre 2000.
- Rua, M. 2001. Qualidade da Madeira de Eucalipto. Revista de madeira wood. Editor Clóvis Rech. Septiembre. Brasil. 12: 20. 64 pp.
- Siau, J. F. 1984. Transport processes in wood. Springer-Verlag. Berlín. 245 pp.