



Foto: Roger Moya Roque, tanque de preservación para madera por el método de inmersión del TEC.

# GUÍA PARA LA PRESERVACIÓN DE MADERA POR EL MÉTODO DE INMERSIÓN - DIFUSIÓN CON SALES DE BORO

**TEC** | Tecnológico  
de Costa Rica

ISBN Obra independiente:  
978-9930-541-94-4

**Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería Forestal**

**GUÍA PARA LA  
PRESERVACIÓN DE MADERA  
POR EL MÉTODO DE  
INMERSIÓN - DIFUSIÓN  
CON SALES DE BORO**

Autores:

Roger Moya, Johana Gaitán, Alexander Berrocal

15 de octubre de 2021

## Resumen

La preservación de madera, con sales de boro, es utilizada para prevenir el ataque de insectos y en algunos casos como prevención de la propagación del fuego. El método más utilizado para introducir las sales de boro en la madera es la inmersión-difusión, en donde madera húmeda es sumergida en una solución de ácido bórico ( $H_3BO_4$ ) y borato de sodio [Bórax] ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) y posteriormente se deja difundir el preservante en la madera por un periodo de tiempo. El presente trabajo presenta una descripción de la forma de aplicación de este método en madera verde, haciendo referencia a los equipos utilizados, la forma de preparación de la solución, cómo hacer la preservación de la madera, la forma y tiempo que debe estar almacenada para permitir la difusión del preservante, la evaluación de la penetración y retención del preservante una vez que la madera ha sido preservada. Finalmente, se presentan los valores de retención y penetración de diferentes especies maderables de Costa Rica, utilizando este método de preservación.

**Palabras claves:** tratamiento de madera, inmunización, retardante de fuego, madera modificada.

## Contenidos

Condición inicial de la madera .....	5
Condiciones de servicio de la madera preservada .....	5
Limitaciones en su aplicación .....	6
Equipo requerido .....	7
Preparación de la solución preservante.....	8
Almacenamiento y forma de empaque.....	11
Tiempo de almacenamiento para difusión.....	11
Control de calidad .....	12
Agradecimiento .....	17
Referencias .....	18

## Indice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Impregnación de albura y duramen en madera de ciprés (Cupressus lusitanica) y de pochote (Pochota fendleri).....	7
<b>Figura 2.</b> Tanque industrial de inmersión para piezas largas de madera.....	7
<b>Figura 3.</b> Tanque industrial de inmersión para piezas de madera despuntada. ....	8
<b>Figura 4.</b> Tanque para inmersión de piezas cortas de madera hecho a partir de un tanque de enfriamiento de una lechería (Maderas S&Q).....	8
<b>Figura 5.</b> Curvas de solubilidad para definir la cantidad de ácido bórico (g/L) y bórax decahidratado (g/L) necesarias para preparar una solución preservante para madera, a diferentes temperaturas (°C). ....	10
<b>Figura 6.</b> Madera apilada y cubierta con plástico después de la preservación.....	11
<b>Figura 7.</b> Prueba colorimétrica realizada en madera preservada con sales de boro. ....	13
<b>Figura 8.</b> Prueba colorimétrica en madera preservada en 16 especies de plantaciones de Costa Rica. ....	14
<b>Figura 9.</b> Tipos de penetración del preservante (a) albura permeable y duramen impermeable, (b) regular (c) irregular. ....	15
<b>Figura 10.</b> Relación entre la retención ( $\text{kg B}_2\text{O}_3/\text{m}^3$ ) y la coloración observada en la madera preservada con sales de boro por el método de inmersión-difusión. ....	16

La preservación por el método inmersión-difusión consiste en sumergir la madera, por lo menos un minuto en una solución saturada del preservante compuesta por ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), borato de sodio [Bórax] ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) y agua. Posteriormente la madera tratada debe ser cubierta con algún material impermeable que impida la circulación de aire, por ejemplo, una lona plástica y se deja almacenada por cierto periodo de tiempo, dependiendo del espesor de la madera, permitiendo que se dé un proceso de difusión de las sales de boro desde la superficie hacia la parte interna de la madera.

La efectividad de este método se evalúa mediante la penetración y la retención del preservante. La penetración se define como la profundidad (usualmente se denota en milímetros) que alcanza el preservante en la madera. En tanto que la retención es definida como la cantidad de sustancia activa, medida en peso (expresada usualmente en kilogramos), retenida en el volumen de madera tratada (expresado en  $m^3$ ).

Este método de preservación tiene la finalidad de conferir a la madera una protección hacia los insectos y tiene la ventaja de que la madera mantiene su color natural. Pero, por el contrario, la principal desventaja de la madera tratada, es que no debe estar en contacto con el agua, ya que el boro se pierde cuando hay humedad en la superficie de la madera.

## CONDICIÓN INICIAL DE LA MADERA

La condición óptima de la madera para lograr excelentes resultados, es cuando la madera está completamente húmeda o recién aserrada (máxima humedad posible). Aunque, en madera seca puede ser aplicada, se presenta el inconveniente que la difusión del preservante es lenta y puede tardar de 2 a 3 veces más que cuando se preserva la madera en estado húmedo.

## CONDICIONES DE SERVICIO DE LA MADERA PRESERVADA

La madera preservada por el método inmersión-difusión debe ser utilizada exclusivamente para interiores o bien en exteriores bajo techo. La madera preservada nunca debe ser usada en contacto directo con el suelo o en contacto con humedad, debido a que el boro no se fija en la madera y en presencia de agua se lixivia, por lo que se recomienda evitar cualquier contacto con la lluvia y colocarse a una distancia de 30 cm sobre el suelo.

Por otro lado, aunque en Costa Rica no están establecido clases de servicio para la madera preservada con boro, en otras regiones del mundo se han establecido

categoría de riesgo para este tipo de madera. Haciendo una validación a norma costarricense, INTE C345:2019 indica que la madera preservada con boro puede ser utilizada en la categoría de riesgo CR1 y CR2. La siguiente tabla, extraída de esta norma, detalla las condiciones de servicio, ambiente de uso, agentes que puede deteriorar la madera y las aplicaciones comunes para la madera preservada con sales de boro.

**Tabla 1.** Condiciones de servicio para categorías de riesgo en Costa Rica según la Norma INTE C345:2019

<b>Categorías de riesgo</b>	<b>Condiciones de Servicio</b>	<b>Ambiente de uso</b>	<b>Agentes comunes de deterioro</b>	<b>Aplicaciones comunes</b>
<b>CR1</b> <b>INTERIOR/ SECO</b>	Construcción interna sobre el suelo y ambiente seco	Protegida continuamente del ambiente u otra fuente de humedad	Únicamente insectos	Construcción interna y mueblería
<b>CR2</b> <b>INTERIOR/ HÚMEDO</b>	Construcción interna sobre el suelo y ocasionalmente húmedo	Protegida del ambiente, pero puede estar sujeta a humedad ocasionalmente	Hongos de descomposición e insectos	Construcción interna

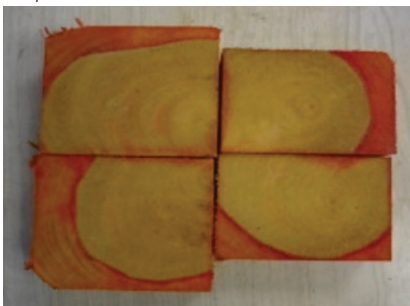
Fuente: INTECO, 2019.

## **LIMITACIONES EN SU APLICACIÓN**

Como se ha indicado, la preservación con boro le confiere a la madera una protección hacia los insectos y también se le señala que tiene propiedades de retardante de fuego. Pero es poco efectivo para darle protección al ataque de hongos, además de lo antes indicado, no es un método de preservación recomendable cuando la madera está expuesta a una alta humedad.

En lo referente a la tratabilidad de albura y duramen, en muchas especies se señala que en ambos tipos de madera, la preservación es igual. Sin embargo, se ha observado que en la madera de ciprés y en algún grado en la madera de pochote, la difusión de las sales de boro es muy lenta e incluso se podría catalogar el duramen como poco tratable (Figura 1 a,b)

*Cupressus lusitanica*



*Pochota fendleri*



**Figura 1.** Impregnación de albura y duramen en madera de ciprés (*Cupressus lusitanica*) y de pochote (*Pochota fendleri*).

Fuente: Moya et al., 2019. Fotos cedidas por los autores para este manual.

Nota: el color rojo indica la presencia de boro en la madera.

## EQUIPO REQUERIDO

Una de las ventajas de este método es que se ajusta a la capacidad de producción de las diferentes industrias de la madera. Para las industrias con alta producción de madera aserrada existen dos sistemas a implementar:

1. La utilización de un tanque grande, donde se sumerge una pila de madera por un periodo de un minuto.



**Figura 2.** Tanque industrial de inmersión para piezas largas de madera.

Fuente: Moya et al., 2004. Foto cedida por los autores para este manual.

2. Incorporar un pequeño tanque después del proceso de despuntado de madera en la línea de producción, en donde la madera es sumergida en el preservante.



**Figura 3.** Tanque industrial de inmersión para piezas de madera despuntada.

Fuente: <https://asilva-lda.com/es/tanque-para-tratamiento-de-madera-antiazulado/>

Las pequeñas industrias pueden preservar su madera aserrada, sumergiéndola de forma manual en un recipiente que contenga el preservante, conocidos como tanques de inmersión.



**Figura 4.** Tanque para inmersión de piezas cortas de madera hecho a partir de un tanque de enfriamiento de una lechería (Maderas S&Q).

Foto de Alexander Berrocal Jiménez

## PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN PRESERVANTE

La solución preservante a utilizar debe estar saturada, tomando como referencia la temperatura de trabajo que se quiera, por lo general a temperatura ambiente. La forma de preparación es la siguiente:

1. Determinar el volumen del tanque. Cuando el tanque es tipo rectangular se miden sus tres dimensiones preferiblemente en metros, luego se calcula el volumen mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen del tanque (m}^3\text{)} = \text{Largo (m)} * \text{alto (m)} * \text{ancho (m)}$$



Es necesario tener el volumen en litros para calcular las cantidades de sales requeridas para formular la solución:

$$\text{Volumen del tanque (L)} = \text{Volumen del tanque (m}^3\text{)} * 1000$$

2. La cantidad de sales en gramos se prepara de acuerdo a la temperatura a la cual se va a realizar la inmersión en el preservantes. La solubilidad del preservante va estar relacionado con la temperatura y cada fabricante establece su propia solubilidad para el tipo de producto. Entonces se debe consultar al proveedor de ácido bórico y borato de sodio, la curva de solubilidad con la temperatura.

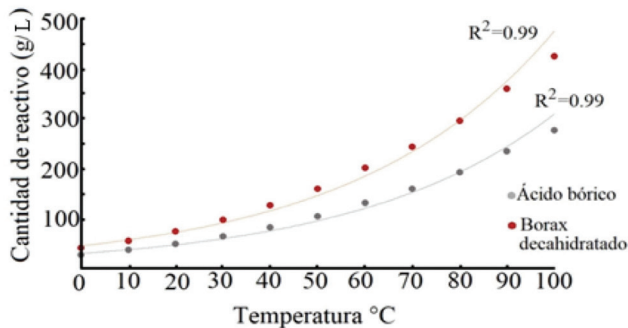
A manera de ejemplo, la empresa KOPRIMO S.A. de C.V., presenta los datos de solubilidad (gramos en litros de agua) entre 0 °C y 100 °C ([https://www.quiminet.com/archivos\\_empresa/17686c2b60df04b1811f5ae0c9476a2d.pdf](https://www.quiminet.com/archivos_empresa/17686c2b60df04b1811f5ae0c9476a2d.pdf)). Con la ayuda de Excel, fue construido un gráfico que presenta la relación de la solubilidad de ácido bórico y bórax decahidratado a diferentes temperaturas (Figura 5). Aplicando un ajuste de tipo polinomial la relación de la cantidad de reactivo, sea de ácido bórico (1) y borato de sodio (2), se encuentra dada por las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Ácido bórico} \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \\ = 0.0191 * (\text{Temperatura } ^\circ\text{C})^2 + 0.5607 * \text{Temperatura } ^\circ\text{C} + 27.041 \quad (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cantidad de Bórax decahidratado} \left( \frac{\text{g}}{\text{L}} \right) \\ = 0.0293 * (\text{Temperatura } ^\circ\text{C})^2 + 0.8635 * \text{Temperatura } ^\circ\text{C} + 41.642 \quad (2) \end{aligned}$$

Por ejemplo: Aplicando las ecuaciones 1 y 2 a una temperatura de 22 °C se deben agregar 74.8 g de bórax por litro de solución y 48.6 g de ácido bórico por litro de solución.

### Guía para la preservación de madera por el método de inmersión - difusión con sales de boro



**Figura 5.** Curvas de solubilidad para definir la cantidad de ácido bórico (g/L) y bórax decahidratado (g/L) necesarias para preparar una solución preservante para madera, a diferentes temperaturas (°C).

- Preparación de la mezcla: Las dos sales deben mezclarse en seco, sin la presencia de agua como diluyente en una primera etapa. Luego se va agregando esta mezcla al agua, mientras que se agita, hasta tener las sales estén totalmente disueltas. El punto de saturación de la solución se evidencia cuando las sales agregadas ya se no se disuelve más en el agua.
- La cantidad de solución deber ser preparada hasta alcanzar un volumen aproximado a la mitad de la capacidad del tanque, con el fin de evitar el derrame de preservante cuando se sumerge la madera.

## ALMACENAMIENTO Y FORMA DE EMPAQUE

La madera que fue sumergida en la solución preservante deberá apilarse y cubrirse con algún material impermeable que impida la circulación de aire, por ejemplo, plástico grueso o un manteado (Figura 6).



**Figura 6.** Madera apilada y cubierta con plástico después de la preservación.

Fuente: Moya et al., 2004. Foto cedida por los autores para este manual.

## TIEMPO DE ALMACENAMIENTO PARA DIFUSIÓN

Para definir un tiempo óptimo de almacenaje para cada espesor de madera debe contar con información que previamente por estudios previos. Para 16 especies de plantación de Costa Rica se cuenta con la información del tiempo que debe estar almacenada la madera en relación al espesor de la misma (Tabla 2). En caso de no contar con la información de la especie se debe construir la curva de penetración con el tiempo. Para esto debe, seguirse el procedimiento propuesto por Berrocal et al. (2004), el cual consiste en hacer cortes transversales en la probeta cada 5 días por un periodo total de 30 días (AWPA, 1997); se obviaron los primeros 10 cm de la probeta desde los extremos hacia el centro, para evitar el sesgo en las mediciones por efecto de la difusión en el plano longitudinal de la madera.

**Tabla 2.** Cantidad de días para lograr el 100% de penetración de madera preservada por inmersión-difusión para 16 especies maderables estudiadas, provenientes de plantaciones de Costa Rica

<b>Espesor (cm)</b>	<b>A. m.</b>	<b>A. a.</b>	<b>P. f.</b>	<b>C. a.</b>	<b>C. l.</b>	<b>D. p.</b>	<b>E. c.</b>	<b>G. a.</b>
1,2	17	-	-	38	50	7	10	10
2,5	21	18	21	38	55	25	23	25
3,8	25	21	25	46	70	25	36	50
5,0	28	25	28	46	85	25	44	75
6,2	31	28	-	46	100	25	44	75
7,5	39	-	-	46	120	25	44	106
<b>Espesor (cm)</b>	<b>H. a.</b>	<b>S. s.</b>	<b>S. m.</b>	<b>T. g.</b>	<b>T. a.</b>	<b>T. o.</b>	<b>V. f.</b>	<b>V. g.</b>
1,2	4	21	16	-	<5	15	16	3
2,5	4	21	22	15	<5	15	35	4
3,8	4	21	28	20	<5	15	78	5
5,0	4	21	32	30	<5	15	92	6
6,2	4	21	37	-	<5	15	113	7
7,5	4	21	40	-	<5	15	120	8

Fuente: Moya et al., 2019.

*A. m.*: *Acacia mangium*, *A. a.*: *Alnus acuminata*, *P. f.*: *Pochota fendleri*, *C. a.*: *Cordia alliodora*, *C. l.*: *Cupressus lusitanica*, *D. p.*: *Dipteryx panamensis*, *E. c.*: *Enterolobium cyclocarpum*, *G. a.*: *Gmelina arborea*. *H. a.*: *Hieronyma alchorneoides*, *S. s.*: *Samanea saman*, *S. m.*: *Swietenia macrophylla*, *T. g.*: *Tectona grandis*, *T. a.*: *Terminalia amazonia*, *T. o.*: *Terminalia oblonga*, *V. f.*: *Vochysia ferruginea*, *V. g.*: *Vochysia guatemalensis*.

## CONTROL DE CALIDAD

### Muestreo

El capítulo 7 de la norma INTE C345:2019 del Instituto de Normas de Costa Rica (INTECO) establece las condiciones de muestreo para madera aserrada preservada con este método. Los autores sugieren que un muestreo de un 20 piezas por lote o 10% (con un mínimo 20 piezas) del total de madera preservada o de la madera que fue comprada como preservada, considerando

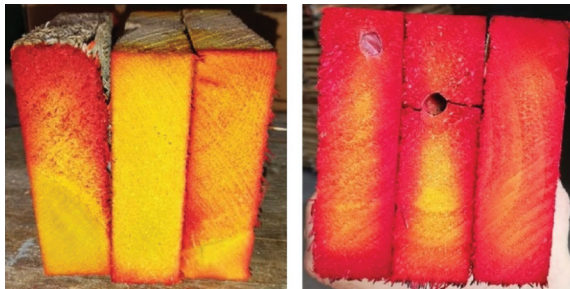
en proporciones iguales si se tiene diferentes espesores o diferentes especies, puede ser apropiado para evaluar la preservación de la madera. Por ejemplo, si se cuenta con 100 tablas preservadas y se requiere evaluar el grado de preservación se secciona una muestra al azar de 20 piezas, si fueran 500 tablas se selecciona al azar el 10% de ellas (50 tablas) para tomar la muestra. Sin embargo, en el caso de que no se cuente con una alta cantidad de tablas se debe considerar al menos 3 tablas por especies o espesores. Seguidamente se debe determinar los siguientes parámetros:

### **Penetración del preservante en la madera**

La penetración es la profundidad en milímetros que penetró el preservante en sentido transversal. Para ello es necesario cortar transversalmente la madera aserrada, preferiblemente a una distancia de 50 cm de los extremos. En este corte transversal, se rocía con un aspersor primeramente una sustancia indicadora a base de cúrcuma (Solución A) y luego se rocía con otra sustancia llamada reveladora (Solución B).

La solución A consiste de una mezcla compuesta de 10 gramos de cúrcuma en 100 mililitros de alcohol (el alcohol debe tener una concentración mayor a 90%). La solución reveladora (Solución B) preparada con una mezcla de 20 mililitros de ácido clorhídrico a una concentración de 34% y 6 gramos de ácido salicílico, disueltos en 100 mililitros de alcohol (el alcohol debe tener una concentración mayor a 90%).

La penetración del boro en la madera se evidencia por un color rojo en la sección transversal (Figura 7). Los sitios donde se encuentra presente el preservante en la madera se tornan de color rojo y aquellos donde no existe sustancia preservante, mantiene el color original otorgado por la solución A (coloración amarilla).

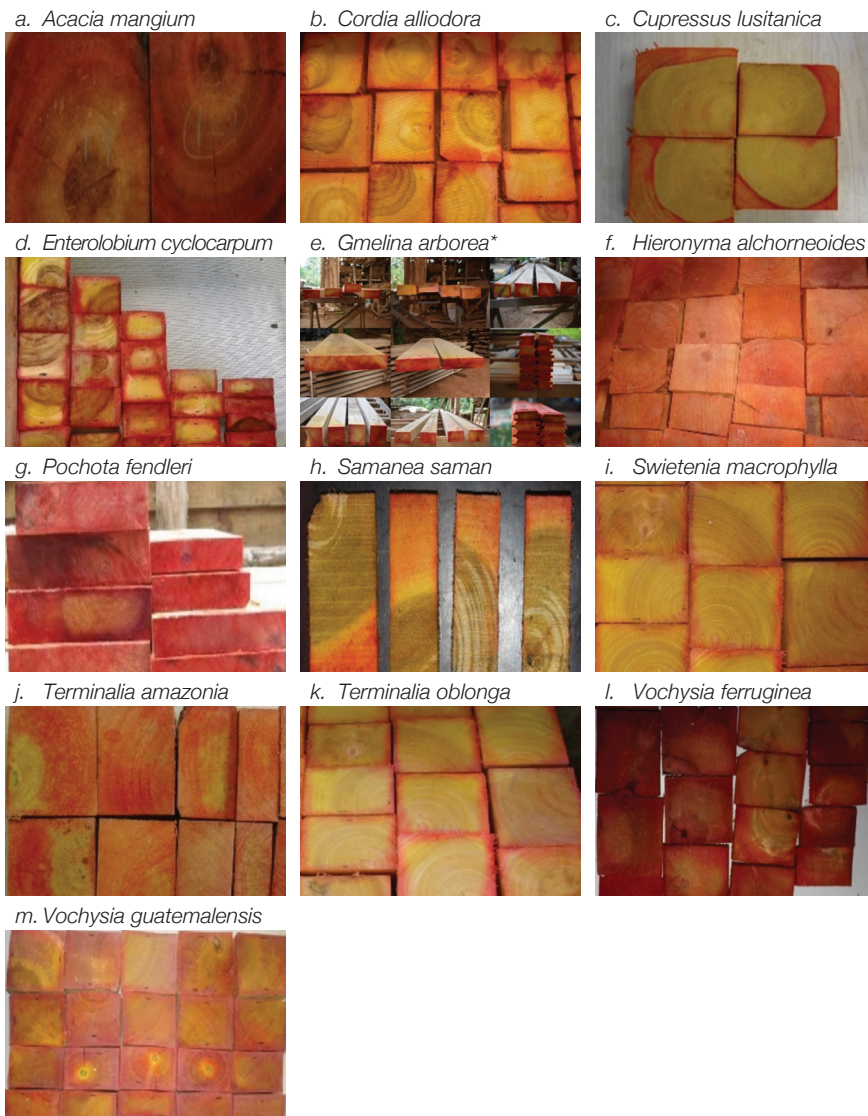


**Figura 7.** Prueba colorimétrica realizada en madera preservada con sales de boro.

Fotos de Alexander Berrocal Jiménez.

La penetración se determina midiendo en la cara de la pieza el desplazamiento (en milímetros) del color rojo del borde hacia el centro. Este valor debe ser en la medida de lo posible, igual a la mitad del espesor de la pieza de madera preservada, cuando se tiene el 100% de la penetración del preservante (Figura 7).

En la Figura 8 se logra observar la prueba de colorimetría realizada en 16 especies de plantación tratadas en Costa Rica.



**Figura 8.** Prueba colorimétrica en madera preservada en 16 especies de plantaciones de Costa Rica.

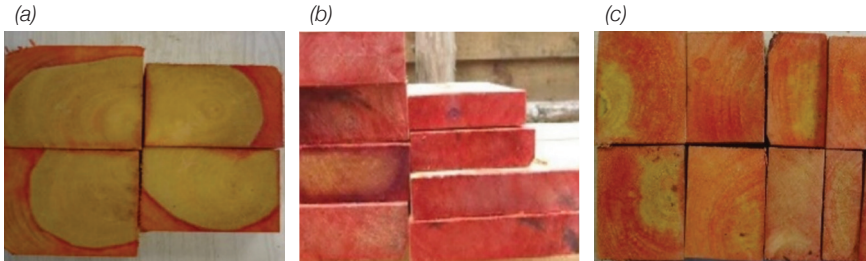
Fuente: Moya et al., 2019. Fotos cedidas por los autores para este manual.

Nota: el color rojo indica la presencia de boro en la madera.

\* Fotografía Juan Carlos Hernández Rivas.

## Tipo de penetración

La penetración debe ser catalogada en primera instancia en: (i) permeable, cuando la pieza de madera evidencio cambio de color, por lo que hubo una difusión del preservante, (ii) impermeable, cuando en la pieza de madera no hubo cambio de color, en este caso no hubo difusión del preservante e (iii) irregular cuando la difusión del preservante no es homogénea (Figura 9).



**Figura 9.** Tipos de penetración del preservante (a) albura permeable y duramen impermeable, (b) regular (c) irregular.

Fuente: Moya et al., 2019. Fotos cedidas por los autores para este manual. Nota: el color rojo indica la presencia de boro en la madera.

Tomando como referencia lo anteriormente indicado, en la Tabla 3 se detalla el tipo de penetración de las sales de boro para diferentes especies maderables provenientes de plantaciones forestales en Costa Rica.

**Tabla 3.** Comparación de las propiedades de preservación por inmersión-difusión de las 16 especies maderables estudiadas, provenientes de plantaciones de Costa Rica

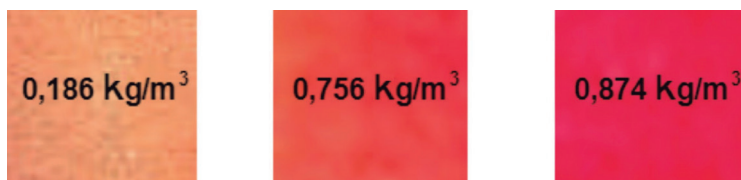
criterio	A. m.	A. a.	P. f.	C. a.	C. l.	D. p.	E. c.	G. a.
Penetración Albura	Posible e irregular	Posible e irregular	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme
Penetración Duramen	Permeable e irregular	Posible e irregular	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Impermeable	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme
criterio	H. a.	S. s.	S. m.	T. g.	T. a.	T. o.	V. f.	V. g.
Penetración Albura	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	De poca penetración	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme
Penetración Duramen	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	Permeable y uniforme	De poca penetración	Permeable e irregular	Permeable y uniforme

Fuente: Moya et al., 2019.

*A. m.*: *Acacia mangium*, *A. a.*: *Alnus acuminata*, *P. f.*: *Pochota fendleri*, *C. a.*: *Cordia alliodora*, *C. l.*: *Cupressus lusitanica*, *D. p.*: *Dipteryx panamensis*, *E. c.*: *Enterolobium cyclocarpum*, *G. a.*: *Gmelina arborea*. *H. a.*: *Hieronyma alchorneoides*, *S. s.*: *Samanea saman*, *S. m.*: *Swietenia macrophylla*, *T. g.*: *Tectona grandis*, *T. a.*: *Terminalia amazonia*, *T. o.*: *Terminalia oblonga*, *V. f.*: *Vochysia ferruginea*, *V. g.*: *Vochysia guatemalensis*.

### Retención del preservante en la madera

La retención puede ser establecida siguiendo la tonalidad del color rojo, la cual está relacionada con la retención. La siguiente figura muestra la relación de colores y la retención (Figura 10). Así mismo, también puede determinarse por métodos químicos.



**Figura 10.** Relación entre la retención ( $\text{kg B}_2\text{O}_3/\text{m}^3$ ) y la coloración observada en la madera preservada con sales de boro por el método de inmersión-difusión.

Fuente: Moya-Roque et al., 2004



## Métodos químicos

Este proceso se debe realizar en un laboratorio de pruebas químicas existentes en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad de Costa Rica o Universidad Nacional. Para realizar estas pruebas de retención se deben llevar diferentes muestras del lote de madera tratado y se debe suministrar la densidad de la madera que es tratada. El método que debe solicitarse es determinación de boro por absorción de rayos UV.

Este método consiste en tomar muestras (tarugos de madera) de la madera preservada, que deben ser secados al aire posterior al proceso de preservado, u obtenido de las muestras previamente preservadas. Estas muestras en el laboratorio de análisis químico son molidas y tamizadas a un tamaño de partícula menor a 0,5 mm (usar un tamiz No. 35), para luego realizarles un lavado y una extracción a una temperatura de 100 °C. Una vez obtenidas las disoluciones con diferentes reactivos establecidos en la norma AWWA-A2, son colocadas en un analizador de espectrometría-UV. Para poder leer las muestras y determinar las concentraciones primeramente se debe realizar una curva de estándares de boro a diferentes concentraciones determinadas con el fin de obtener una ecuación, esto para que al momento de la lectura de las muestras con la ecuación de mejor ajuste se obtiene la concentración final de boro en la madera tratada.

## AGRADECIMIENTO

Para la reedición e impresión de esta guía se contó con el apoyo del Proyecto de Extensión de Fondos del Sistema: **“Mejoramiento del diseño arquitectónico, estructural y del uso materiales utilizados en la construcción de viviendas de interés social para la Territorio Indígena de Cabagra, Buenos Aires, Puntarenas”**.

## REFERENCIAS

AWPA A2 (16). (2006). Analysis of Waterborne Preservative and Fire Retardant Formulation: Determination of Boron in Treated Wood Using Azomethine H or Carminic Acid.

INTECO. (2019). Madera - Preservación – Clasificación según uso y riesgo en servicio. (INTE C345:2019). [https://www.inteco.org/en\\_US/shop/inte-c345-2019-preservacion-de-madera-clasificacion-segun-uso-y-riesgo-en-servicio-5629#attr=](https://www.inteco.org/en_US/shop/inte-c345-2019-preservacion-de-madera-clasificacion-segun-uso-y-riesgo-en-servicio-5629#attr=)

Berrocal-Jiménez, A., Muñoz-Acosta, F., & Gonzáles-Trejos, G. (2012). Ensayo de penetrabilidad de dos preservantes a base de boro en madera de melina (*Gmelina arborea*) crecida en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(3), pág. 1-12. Recuperado a partir de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/559>

Junta del Acuerdo de Cartagena, J. U. N. A. C. (1988). Manual del Grupo Andino para la preservación de maderas. Perú, Lima, 450 p.

Moya-Roque, R., Leandro-Zúñiga, L., & Monge-Romero, F. (2004). Preservación de postes de melina mediante el método vacío-presión con sales de CCA-C. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 1(2), pág. 1-4. Recuperado a partir de <https://revistas.tec.ac.cr/index.php/kuru/article/view/579?articlesBySameAuthorPage=2>

Moya; R., Tenorio, C., Salas, C., Berrocal, A., & Muñoz, F. (2019). Tecnología de madera de plantaciones forestales: Fichas Técnicas. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. ISBN 978-9977-66-456-9. Cartago, Costa Rica, 494 p.







UCR TEC

UNA



CONARE

UNED

UTN  
Universidad  
Tecnológica