

RESISTENCIA DE LA MADERA DE *TABEBUIA ROSEA* PRESERVADA CON BORO, DELTAMETRINA Y ACQ A TERMITAS *CRYPTOTERMES BREVIS*

RESISTANCE OF *TABEBUIA ROSEA* WOOD PRESERVED WITH BORON, DELTAMETHRIN AND ACQ TO *CRYPTOTERMES BREVIS* TERMITES

AMARILIS BURGOS, JOSÉ M. GONZÁLEZ A. y OSVALDO ENCINAS

Grupo de Investigación en Conservación de Maderas, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Mérida, Venezuela

Recibido Mayo 2018. Aceptado Junio 2018

Resumen

Se logra durabilidad inducida en la madera de apamate (*Tabebuia rosea*) utilizada en la industria del mueble en Venezuela, mediante la preservación de probetas con diferentes concentraciones de soluciones preservantes que contienen: ácido bórico – bórax (50:50 pp), Deltametrina (2,5 %) y cobre amoniacal cuaternario (13 % de cobre). Se ensayaron tres métodos de preservación: simple inmersión y posterior difusión, baño caliente – frío y a presión (Lowry modificado) logrando absorciones calificadas como altas según la clasificación de la Junta del Acuerdo de Cartagena y retenciones de menores a altas, según la concentración de los productos ensayados.

Para evaluar la durabilidad natural e inducida de la madera de apamate se realizaron ensayos usando termitas de madera seca *Cryptotermes brevis*. La madera de apamate en su estado natural tiene resistencia moderada al ataque de termitas, pero se mejora su resistencia mediante la preservación, lo que permite conseguir mortalidad completa de las termitas y ningún indicio de erosión o desgaste ocasionado por las termitas.

Palabras claves: apamate, durabilidad inducida, *Cryptotermes brevis*, compuestos de boro, Deltametrina, cobre amoniacal cuaternario.

Abstract

Induced durability is achieved in apamate wood (*Tabebuia rosea*) used in the furniture industry in Venezuela, by treating wood samples with different concentrations of preservative solutions containing: boric acid - borax (50:50 pp), Deltamethrin (2,5 %) and ammoniacal copper quats (13% copper). Three preservation methods were tested: simple immersion and subsequent diffusion, hot-cold and pressure treatment (Lowry modified) achieving high-rated absorptions according to the classification of the Cartagena Agreement Board and withholdings from minor to high, according to the concentration of the products tested.

To evaluate the natural and induced durability of apamate wood, tests were carried out using dry wood termites *Cryptotermes brevis*. Apamate wood in its natural state has moderate resistance to termite attack, but its resistance is improved by preservation, which allows to achieve complete termite mortality and no evidence of erosion or wear caused by termites.

Keywords: Apamate Wood, induced durability, *Cryptotermes brevis*, boron compounds, deltamethrin, ammoniacal copper quats

1. Introducción

En el comercio internacional de los productos del bosque, la oferta de maderas con durabilidad natural está disminuyendo rápidamente y hay países, como Venezuela, que está recurriendo a la comercialización de maderas con poca durabilidad, como el apamate, *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC, que tiene muy poca durabilidad natural frente al ataque de insectos, particularmente las termitas de madera seca. Muy solicitada en el mercado de los muebles por la atractiva figura ondulada de la madera es utilizada en muebles, chapas decorativas y ebanistería, pero requiere protección contra los agentes destructores de la madera como hongos e insectos, particularmente termitas de madera seca.

Para que el apamate adquiera durabilidad inducida y resistencia, los agentes destructores de la madera requiere ser preservada con productos químicos que contengan algún principio activo que sea efectivo contra hongos e insectos. Aunque su uso recomendado se refiere a servicio fuera de contacto con suelos y protección contra humedad, son pocas las recomendaciones que se hacen para que la madera de apamate adquiera durabilidad inducida, por la escasez de productos químicos que sean efectivos contra la biodegradación, y sean al mismo tiempo compatibles con el ambiente. Así, se tiene que aplicar un método de tratamiento que sea sencillo y económico y se deben utilizar productos químicos que sean efectivos contra hongos e insectos y al mismo tiempo no sean dañinos al ambiente y los humanos.

En este ensayo, se prueban tres métodos de preservación: dos que no requieren presión, como el método de inmersión y posterior difusión y baño caliente - frío y uno usando presión.

Objetivo general

Evaluar la efectividad de compuestos químicos que contienen boro, piretroides y cobre amoniaco cuaternario, aplicados mediante tres métodos de preservación, para mejorar la durabilidad inducida de la madera apamate contra el ataque de termitas secas.

Objetivos específicos:

Preparar soluciones preservantes para la madera de apamate con: a) tres concentraciones (3 %, 5 % y 7 %) de una mezcla de ácido bórico y bórax (50 % cada una p/p); b) tres concentraciones del piretroide sintético Deltametrina al 2,5 % (0,5 %, 5 %, 7,5 %).

1 % y 1,5 %) y c) tres concentraciones (2 %, 3 % y 4 %) de cobre amoniacal cuaternario conteniendo 13% de cobre.

Preservar madera de apamate usando tres métodos de preservación: a) Inmersión durante 6 días con un período de difusión de dos semanas; b) Presión a 10 kg/cm² durante una hora, usando el método Lowry modificado (sin vacío inicial) y c) Baño caliente – frío, considerando baño caliente a 60 ° C durante cuatro horas y baño frío a temperatura ambiente por una hora.

Evaluar la efectividad de los procesos y productos químicos ensayados en la protección de la madera de apamate (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC) ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker), empleando la metodología del Instituto de Pesquisas Tecnológicas del estado de Sao Paulo (Brasil).

2. Materiales y métodos

Las probetas de madera de apamate, se prepararon en la carpintería del Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), en el área de carpintería, usando cuatro (4) tablones secos al aire proporcionados por un aserradero ubicado en el municipio Cruz Paredes de Barrancas, estado Barinas, Venezuela. Siguiendo la metodología del Instituto de Pesquisas Tecnológicas del estado de Sao Paulo, Brasil (IPT, 1980), las probetas elaboradas fueron de 7 cm de largo, 2,5 cm de ancho y 0,4 cm de espesor, midiendo su volumen con Vernier digital. La Deltametrina procede de una muestra comercializada en el país; el ACQ procede de muestras enviadas por la empresa FKR de España y los compuestos de boro se adquirieron de proveedores locales.

El acondicionamiento de las probetas, la preparación de las soluciones preservantes, los procesos de preservado, siguieron los protocolos usuales en laboratorio.

Las termitas de madera seca se colectaron de puertas, partes de camas y closet atacadas por este insecto, cuidando no dañarlas resguardándolas en recipientes asépticos de vidrio junto con pedazos de papel y trozos de madera.

Se prepararon cilindros de vidrio color caramelo de 3,5 cm de diámetro interno por 8 cm de alto que se fijaron con parafina en las probetas apareadas (Figura 1) y luego se introdujeron 40 termitas (38 obreras y 2 soldados); se prepararon tantos frascos como indicaba el diseño experimental, considerando 5 repeticiones por tratamiento y agregando cinco cilindros adicionales que contenían probetas de madera de apamate sin tratamiento alguno. Los recipientes así preparados se colocaron en un cuarto acondicionado a 25 °C y 75 % de humedad relativa por un período de 45 días con observaciones de mortandad a los 15 y 30 días y al final de los 45 días, se procedió a evaluar la eficiencia de los preservantes y tratamiento considerando la mortalidad y el patrón de desgaste o erosión causado por las termitas en la madera. La mortalidad se evaluó, siguiendo la escala recomendada por el IPT de Brasil: 0 Ningún desgaste, 1

Desgaste superficial, 2 Desgaste moderado, 3 Desgaste acentuado y 4 Desgaste profundo.



Figura 1. Recipientes de vidrio color caramelo pegadas con parafina a las probetas de madera

El diseño experimental considerado fue el factorial, porque permite el estudio de la interacción, es decir el grado y forma en que se modifica un factor por los niveles de otros factores.

3. Resultados y discusión

El apamate, *Tabebuia rosea*, es una especie forestal originaria de América Tropical, extendiéndose desde el sur de México, a través de América Central y las Antillas hasta Venezuela, Colombia y Ecuador. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 1200 msnm; ocasionalmente se puede encontrar a altitudes mayores. Crece en sitios con precipitaciones entre 1500 a 2500 mm anuales y temperaturas entre 20 y 27°C, soporta inundaciones ocasionales.

El árbol alcanza alturas de 20 a 30 m y 100 cm de diámetro o más. Fuste recto, regular, cilíndrico, con base cónica o ligeramente alargada.

La madera es de color castaño dorado, sin olor ni sabor característico. El grano es de recto a entrecruzado, textura de mediana a gruesa, brillo bajo, veteado pronunciado; peso específico 0,48 (moderadamente pesada) (MARNR, 1991). Anillos de crecimiento definidos por parénquima marginal algunas veces asociado a reducción del diámetro radial de las paredes de las fibras y zona ausente de poros. Porosidad difusa. Poros con tendencia a la disposición tangencial, solitarios y múltiples radiales de 2 (-5), 6-11 poros por mm². Platinas de perforación simple, ocasionalmente foraminada. Punteaduras intervasculares alternas, circulares a ovaladas, diminutas a pequeñas, diámetro de 3,75 – 6,25 μm . Tíldes presente, parénquima paratraqueal aliforme de ala corta, estructura estratificada presente en radios y parénquima axial, algunas veces en fibras 3 - 3, 5 estratos de radios por mm (León, 2014).

La durabilidad natural del duramen de apamate es calificada como moderadamente resistente (clase 3 según ASTM D 2017-71) o poco resistente (Clase 4 según EN 350-1) y no se recomienda para servicio en exteriores. Se reporta que es una madera difícil de preservar, inclusive su albura (Apamate, roble. *Tabebuia rosea*, 2018).

Absorción

Los valores de absorción de los preservantes por la madera de apamate no son iguales ni para los productos ensayados ni para los métodos utilizados; el valor más bajo se obtuvo con la mezcla ácido bórico y bórax (50:50 p/p) con 5 % de concentración (295 Kg/m³) y el valor más alto con Deltametrina (2,5 %) con 1,5 % de concentración (448,04 Kg/m³). El Cuadro 1, presenta los valores de absorción obtenidos con la combinación preservante - concentración - método utilizado.

Cuadro 1. Valores de absorción obtenidos en la madera de apamate con los diversos preservantes, métodos de preservación y concentraciones

Preservante	Concent.	Absorción L/m ³ por Método		
		Inmersión	Lowry modificado	Baño caliente frío
Mezcla Ácido bórico y bórax (50:50 pp)	3 %	420,68	310,34	334,23
	5 %	402,32	295,57	397,97
	7 %	352,81	295,00	349,03
Deltametrina (2,5 %)	0,5 %	410,27	346,03	448,04
	1 %	426,27	339,45	485,26
	1,5 %	443,73	309,03	488,43
Cobre amoniacal cuaternario (13 % Cu)	2 %	413,88	339,44	413,01
	3 %	389,65	322,38	431,41
	4 %	424,55	324,04	445,38

La madera de apamate ensayada tuvo una densidad de 0,58 g/cm³ y puede clasificarse como madera con alta absorción, según los grados establecidos por la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988) que ha trabajado con maderas de la región Andina, Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de las maderas de la región andina según su capacidad de absorción de la Junta del Acuerdo de Cartagena

Grado	Absorción (L/m ³)
Alta absorción	Más de 200
Buena absorción	150 a 200
Mala absorción	100 a 149
Nula absorción	Menos de 100

Realizado el análisis de varianza respectivo, tanto los métodos como las concentraciones difieren estadísticamente al 0,01 % de confianza; lo mismo sucede con las interacciones preservante por concentración y método por preservante y concentración. De todos modos es posible diferenciar las absorciones conseguidas por los tres métodos de preservación. Realizando un análisis de subgrupos homogéneos,

se obtienen dos subconjuntos estadísticamente diferentes (Alfa = 0,05): un subconjunto formado con los valores más altos de absorción obtenidos con los métodos de inmersión y baño caliente – frío y un subconjunto conformado por el método Lowry modificado para los menores valores de absorción, Cuadro 3.

Cuadro 3. Subgrupos homogéneos en absorción según los valores obtenidos por los tres métodos

Método	Subconjunto	
	1	2
Lowry modificado	320,15	
Inmersión		409,36
Baño caliente - frío		421,42

Valores de absorción de 164 a 473 L/m³ se consiguieron en diez maderas mexicanas con densidades mediana a altas (*Tilia mexicana* Schlttl., *Cupressus lindley* Klotzsch ex Endl., *Alnus acuminata* Kunth., *Cedrela odorata* L., *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsb., *Lysiloma bahamensis* Benth., *Fagus mexicana* Martínez., *Caesalpinia granadillo* Pittier., *Platymiscium dimorphandrums* (J.D.Smith) Donn. Sm. y *Quercus* spp.) empleando el método caliente frío y utilizando sales de boro (Sotomayor y Villaseñor, 2016).

Llama la atención que en el presente trabajo, el método Lowry modificado, que utiliza presión, permite absorciones bajas; utilizando este método de preservación y empleando cobre amoniacal cuaternario, Encinas *et al.* (2008) obtuvieron absorciones por debajo de 100 L/m³ en la madera de *Caryodaphnopsis cogolloi*, especie de mediana densidad.

Retención

La retención o absorción neta, es el producto de multiplicar la absorción por la concentración del preservante.

Las retenciones obtenidas en este trabajo pueden calificarse entre malas y altas si se utiliza el sistema de clasificación de retención de la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), Cuadro 4; con excepción de la preservación con Deltametrina en su concentración más baja (0,5 %) que puede considerarse como retención nula, con cualquiera de los métodos de preservación utilizados. Las mejores retenciones se obtuvieron aplicando métodos de preservación por inmersión y baño caliente frío.

Cuadro 4. Valores de retención de acuerdo a la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988)

Grado	Retención (kg/m ³)
Alta retención	Mayor a 10
Buena retención	8 a 10
Mala retención	4 a 8
Nula retención	Menor a 4

El Cuadro 5 presenta detalladamente los valores de retención calculados para la madera de apamate a partir de la absorción, tipo y concentraciones de los preservantes; naturalmente a mayor concentración mayor es la retención.

Cuadro 5. Retenciones o absorción neta

Preservante	Concent.	Retención kg/m ³ por Método		
		Inmersión	Lowry modificado	Baño caliente frío
Mezcla Ácido bórico y bórax (50:50 pp)	3 %	12,62 A	9,31 B	10,02 A
	5 %	20,11 A	14,77 A	19,89 A
	7 %	24,69 A	20,65 A	24,43 A
Deltametrina al 2,5 %	0,5 %	2,05 N	1,73 N	2,24 N
	1 %	4,26 M	3,39 N	4,85 M
	1,5 %	6,65 M	4,63 N	7,32 M
Cobre amoniacal	2 %	8,27 B	6,78 M	8,26 B
	3 %	11,68 A	9,67 B	12,94 A
cuaternario (13 % Cu)	4 %	16,98 A	12,96 A	17,81 A

Nota. Las letras indican el grado de retención obtenida según la Junta del Acuerdo de Cartagena (1988), A alta, B buena, M mala y N nula retención.

La mayor retención se obtuvo con la mezcla de boro al 7 % de concentración y por el método de inmersión (24,69 kg/m³), muy semejante al tratamiento baño caliente – frío y la menor retención con Deltametrina (2,5 %) al 0,5 % de concentración por el método Lowry modificado.

La obtención de bajas retenciones es frecuente cuando se trata de maderas del bosque tropical; Sotomayor y Villaseñor (2016) usando sales de boro obtuvieron retenciones de solo 4,07 kg/m³ utilizando como método de preservación baño caliente y frío. En este trabajo, la retención promedio de boro por el método baño caliente frío fue 18,12 kg/m³.

Utilizando ACQ con el método Lowry modificado, Encinas *et al.* (2013) reportaron bajas retenciones de 1,33 kg/m³ que se atribuyeron a la presencia de tñlides y contenidos celulares en la madera evaluada; el apamate no contiene tñlides, lo que podría explicar la alta retención obtenida.

Las diferencias entre métodos, productos químicos y concentraciones son altamente significativas (99 % de confianza), según el análisis de varianza; lo mismo sucede con las interacciones entre productos y métodos de preservación.

Considerando la variación de retenciones obtenidas con los distintos métodos, es posible identificar dos subconjuntos homogéneos según la prueba de Tukey que indica que los métodos por inmersión y baño caliente – frío, con retenciones muy similares (11,42 y 11,92 kg/m³), conforman un subgrupo muy diferente a la retención obtenida (9,32 kg/m³) por el método Lowry modificado, ver Cuadro 6. No se realizó el

tratamiento de Baño caliente – frío con las soluciones de ACQ porque la aplicación del baño caliente podría descomponer o alterar el componente amoniacal.

Cuadro 6. Subgrupos homogéneos en retención por los métodos ensayados (DHS de Tukey Alfa = 0,05)

Método	N	Subconjunto	
		1	2
Lowry Modificado	90	9,32	
Baño Caliente - Frío	60		11,46
Inmersión	90		11,92

Realizada la prueba de efectos intersujetos, atendiendo las diferencias estadísticamente significativas entre productos preservantes y sus concentraciones, independientemente del método de preservación, es posible caracterizar y diferenciar las retenciones aplicando un test de Tukey para subconjuntos homogéneos, Cuadro 7.

Cuadro 7. Subconjuntos homogéneos para retención atendiendo al producto preservante y sus concentraciones (DHS de Tukey, Alfa = 0,05)

Producto	N	Subconjunto		
		1	2	3
Deltametrina	90	4,1278		
Cobre Amoniacal cuat	60		11,0620	
Ac Bórico: Borax	90			17,3925

Cuando se generaliza el análisis estadístico de las retenciones atendiendo al producto, y sus concentraciones, es posible obtener siete subconjuntos, Cuadro 8, la mayor retención es conseguida con la mezcla de boro a su concentración más alta, retención de 23,26 kg/m³ a la concentración del 7 %, y la menor con Deltametrina a su menor concentración, retención de 2 kg/m³ a la concentración del 0,5 %. Debe recordarse que la retención está influida fundamentalmente no solo por la absorción, sino ante todo por la concentración del producto activo.

Cuadro 8. Subconjuntos homogéneos de las retenciones (kg/m³) conseguidas considerando producto preservante y su concentración (DHS de Tukey, Alfa = 0,05)

Concentración	N	Subconjuntos (Retenciones)						
		1	2	3	4	5	6	7
Deltametrina 0,5 %	30	2,73						
Deltametrina 1 %	30	4,00	4,17					
Deltametrina 1,5 %	30		6,20	6,20				
Cobre Amoniacal Cuat 2 %	20			7,53				
Ácido bórico : borax 3 %	30				10,65			
Cobre Amoniacal Cuat 3 %	20				10,68			
Cobre Amoniacal Cuat 4 %	20					14,97		
Ácido bórico : borax 5 %	30						18,26	
Ácido bórico : borax 7 %	30							23,26

Los tres productos son estadísticamente diferentes y las retenciones obtenidas están en correspondencia con las concentraciones con las que se prepararon las soluciones preservantes; fueron más altas las concentraciones para la mezcla ácido bórico - bórax y significativamente más bajas las que se prepararon con Deltametrina.

Mortalidad de las termitas de madera seca y desgaste o erosión en las probetas

Para medir el grado de mortalidad, categoría, se utilizó el criterio propuesto por Berrocal y Rojas (2007), Cuadro 9.

Cuadro 9. Categorías propuestas por Berrocal y Rojas (2007) para la mortandad de las termitas de madera seca

Mortalidad de Termitas	Categoría
0-33 %	Ligera
34-66%	Moderada
67-99%	Fuerte
100%	Completa

Se hicieron las observaciones a los quince, treinta y cuarenta y cinco días. Las probetas de la madera de apamate sin tratamiento alguno mostraron la poca durabilidad natural que tiene ante el ataque de termitas *Cryptotermes brevis*; a los primeros quince días fueron los soldados que murieron y a los 30 días comenzaron a morir las obreras al cabo de los 45 días que dura el ensayo solo murieron 42,4 % de las termitas; así la madera de apamate sin tratamiento puede considerarse moderadamente resistente al ataque de las termitas, Cuadro 10. Al final del ensayo todos los tratamientos, productos, concentraciones y tratamientos fueron efectivos otorgando una durabilidad inducida a la madera de apamate, pues la mortalidad fue del 100 %.

Cuadro 10. Mortalidad de las termitas de madera seca causada por los productos ensayados a diversas concentraciones

Productos y concentraciones	Mortalidad en porcentaje (%)		
	15 días	30 días	45 días
Testigos, sin tratamiento	6 %	26,4 %	42,4 %
Deltametrina 0,5 %	98 %	100 %	100 %
Deltametrina 1 %	99 %	99 %	100 %
Deltametrina 1,5 %	99 %	100 %	100 %
Cobre Amoniacal Cuat 2 %	98 %	100 %	100 %
Ácido bórico : borax 2 %	98 %	100 %	100 %
Cobre Amoniacal Cuat 3 %	99 %	100 %	100 %
Cobre Amoniacal Cuat 4 %	99 %	100 %	100 %
Ácido bórico : borax 5 %	99 %	100 %	100 %
Ácido bórico : borax 7 %	100 %	100 %	100 %

Berrocal (2007) obtuvo valores similares utilizando sales de boro por el método de inmersión para evaluar la mortalidad de las termitas de madera seca en teca, 100 % de mortalidad en la madera preservada mientras en las maderas sin tratamiento la mortalidad fue fuerte reportando mortalidad mayor a 67 %.

En cuanto a la erosión o desgaste ocasionado por las termitas en las maderas ensayadas, solamente se apreció ligera erosión iniciada a los 30 días del ensayo en la madera sin tratamiento alguno. En ninguna de las probetas preservadas se observó desgaste en la superficie de las maderas.

4. Conclusiones

La madera de *Tabebuia rosea* en su forma natural, sin preservantes, resultó moderadamente resistente al ataque de termitas de madera seca de la especie *Cryptotermes brevis*.

Es posible mejorar la resistencia a las termitas, logrando durabilidad inducida mediante el empleo de productos preservantes, como los empleados en el presente ensayo: mezcla de ácido bórico y bórax, Deltametrina y cobre amoniacal cuaternario, aún a concentraciones bajas, por debajo de los porcentajes recomendados por los fabricantes para su uso contra agentes destructores de la madera.

Es conveniente realizar ensayos a escala mayor. En este ensayo de laboratorio se utilizaron probetas de dimensiones reducidas y es recomendable hacer ensayos con maderas con dimensiones utilizadas comercialmente en la industria del mueble.

5. Referencias

- BERROCAL, A. y ROJAS, L. (2007) Resistencia de la madera de teca (*Tectona grandis* L. F.) provenientes de plantaciones forestales ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). *Kúru*, 4 (10), 2 - 15
- ENCINAS, O.; BELTRÁN, D.; POLANCO C. y CAICEDO, J. (2013). Durabilidad inducida de *Caryodaphnopsis cogolloi* bajo la acción de tres preservantes hidrosolubles. *Revista Forestal Venezolana*, 57 (2), 147 - 156
- ENCINAS, O. y MORA, N. (2001). Evaluación de la Durabilidad Natural e Inducida de *Pteocarpus acapulcensis*, *Tabebuia serratifolia* y *Pinus caribaea* en Condiciones de Laboratorio. *Revista Forestal Venezolana*, 45(1) 23 - 24.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. (1980). Métodos de ensaios e análise em preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae). São Paulo, Brazil.
- JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA (JUNAC). (1988). *Manual del grupo andino para la preservación de maderas*. Proyecto Subregional de Promoción Industrial de la Madera para Construcción. Lima, Perú.

LEÓN, W. (2014) Anatomía de maderas de 108 especies de Venezuela. Mérida, Venezuela. Serie publicaciones especiales Pittieria. Recuperado de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/pittieria/article/view/6532/6345>.