

EFICACIA DE SEIS PRODUCTOS FUNGICIDAS ANTIMANCHA, CONTRA *Cladosporium sp*, EN MADERA DE *Pinus hartwegii*.

M. Fuentes-Salinas; J. M. Espinoza-Martínez; S. E. García-Díaz
División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. C.P. 56230.

RESUMEN

Esta investigación se realizó con el propósito de conocer la eficacia de seis productos antimancha que se comercializan en México, contra el hongo cromógeno *Cladosporium sp.*, usando como sustrato madera de *Pinus hartwegii*. Los productos están elaborados a partir de pentaclorofenato de sodio cuatro de ellos, siendo Osmotox®, Pentatox®, Fungitox® y Biotox®; uno es una mezcla de ácido bórico más bórax y el sexto es a base de metileno (bis) tiocianato, siendo el Busan 1009 ®. La concentración mínima efectiva estimada para evitar el manchado de la madera en un período de cuatro semanas de exposición para cada uno de los productos evaluados, fue de 3.09% de concentración para Osmotox; 3.98% para Pentatox; 2.45% para Fungitox y de 2.57% para Biotox. En lo referente al compuesto de boro, éste no dio resultados positivos al obtenerse un intenso manchado, requiriendo concentraciones del 141.25%. Por el contrario, con el metileno (bis) tiocianato no se presentó manchado ni con la concentración mínima probada, estimándose que su concentración requerida es inferior al 0.25%.

PALABRAS CLAVE: Hongo cromógeno, preservación, pentaclorofenato de sodio, metileno (bis) tiocianato, boro.

EFFICIENCY OF SIX ANTI-SAPSTAIN CHEMICAL AGENTS AGAINST *Cladosporium sp* IN LUMBER OF *Pinus hartwegii*

SUMMARY

This research was carried out to determine the efficiency of six anti-sapstain chemicals that are sold in Mexico to combat *Cladosporium sp* sapstain fungi. *Pinus hartwegii* was used as the wood substrata. Four of these products, Oxmotox™, Pentatox™, Fungitox™, and Biotox™, are made from sodium-pentachlorophenate. One of them is a mixture of boric acid and borax, and the sixth one, Busan 1009, is made of methylene (bis) tiocyanate. The minimum effective concentrations needed to prevent sapstaining for a four-week exposure of the chemicals was estimated to be 3.09% Osmotox, 3.98% Pentatox, 2.45% Fungitox, and 2.57% Biotox. For the borate mixture, the results were not positive, since a strong sapstain occurred, and the concentration required was 141.25%. In contrast, no sapstain occurred with methylene (bis) tiocyanate, even with the smallest tested concentration; it is estimated that the concentration required is less than 0.25%.

KEY WORDS: Sapstain, preservation, sodium pentachlorophenate, methylene (bis) tiocyanate, borate.

INTRODUCCIÓN

Cuando se asierra la madera verde y se somete al proceso de secado, en esta etapa puede presentarse el riesgo de que la madera sea atacada por hongos cromógenos que causan el manchado y, por lo tanto, una depreciación de la madera. Para evitar ésta comúnmente llamada "mancha azul", la madera después de su asierre suele someterse a un tratamiento de inmersión o aspersión aplicándole en la gran mayoría de los casos un producto fungicida a partir de pentaclorofenato de sodio, más conocido como PCP-Na, el cual ha mostrado una buena eficacia a un razonable costo de tratamiento (Tories, 1964; Butcher y Drysdale, 1974; Peredo, 1989).

No obstante, desde los años setenta se ha manifestado una creciente presión en el medio de los productos fungicidas por sustituir este producto por otro alternativo que presente menor riesgo, tanto para la salud como para el medio ambiente (Peredo, 1980), por lo que un campo muy dinámico en la investigación sobre protección de maderas es precisamente el del desarrollo de productos antimancha, nombre genérico que identifica a aquellos fungicidas que pueden aplicarse a la madera para protegerla contra el desarrollo de hongos cromógenos, tales como los géneros: *Ceratocystis*, *Diplodia*, *Cladosporium*, *Alternaria* y *Graphium*, entre los más conocidos.

De esas investigaciones se han logrado avances como los reportados por Butcher y Drysdale (1974); Unligil (1979); Peredo (1980); Cassens (1981); Cassens y Eslin (1983) y Eslin y Cassens (1983), quienes han probado la factibilidad de usar productos, compuestos y mezclas químicas como productos antimancha alternativos.

En México, como en muchos otros países, el PCP-Na sigue siendo el producto más usado para tratar la madera verde contra el manchado, siendo comercializado por cuatro empresas principalmente, con los nombres comerciales de Osmotox®, Pentatox®, Fungitox® y Biotox®, mismas que indican la concentración a la cual debe prepararse y aplicarse la solución tratante. No obstante, en ciertos casos se aplica el PCP-Na en mezcla con sales de boro y también, en la actualidad, debido a la tendencia mundial restrictiva que se está manifestando contra el PCP-Na, se han experimentado compuestos alternos con base en ácido bórico (Laks, 1993) y ya se ha introducido al mercado nacional como producto antimancha otro compuesto a base de metilen (bis) tiocianato, conocido genéricamente como MBT y comercializado con la marca Busan 1009®.

Con base en la situación anterior, en esta investigación se propuso evaluar la concentración mínima efectiva que inhiba el desarrollo del hongo cromógeno *Cladosporium* sp, en madera de pino, para cada uno de los cuatro productos basados en PCP-Na, así como de la mezcla de ácido bórico más bórax y para el compuesto MBT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la concentración mínima efectiva, denominada concentración para "crecimiento cero (C0)" de cada uno de los seis productos, se utilizaron 310 piezas de madera sana de *Pinus hartwegii* de 7 x 20 x 70 mm, siendo la dimensión mayor a lo largo de la fibra. Éstas se distribuyeron en 31 lotes de 10 muestras cada uno.

El hongo cromógeno de prueba base se identificó como *Cladosporium* sp, cuyo inóculo fue originalmente extraído de piezas de madera manchada, siguiendo un procedimiento de inoculación y reislamamientos en un sustrato de malta-agar hasta obtener el cultivo puro. De las colonias obtenidas se realizó un raspado para obtener una suspensión de esporas e hifas para utilizarse en la inoculación posterior de las probetas de madera de ensayo.

Por otro lado, de cada uno de los productos antimancha: Osmotox, Pentatox, Fungitox, Biotox, Ácido bórico más Bórax y Busan 1009, se prepararon soluciones a cinco concentraciones, siendo: 0.25, 0.50, 1.0, 2.0 y 4.0%. El número de probetas a ensayar por producto fue de 50 piezas, de tal manera que cada concentración se aplicó a 10 piezas (repeticiones). Antes de realizar esta operación, las probetas de madera se llevaron a peso

anhidro y posteriormente se impregnaron mediante vacío con una solución acuosa nutritiva de malta al 1% de concentración, hasta lograr un contenido de humedad medio del 25%. Posteriormente se procedió a la inmersión de las probetas con cada una de las concentraciones durante 15 segundos, se almacenaron en bolsas de plástico por 24 horas y después se fueron colocando en pares en cajas Petri, las cuales previamente se prepararon con 8 discos de papel filtro remojados en agua destilada y dos soportes para mantener la humedad durante el tiempo de incubación, siguiendo las indicaciones de la norma ASTM D 4445-91 y adaptándose al procedimiento seguido por Peredo (1980).

Una vez colocadas las probetas tratadas en las cajas, éstas se esterilizaron a una presión de 1.05 kg/cm² y a una temperatura de 102 °C durante 20 minutos. Hecho lo anterior, usando una pipeta de transferencia y bajo condiciones asépticas se aplicó a cada probeta colocada en las cajas 2.5 ml de solución de esporas, se sellaron las cajas y se colocaron en la cámara de incubación climatizada a un rango de temperatura de 20 a 24 °C durante 4 semanas, haciéndose una inspección y registro semanal del posible desarrollo del hongo cromógeno. A la par de las piezas tratadas, se inoculó un lote de 10 piezas sin impregnar, como testigo del desarrollo del hongo.

Finalmente, la evaluación se realizó basándose en el porcentaje de superficie de madera manchada al término de cada semana y al final de las 4 semanas, registrándose ese avance y correlacionándolo con el logaritmo de la concentración fungicida, para así obtener la concentración cero que correspondería a la concentración efectiva inhibidora, tal como lo establece la norma ASTM D 4445-91.

RESULTADOS

Antes de someter a evaluación los resultados de los productos antimancha, se observó que las muestras testigo inoculadas con el hongo *Cladosporium* sp, al término de la primera semana ya presentaron todas un manchado del 100%, como se aprecia en la Figura 1A, mostrando la agresividad del hongo y de que las condiciones para su desarrollo fueron las adecuadas.

En lo referente a los productos evaluados, en el Cuadro 1 se presenta el porcentaje de superficie media de madera manchada al término de cada una de las cuatro semanas de incubación, en dicho cuadro, el compuesto a base de ácido bórico más bórax se anota de manera simplificada como "Comp. Boro".

CUADRO 1. Porcentaje de superficie media de madera manchada al término de cada semana y para cada concentración de los seis productos evaluados.

Producto	CONCENTRACIÓN (%)
----------	-------------------

	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
1ª semana					
Osmotox	18.5	9.0	0	0	0
Pentatox	84.5	57.5	0	0	0
Fungitox	24.5	1.0	0	0	0
Biotox	3.5	0	0	0	0
Comp. Boro	46.5	16.5	35.0	9.5	3.0
Busan 1009	0	0	0	0	
2ª semana					
Osmotox	50.0	26.5	6.0	0	0
Pentatox	100.0	85.0	20.5	17	0
Fungitox	50.0	12.5	5.0	0	0
Biotox	27.5	4.0	1.0	0	0
Comp. Boro	78.5	63.5	90.5	66.0	30.0
Busan 1009	0	0	0	0	0
3ª semana					
Osmotox	60.0	43.0	24.0	1.5	0
Pentatox	100.0	92.5	31.0	30.5	1.0
Fungitox	69.0	18.0	7.5	0	0
Biotox	42.5	12.0	3.0	0.5	0
Comp. Boro	94.5	83.3	89.5	73.0	39.5
Busan 1009	0	0	0	0	0
4ª semana					
Osmotox	74.0	56.5	30.0	5.0	0
Pentatox	100.0	92.5	33.0	32.5	2.0
Fungitox	93.0	51.0	13.5	0	0
Biotox	54.0	18.0	9.0	2.5	1.0
Comp. Boro	95.0	85.0	97.0	76.5	43.5
Busan 1009	0	0	0	0	0

De manera esquemática, el porcentaje de manchado manifestado en las muestras se presenta en el Cuadro 2, de acuerdo al criterio de clasificación seguido por Peredo (1980), el cual, a diferencia de lo mostrado en el Cuadro 1, se basa en rangos de superficie manchada más que en valores numéricos específicos como se indica al pie del mismo Cuadro 2.

CUADRO 2. Avance del manchado por tipo de producto, concentración y tiempo de exposición, según criterio de Peredo (1980)*

PRODUCTO	CONCENT. (%)	SEMANA			
		1ª	2ª	3ª	4ª
OSMOTOX	0.25	++	++	+++	+++
	0.50	+	++	++	+++
	1.00	-	+	++	++
	2.00	-	-	+	+
	4.00	-	-	-	-
PENTATOX	0.25	+++	+++	+++	+++
	0.50	+++	+++	+++	+++
	1.00	-	++	++	++
	2.00	-	++	++	++
	4.00	-	-	+	+
FUNGITOX	0.25	++	++	+++	+++
	0.50	+	++	++	+++
	1.00	-	+	+	++
	2.00	-	-	-	-
	4.00	-	-	-	-
BIOTOX	0.25	+	++	++	+++
	0.50	-	+	++	++
	1.00	-	+	+	+
	2.00	-	-	+	+
	4.00	-	-	-	+
COMP. BORO	0.25	++	+++	+++	+++
	0.50	++	+++	+++	+++
	1.00	++	+++	+++	+++
	2.00	+	+++	+++	+++
	4.00	+	++	++	++
BUSAN 1009	0.25	-	-	-	-
	0.50	-	-	-	-
	1.00	-	-	-	-
	2.00	-	-	-	-
	4.00	-	-	-	-

(*) La evaluación se basa en el siguiente criterio:

- (-) No existe crecimiento del hongo. Superficie limpia.
- (+) Manchado inferior al 10% de la superficie.
- (++) Manchado superior al 10% pero inferior al 50% de la superficie.
- (+++) Manchado superior al 50% de la superficie.

Considerando que el objetivo principal fue determinar la concentración adecuada que inhibiera realmente el desarrollo del hongo al término de cuatro semanas, es decir, la concentración para crecimiento cero (C_0), con la tendencia del avance del manchado manifestado en las probetas tratadas, se relacionó este avance con respecto al tratamiento testigo, según el procedimiento de la norma ASTM D 4445-91. Así, las ecuaciones resultantes de las cinco concentraciones al aplicar el modelo $Y = A + B \log(X)$ en cada producto, donde Y corresponde a un valor de 0% de manchado y X al porcentaje de concentración requerido para evitar el manchado, dio los valores de concentración para crecimiento cero que se presentan en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Concentraciones requeridas por producto para crecimiento cero (CØ) y parámetros del modelo aplicado.

Producto	Modelo	r	Conc. CØ (%)
Osmotox	$Y = 33.1 - 66.5 \log X$	- 0.98	3.09
Pentatox	$Y = 52.0 - 85.3 \log X$	- 0.95	3.98
Fungitox	$Y = 31.5 - 79.0 \log X$	- 0.93	2.45
Biotox	$Y = 169 - 40.5 \log X$	- 0.88	2.57
Comp. Boro	$Y = 79.3 - 36.83 \log X$	- 0.80	141.25
Busan 1009	No determinado	No determinado	< 0.25

Con el procedimiento seguido, igualmente es posible obtener valores de concentración cero para otros períodos de tiempo, como pueden ser 1, 2 ó 3 semanas, dependiendo de las condiciones que en la práctica puedan prevalecer en el lugar donde se someta a secado la madera recién aserrada.

DISCUSIÓN

La agresividad del hongo cromógeno *Cladosporium* sp como causante del manchado de la madera verde de pino quedó demostrada en el ensayo, tal como se muestra en la Figura 1B, indicando a su vez que las condiciones ambientales a las que se sometieron las muestras de madera inoculadas fueron propicias para que se presentara el manchado, es decir, se dieron las condiciones para probar la eficacia de los productos sujetos a prueba.

De lo observado, cabe destacar el resultado obtenido con el metilen (bis) tiocianato, base del Busan 1009®, con el cual no se presentó manchado en ningún caso (ver Figura 1D), aún para la concentración más baja y el período más largo, por lo que se deduce que la concentración mínima requerida para inhibir el desarrollo del hongo es todavía inferior al 0.25% que fue la mínima que se probó y, aún más, inferior al 0.50% que recomienda el proveedor como mínima a aplicar, demostrando que es un producto eficaz para proteger la madera verde contra el hongo aquí probado.

En este mismo sentido, para los productos a base de pentaclorofenato de sodio, la concentración requerida para crecimiento cero varió de 2.45% a 3.98%, lo que indica un rango de 1.53%. Estas diferencias de concentración entre productos elaborados con base a PCP-Na se considera dentro del rango de variación que los proveedores recomiendan en las concentraciones a aplicar, las cuales van desde un mínimo del 1.00 hasta 2.26% como máximo. Así mismo, se apreció que las concentraciones para crecimiento cero son mayores al valor de concentración máxima que se recomienda (2.26%). En este caso debe considerarse que el ensayo se aplicó durante cuatro semanas bajo condiciones de humedad constantes, situación que en la práctica es posible si la madera se expone a secado al aire durante el mismo

período, ya que su contenido de humedad disminuirá por abajo del límite inferior de riesgo en un tiempo menor y, por lo tanto, la concentración para crecimiento cero también puede ser menor.

En todo caso, los valores aquí encontrados y bajo las condiciones ensayadas, garantizan la protección de la madera de pino que se someta a baños antimancha con las concentraciones aquí reportadas para crecimiento cero, aún para condiciones de alto riesgo y por tiempo prolongado, como puede ser la época de lluvias o zonas de alta humedad relativa donde la madera permanece más tiempo en patio con contenidos de humedad altos.

En lo que se refiere a la mezcla de ácido bórico más bórax, no se obtuvo, como se mostró en los resultados, un nivel de protección aceptable ni aún para la concentración más alta, ya que el manchado generado fue mayor al 40% de la superficie con la concentración del 4.00% y mayor al 80% para las otras tres concentraciones menores. Asimismo, la concentración para crecimiento cero resultante se considera inadecuada en la práctica, por el alto costo que representa aplicar tan alta cantidad de producto para el tratamiento de la madera, en comparación con los otros productos antimancha, pues es importante considerar que la concentración a la que se aplique el producto influirá directamente en los costos del tratamiento de la madera, ya que entre más baja sea la concentración requerida, el rendimiento del producto será mayor y, por lo tanto, el costo del tratamiento por pie tabla será menor.

CONCLUSIONES

Los cuatro productos elaborados con base en pentaclorofenato de sodio presentaron una eficacia equivalente para inhibir el desarrollo del hongo cromógeno *Cladosporium* sp, al variar sus concentraciones para crecimiento cero en un rango de 2.45 a 3.98%.

La mezcla de ácido bórico más bórax no resultó efectiva para proteger del manchado producido por el hongo *Cladosporium* sp. a la madera de pino, bajo las condiciones ensayadas.

El metilen (bis) tiocianato, base del Busan 1009®, mostró una alta eficacia para impedir el desarrollo del hongo de prueba en madera verde de pino, indicando que su concentración mínima efectiva para ese hongo es aún inferior al 0.25%.

Finalmente, al momento de decidir el producto a utilizar para el tratamiento de la madera contra la mancha azul, debe considerarse la concentración a la cual se va aplicar el producto y su rendimiento, ya que el costo de tratamiento por unidad de madera dependerá de esos parámetros y no solamente del precio comercial del producto.

LITERATURA CITADA

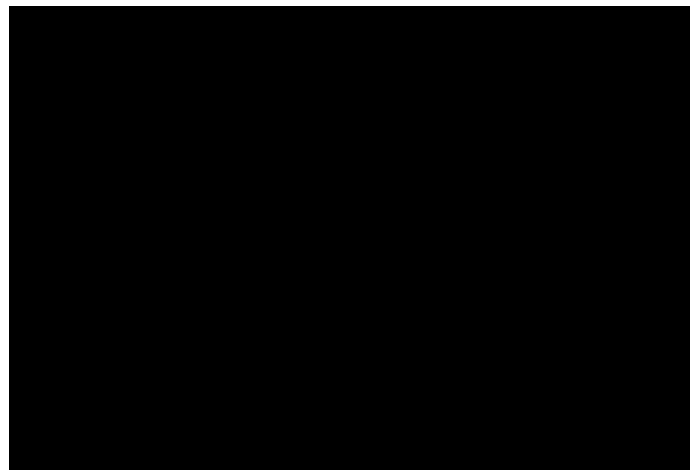
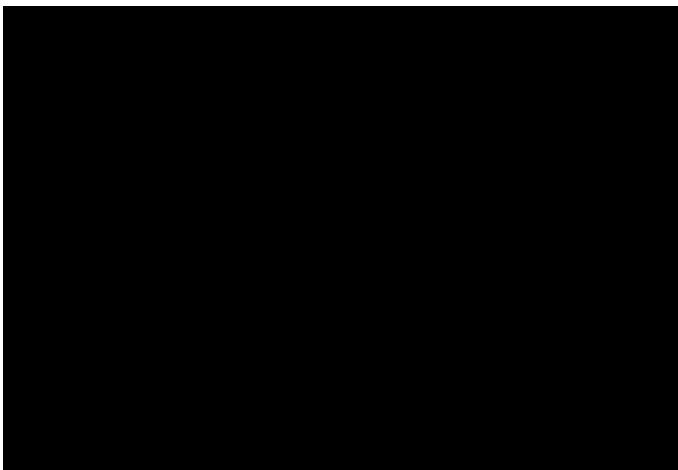
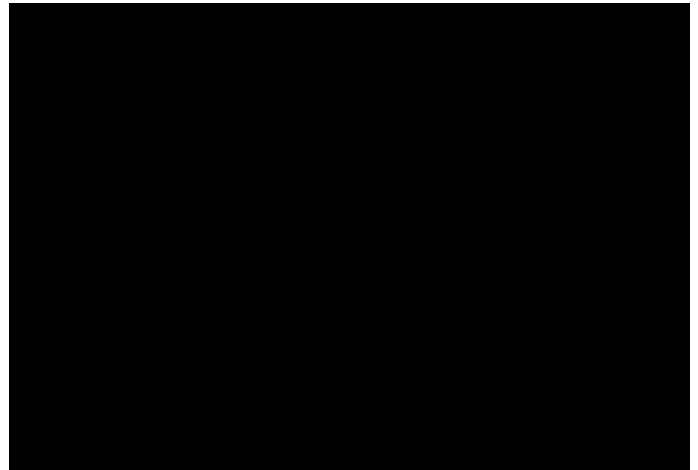
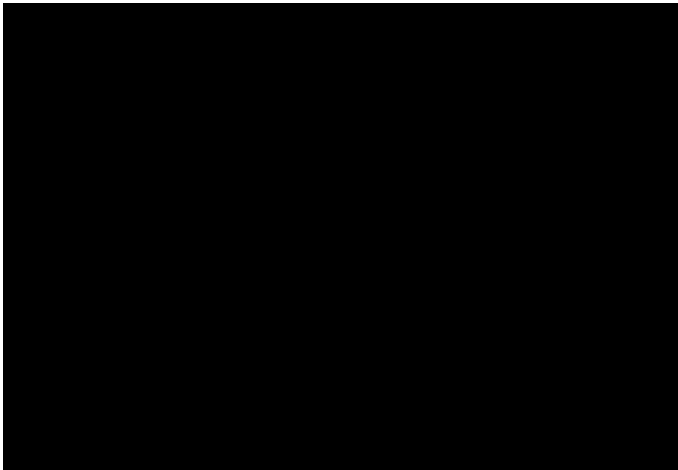
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 1991. Book of Standards. Designation D 4445-91. Stándar method for testing fungicides for controlling sapstain and mold on unsasoned lumber. Philladelphia. s/p.

BUTCHER, J. A.; DRYSDALE, J. A. 1974. Field trials with CAPTAFOL an acceptable anti-sapstain chemical. Forest Prod. J. 24(11):28-30

CASSENS, D. L. 1981. Fungicides to prevent sapstain and mold on hart wood lumber. Forest Prod. J. 31(9):39-42

CASSENS, D. L.; ESLYN, W. E. 1983. Field trials of chemicals to control sapstain and mold on yellow-poplar and southern yellow-pine lumber. Forest Prod. J. 33(10):52-56

ESLYN, W. E.; CASSENS, D. L. 1983. Laboratory evaluation of



selected fungicides for control of sapstain and mold on southern pine lumber. Forest Prod. J. 33(4):65-68

LAKS, P. 1993. Anti-sapstain efficacy of borates against *Aerobasidium pullulans*. Forest. Prod. J. 43(1):33-34

PEREDO, M. 1980. Determinación de la eficacia de algunos preservantes antimancha. Pub. Téc. N° 5. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Valdivia, Chile. 13 p.

PEREDO, M. 1989. El pentaclorofenato de sodio como preservante antimancha. Artículo Divulgativo. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Valdivia, Chile. 3 p.

TORRES, J. 1964. El azulado de la madera y su tratamiento. AITIM, Madrid. 63 p.

UNLIGIL, H. 1979. Laboratory screening test of fungicides of low toxic hazard for preventing fungal stain of lumber. Forest. Prod. J. 29(4):55-56

Figura 1. A) Probetas testigo, sin impregnar, al término de la 1ª semana. B) Probetas impregnadas con ácido bórico más bórax. C) Probetas tratadas con Osmotox® al término de la 4ª semana, D) Probetas tratadas con Busan 1009® al término de la 4ª semana.