

EFFECTIVIDAD DE SIETE PRODUCTOS ANTIMANCHA CONTRA *Ceratocystis* sp. EN MADERA DE *Hevea brasiliensis* MUELL ARG. (HULE)

M. Fuentes-Salinas; G. Espinoza-López; S. E. García-Díaz

División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Km. 38.5 Carretera México – Texcoco,
Chapingo, Estado de México. C. P. 56230 Correo-e: mariofusa@yahoo.com.mx

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el objeto de conocer la eficacia de siete productos antimancha que se comercializan en México, contra el hongo manchador *Ceratocystis* sp. en madera aserrada de *Hevea brasiliensis* (hule), mediante el método de los discos, conjuntamente con la norma ASTM D 4445-91. Los productos están elaborados a partir de pentaclorofenato de sodio, tres de ellos, siendo Osmotox, Pentatox y Biotox; tres más están hechos a base de metil bistiocianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol y son Busan 1009, Busan 1450 y Busan 1071, y el séptimo solamente contiene 2-tiocianometiltio benzotiazol, siendo el Busan 1118. La concentración mínima observada para evitar el manchado de la madera (crecimiento cero) en un tiempo de 4 semanas, para cada uno de los productos ensayados se obtuvo para Osmotox de 4.68 %, para Pentatox de 2.82 %, para Biotox de 3.24 %, para Busan 1118 de 2.00 % y para Busan 1009, Busan 1450 y Busan 1071 una concentración menor a 0.25%. Tomando en cuenta los precios comerciales de cada producto y de acuerdo con las concentraciones mínimas efectivas para crecimiento cero obtenidas, el tratamiento con Busan 1071 es el más económico y más efectivo.

PALABRAS CLAVE: preservación, pentaclorofenato de sodio, metilen bistiocianato, 2-tiocianometiltio benzotiazol.

EFFECTIVENESS OF SEVEN PRODUCTS ANTI-SAPSTAIN CHEMICAL AGENTS USED AGAINST *Ceratocystis* sp. IN LUMBER OF *Hevea brasiliensis* MUELL ARG. (RUBBER)

SUMMARY

This study was conducted to determine the efficiency of seven antisapstain products that are sold in Mexico to control the fungus that stains *Ceratocystis* sp. on lumber of rubber (*Hevea brasiliensis*), by means of the method of the disks jointly with the norm ASTM D 4445-91. Three of these products, Osmotox, Pentatox and Biotox, are made from sodium-pentachlorophenate, three more are made of methylene-bis-thiocyanate and 2-thiocyanomethylthio benzothiazole: Busan 1009, Busan 1450 and Busan 1071, and the seventh, Busan 1118, only contains 2-thiocyanomethylthio benzothiazole. The minimum effective concentration needed to prevent sapstaining for a four-week exposure to the chemicals was estimated to be 4.68 % Osmotox, 2.82 % Pentatox, 3.24 % Biotox and 2.00 % Busan 1118. In contrast, no sapstain occurred with methylene bistiocyanate and 2-thiocyanomethylthio benzothiazole, even with the smallest tested concentration; it is estimated that the concentration required is less than 0.25 %. Considering the commercial cost of each product and the lowest effective concentration for zero growth, Busan 1071 is the most economical and effective product.

KEY WORDS: preservation, sodium pentachlorophenate, methylene-bis-thiocyanate, 2-thiocyanomethylthio benzothiazole.

INTRODUCCIÓN

La madera de la especie *Hevea brasiliensis* (hule) por sus propiedades físicas y mecánicas, es muy apreciada en la elaboración de piezas de mobiliario como sillas y mesas. En México se usa en mangos de herramientas, juguetes, utensilios de cocina, pisos y molduras. Pero además puede emplearse en forma de combustible, para fabricación de papel y aglomerados (CMH-SAGAR, 2000).

De manera general, la madera es uno de los materiales más importantes que existen en la naturaleza, por poseer una gran variedad de propiedades que otros materiales no reúnen simultáneamente, como son: su alta resistencia mecánica a los impactos, a la flexión, a la tensión a la compresión y a la abrasión, así como una gran elasticidad, capacidad de aislamiento térmico y eléctrico, además de valiosas propiedades acústicas y una excepcional facilidad para ser trabajada. Pero su gran

desventaja es la susceptibilidad de ser atacada o deteriorada cuando está expuesta a condiciones óptimas para el desarrollo de agentes biológicos de deterioro, siendo la madera de *H. brasiliensis* (hule) una de las más susceptibles debido a su alto contenido de azúcares (Vázquez y Novelo, 1994; CCI, 1993).

Parte de esta desclasificación de la madera es causada por los hongos cromógenos, los cuales producen un manchado, siendo principalmente los géneros *Ceratocystis*, *Diplodia*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Graphium*, *Ophiostoma*, entre otros, los más importantes. Dicho ataque se conoce ampliamente en todo el mundo y se ha transformado en un importante factor de devaluación del producto, por presentar muchas veces un aspecto antiestético, lo que origina grandes pérdidas que van del 20 al 50 % y a veces hasta el 90 %, para los productores de madera y el comercio maderero en general, especialmente cuando se exige del producto una buena presentación (Peredo, 1980).

Para evitar la llamada "mancha azul", la madera después de su asierre suele someterse a un tratamiento de inmersión o aspersión con un producto fungicida a base de pentaclorofenato de sodio, más conocido como PCP-Na, el cual ha mostrado una buena eficacia a un costo razonable de tratamiento (Torres, 1964; Butcher y Drysdale, 1974; Peredo, 1989; Fuentes *et al.*, 1999).

Sin embargo, en los últimos años se ha manifestado una presión creciente por sustituir los productos fungicidas a base de PCP-Na por otros alternos que presenten menor riesgo, tanto para la salud como para el medio ambiente, por lo que un campo muy dinámico en la investigación sobre protección de maderas es el desarrollo de productos antimancha. De esas investigaciones se han logrado avances como los reportados por Butcher y Drysdale (1974); Unligil (1979); Peredo (1980); Erdoiza y Echenique (1980); Cassens (1981); Cassens y Eslyn (1983); Laks *et al.*, (1993); Dahlan *et al.*, (1994); Espinosa (1997); Xiao y Kreber (1997) y Mingliang *et al.*, (1998).

A la fecha, en México el producto que más se usa para el tratamiento de la madera contra el manchado es el pentaclorofenato de sodio, a concentraciones que van del 1 al 4 % sin diferenciar tipo de madera, ni especificar un nivel determinado, ni el porqué de esos niveles de concentración. No obstante, en ciertos casos se aplica el PCP-Na en mezclas 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 y ya se ha introducido al mercado nacional como producto antimancha otro compuesto a base de metil bistiocianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol, abreviados con las siglas MBT y TCMTB respectivamente. (Espinosa 1997).

Tomando en cuenta esos aspectos y que la madera de hule es una de las más susceptibles al manchado, en esta investigación se propuso evaluar la concentración mínima efectiva que inhiba el desarrollo del hongo cromógeno *Ceratocystis* sp. en madera de hule, para tres productos a base de PCP-Na, (Osmotox, Pentatox y Biotox), tres productos a base de metil bistiocianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol (Busan 1009, Busan 1450 y Busan 1071) y un producto a base de 2-tiocianometiltio benzotiazol, (Busan 1118), los cuales se comercializan en México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para determinar la concentración mínima efectiva, denominada concentración para crecimiento cero (C0) de cada uno de los siete productos, se utilizaron 360 piezas de madera sana de *Hevea brasiliensis* de 7 x 20 x 70 mm, siendo la dimensión mayor a lo largo de la fibra. Éstas se distribuyeron en 36 lotes de 10 muestras cada uno.

El hongo cromógeno de prueba base se identificó como *Ceratocystis* sp. cuyo inóculo fue originalmente extraído de piezas de madera manchada, siguiendo un procedimiento de inoculación y reislamamientos en un medio de cultivo de malta-agar hasta obtener el cultivo puro. De las colonias obtenidas se realizó un raspado para obtener una suspensión de peritecios, ascosporas 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, Biotox, Busan 1009, Busan 1450, Busan 1071 y Busan 1118, 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, se impregnaron las probetas de madera mediante vacío con una solución acuosa nutritiva de malta al 1 % de concentración, hasta lograr un contenido de humedad medio del 25 %. Posteriormente para las probetas a tratar con los productos a base de PCP-Na se procedió a una 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 2 discos de papel filtro remojados en agua destilada y dos soportes de vidrio para mantener la humedad durante el tiempo de incubación. Una vez colocadas las probetas tratadas en las cajas, éstas se esterilizaron a una presión de 1 kg/cm² y a una temperatura de 120 °C durante 20 minutos, siguiendo las indicaciones de la norma ASTM D 4445-91 (ASTM 1992) y adaptándose al procedimiento seguido por Peredo (1980, 1989).

Para el caso de las probetas a tratar con los productos a base de metil bisticianato y 2-tiocianometilitio benzotiazol (MBT y TCMTB), se realizó lo mismo pero invirtiendo el procedimiento, es decir, primero se realizó la esterilización y después se aplicó el tratamiento de inmersión, esto debido a que estos productos se descomponen al someterlos a temperaturas mayores a 100 °C. Hecho lo anterior, usando una pipeta de transferencia y bajo condiciones asépticas se aplicó a cada probeta colocada en las cajas 2.0 ml de solución de esporas, se sellaron las cajas y se colocaron en una cámara de incubación climatizada a una temperatura de 24 ± 3 °C durante un período de cuatro semanas, con 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, se realizó la evaluación con base en el porcentaje de superficie de madera manchada al término de cada semana y al final de las cuatro semanas, registrándose ese avance y correlacionándolo con el logaritmo de la concentración de fungicida, para así obtener la concentración cero que correspondería a la concentración efectiva inhibidora, tal como lo establece la norma ASTM D 4445-91 (ASTM 1992).

RESULTADOS

En relación a los resultados obtenidos en el ensayo, en la Figura 1 se muestran los estados de desarrollo del hongo *Ceratocystis* sp., después de cuatro semanas en cuatro de los ocho tratamientos realizados y 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.

Cabe aclarar que de las muestras testigo inoculadas con el hongo cromógeno *Ceratocystis* sp., al término de la primera semana presentaron un promedio de manchado del 93.6 %, el cual en el transcurso de la segunda semana alcanzó el 100 %, mostrando la agresividad del hongo y que las condiciones fueron las adecuadas para su desarrollo.

El porcentaje de manchado manifestado en las muestras se presenta también 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 intervalos de superficie manchada más que en valores numéricos específicos como se indica al pie del mismo Cuadro 2.

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 (C0), 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 con el logaritmo de las cinco concentraciones obteniendo los valores de los parámetros del modelo ajustado $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ para cada producto, donde Y corresponde al % de manchado y X al % de concentración de cada producto, obteniendo con ello los valores para crecimiento cero los cuales se presentan en el Cuadro 3.

Mediante el procedimiento seguido, es posible obtener valores para otros períodos de tiempo, como pueden ser

CUADRO 1. Avance promedio de 10 probetas del manchado en porcentaje por tipo de producto, concentración y tiempo de exposición.

Producto	Concentración (%)	1ª Semana (%)	2ª Semana (%)	3ª Semana (%)	4ª Semana (%)
OTX (OSMOTOX)	0.25	93.04	96.25	96.25	100.00
	0.50	66.25	83.39	87.50	96.79
	1.00	30.41	44.29	62.50	78.21
	2.00	3.21	8.21	10.71	27.68
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PTX (PENTATOX)	0.25	35.54	49.64	68.04	86.07
	0.50	35.18	48.21	67.14	81.79
	1.00	6.43	6.43	8.93	16.79
	2.00	0.00	0.00	0.00	2.86
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BTX (BIOTOX)	0.25	38.93	48.39	71.93	96.96
	0.50	35.36	39.64	67.14	75.18
	1.00	1.61	1.61	9.11	31.61
	2.00	0.00	0.00	0.00	12.86
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B-1009	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B-1450	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B-1071	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00
B-1118	0.25	30.36	44.29	62.86	86.96
	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00

CUADRO 2. Avance promedio en las 10 muestras del manchado por tipo de producto, concentración y tiempo de exposición, según criterio de Peredo (1980)*.

Producto	Concentración (%)	1 ^a Semana	2 ^a Semana	3 ^a Semana	4 ^a Semana
OTX (OSMOTOX)	0.25	+++	+++	+++	+++
	0.50	+++	+++	+++	+++
	1.00		++	++	++
	2.00	+	+	+	+
	4.00	-	-	-	-
PTX (PENTATOX)	0.25	++	++	++	++
	0.50	++	++	++	++
	1.00	+	+	+	+
	2.00	-	-	-	-
	4.00	-	-	-	-
BTX (BIOTOX)	0.25	++	++	+++	+++
	0.50	++	++	+++	+++
	1.00	+	+	+	++
	2.00	-	-	-	++
	4.00	-	-	-	-
B-1009	0.25	-	-	-	-
	0.50	-	-	-	-
	1.00	-	-	-	-
	2.00	-	-	-	-
	4.00	-	-	-	-
B-1450	0.25	-	-	-	-
	0.50	-	-	-	-
	1.00	-	-	-	-
	2.00	-	-	-	-
	4.00	-	-	-	-
B-1071	0.25	-	-	-	-
	0.50	-	-	-	-
	1.00	-	-	-	-
	2.00	-	-	-	-
	4.00	-	-	-	-
B-1118	0.25	++	++	+++	+++
	0.50	-	-	-	-
	1.00	-	-	-	-
	2.00	-	-	-	-
	4.00	-	-	-	-

(*) Determinación del grado de desarrollo según el siguiente criterio:

(-) No existe crecimiento del hongo de prueba en la superficie de la probeta.

(+) El hongo cubre una superficie inferior al 10 % de la superficie total de la probeta.

(++) El hongo cubre una superficie superior al 10 % e inferior al 50 % de la superficie total de la probeta.

(+++) El hongo cubre el 50 % o más de la superficie de la probeta.

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. Así, dichos valores para crecimiento cero se muestran en el Cuadro 4.

Por otra parte, para estimar el costo del tratamiento de un volumen y superficie de madera determinada, con

CUADRO 3. Concentraciones requeridas por producto para crecimiento cero (C0) y parámetros del modelo obtenidos a la cuarta semana.

Producto	Modelo	r	C0 %
Osmotox	$Y = 60.5 - 89.7 \text{ Log}(X)$	- 0.96	4.68
Pentatox	$Y = 37.5 - 83.7 \text{ Log}(X)$	- 0.93	2.82
Biotox	$Y = 43.3 - 85.4 \text{ Log}(X)$	- 0.98	3.24
Busan 1009	$Y = 0 - 0 \text{ Log}(X)$	0	< 0.25
Busan 1450	$Y = 0 - 0 \text{ Log}(X)$	0	< 0.25
Busan 1071	$Y = 0 - 0 \text{ Log}(X)$	0	< 0.25
Busan 1118	$Y = 17.4 - 58.0 \text{ Log}(X)$	- 0.71	2.00

CUADRO 4. Concentración para crecimiento cero (C0) para cada uno de los productos ensayados para períodos de protección de una a cuatro semanas

Producto	OTX	PTX	BTX	B-1009	B-1450	B-1071	B-1118
4 Semana	4.68	2.82	3.24	0.25	0.25	0.25	2.00
3 Semana	3.72	2.69	2.63	0.25	0.25	0.25	2.00
2 Semana	3.31	2.63	2.45	0.25	0.25	0.25	2.00
1 Semana	2.95	2.63	2.45	0.25	0.25	0.25	2.00

base a las diferentes concentraciones para crecimiento cero que registraron los productos antimancha evaluados, se tomó como referencia un volumen de 1000 pies tabla (2.360 m³) en piezas de 3/4" x 10" x 8', lo que representa 200 tablas con una superficie de 268.258 m² (1.341 m²/tabla).

La cantidad de solución gastada, es decir, la cantidad de solución que absorben 1000 pt de madera de hule durante 15 segundos, se obtuvo por diferencia de peso antes y después del tratamiento, siendo 15.86 litros. Con estos valores se obtuvo el costo del tratamiento para el volumen de referencia el cual se muestra en el Cuadro 5.

CUADRO 5. Concentraciones para crecimiento cero resultantes y costos de cada producto.

Producto	Concentración para C0 (%)	Costo del Tratamiento (1000 pt) en pesos
Osmotox	4.68	30.04
Pentatox	2.82	14.13
Biotox	3.24	19.60
Busan1009	< 0.25	6.59
Busan1450	< 0.25	8.00
Busan 1071	< 0.25	2.82
Busan 1118	2.00	77.63

DISCUSIÓN

La agresividad del hongo *Ceratocystis* sp. como causante del manchado de la madera verde de hule quedó

demostrada en el ensayo, tal como se muestra en la Figura 1A, 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 los productos a base de metil bisticianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol, con los cuales no se presentó manchado en ningún caso (Cuadro 1 y Figura 1B), aún para la concentración más baja, por lo que se deduce que la concentración mínima requerida para inhibir el desarrollo del hongo puede ser todavía inferior al 0.25 % que fue la mínima que se probó y aún inferior a 1 % la cual 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, los productos a base de pentaclorofenato de sodio, la concentración requerida para crecimiento cero varió de 4.68 % para Osmotox, 2.82 % para Pentatox y 3.24 % para Biotox, los cuales están por arriba del rango recomendado por los fabricantes. Asimismo a pesar que los tres productos manejan el mismo ingrediente activo, su efecto en la protección de la madera resulta diferente, siendo más efectivo el Pentatox, cuya concentración para crecimiento cero (C0) se ubica ligeramente superior al nivel máximo recomendado. Por el contrario el menos efectivo en este grupo fue el Osmotox con 4.68 % de concentración.

El hecho de que las concentraciones en general hayan resultado por arriba de las recomendadas para mantener protegida la madera, puede deberse a que se considera un período relativamente largo en la evaluación (cuatro semanas), pues el manchado fue gradual y creciente a medida que la concentración ensayada fue más baja y el tiempo transcurrido fue aumentando. En este caso debe considerarse que el ensayo se aplicó bajo condiciones de humedad constantes, situación que en la práctica es posible que no sea así, 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. Además, otra causa en la variación de las diferentes concentraciones para crecimiento cero obtenidas para estos tres productos, tiene que ver en cuanto a la cantidad de ese producto activo que cada empresa fabricante le designa a sus productos comerciales, lo cual causa que unos productos estén con un nivel de concentración más alto que otros, lo que a su vez los hace a unos más eficaces que a otros.

En todo caso, los valores aquí encontrados y bajo las condiciones ensayadas, garantizan la protección de la madera de hule 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.

Por otro lado en lo que se refiere al producto Busan-1118 a base de 2-tiocianometiltio benzotiazol, se aprecia aún a la primer semana de prueba un manchado en un 30 % de la superficie de las probetas, llegando hasta un 87 % al final de la cuarta semana, pero solamente en la concentración más baja (0.25 %). Estos resultados más bajos obtenidos con Busan-1118 en comparación con el resto de los productos Busan, se pudo deber a que Busan-1118 es un producto que solamente contiene 2-tiocianometiltio benzotiazol y no contiene metil bisticianato, el cual si contienen los productos Busan-1009, Busan-1450 y Busan-1071 (Ver Figuras 1C y 1D). No obstante, no debe olvidarse que a la concentración de 0.50 % se obtuvo una alta eficacia, ya que a las cuatro semanas no hubo manchado, lo que indica que esa concentración podría ser también adecuada en vez de la de 2.00 % que genera el análisis.

De lo anterior se deduce que los productos a base de metil bisticianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol son de mayor eficacia respecto a la concentración requerida para manchado cero, aún para períodos prolongados de exposición. Este hecho es muy importante ya que una de las tendencias mundiales es de sustituir los productos antimancha a base de pentaclorofenato de sodio por otros menos tóxicos para el ser humano y menos dañinos al medio ambiente, pero que demuestren su efectividad en la protección de la madera recién aserrada.

Tomando en cuenta los costos comerciales de cada producto antimancha y de acuerdo con las concentraciones mínimas efectivas resultantes en este ensayo, así como la cantidad de producto requerido para el tratamiento de un volumen determinado de madera, se encuentra al producto Busan-1071 como el producto más barato, pues aunque su costo comercial por unidad es intermedio en comparación con el resto de los productos ensayados, al ser utilizado a su concentración mínima efectiva, como ésta, es baja, el costo de tratamiento resulta ser bajo.

De manera general, los productos a base de pentaclorofenato de sodio, son más baratos en su presentación comercial que los productos a base de metil bisticianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol, pero como las concentraciones mínimas efectivas resultantes en este ensayo son más altas que la de los productos a base de metil bisticianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol (MBT y TCMTB), al ser utilizados en el tratamiento del mismo volumen de madera, los costos por tratamiento son más altos que los de los productos a base de MBT y TCMTB.

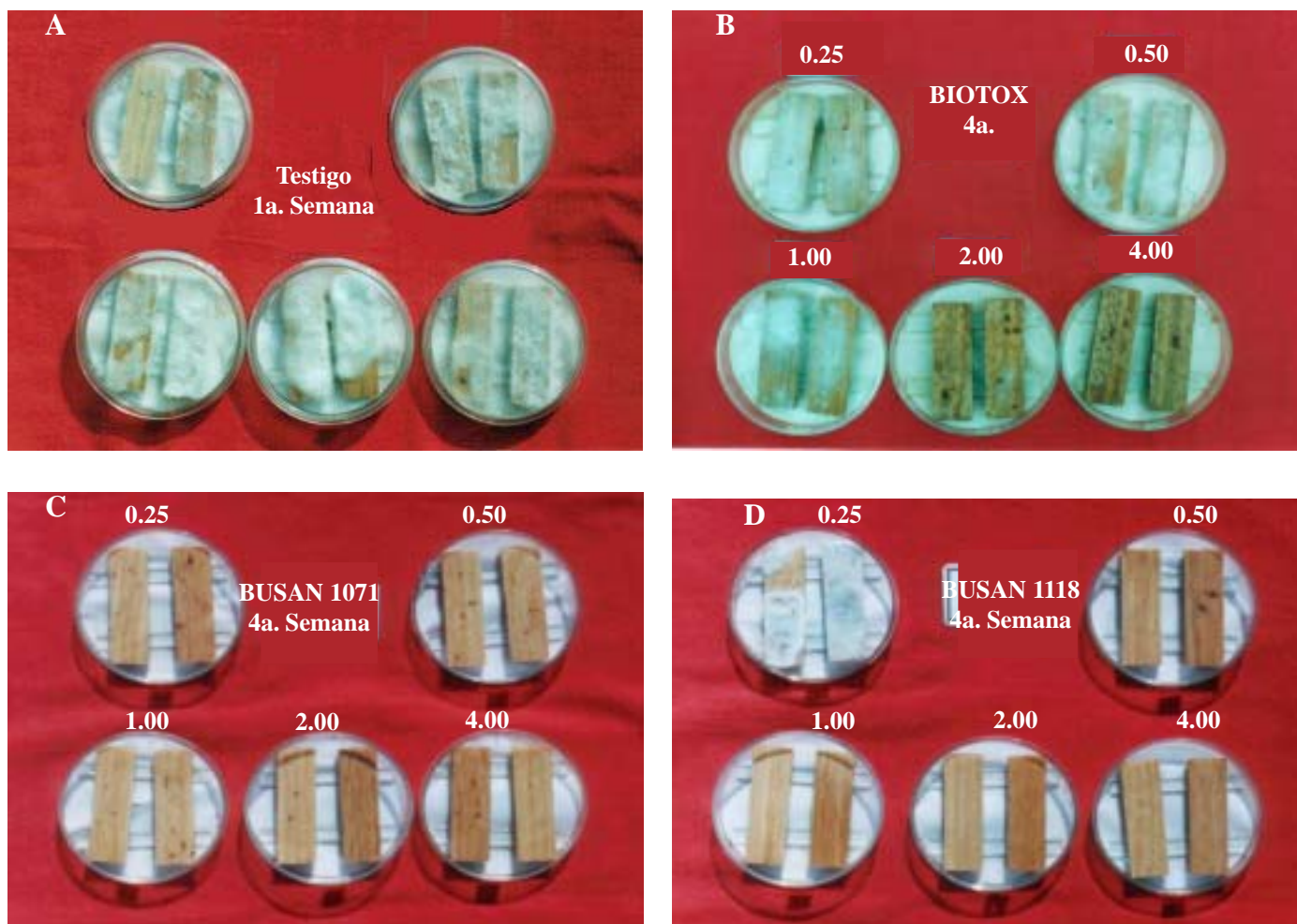


Figura 1. A) Probetas testigo, sin impregnar, al término de la primera semana, B) Probetas impregnadas con pentaclorofenato de sodio (Biotox), C) Probetas tratadas con metil bistiocianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol (Busan 1071); D) Probetas tratadas con 2-tiocianometiltio benzotiazol (Busan 1118).

CONCLUSIONES

El mejor grado de protección se logró con los productos a base de metil bistiocianato y 2-tiocianometiltio benzotiazol, (MBT y TCMTB), todos a concentraciones de 0.25 %, menor que la indicada por el fabricante.

Los productos a base de pentaclorofenato de sodio Osmotos, Pentatox y Biotox requirieron concentraciones de 2.82 hasta 4.68 % para crecimiento cero en un período de cuatro semanas de exposición.

El producto a base de tiocianometiltio benzotiazol requirió concentraciones de 2 % para poder lograr un crecimiento cero, según el modelo generado por la norma ASTM D 4445-91.

De acuerdo con la concentración mínima efectiva y el costo de mercado de los productos, el tratamiento con Busan 1071 resulta ser económicamente más barato que el tratamiento con el resto de los productos a base de metil

bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol, así como los productos a base de pentaclorofenato de sodio.

LITERATURA CITADA

- ASTM. 1992. Annual book of ASTM standards. Designation: D 4445-91. Standard method for testing fungicides for controlling sapstain and mold on unseasoned lumber (laboratory method). American Standard Testing Materials. American Society for Testing and Materials. Philadelphia. pp. 527-530.
- BUTCHER A., J.; A. DRYSDALE J. 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.; E. ESLYN W. 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.
- CCI. 1993. Madera del árbol gomero: Estudio de las posibilidades de su desarrollo en el mundo. UNCTAD/GATT. Centro de Comercio Internacional. Ginebra, Suiza. 109 p.

- CMH-SAGAR. 2000. Programa Nacional del Hule. Consejo Mexicano del Hule, A.C. - Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. México, D.F. 45 p.
- DAHLAN J., M.; T. HONG L.; A. MOHAMAD; H. H. WONG A. 1994. Preservation of rubberwood. Rubberwood processing and utilization. Forest Research Institute Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 85-103.
- ERDOIZA S., J. J.; R. ECHENIQUE-MANRIQUE. 1980. Preservación de madera de pino con sales de boro. La madera y su uso en la construcción. No. 4. INIREB, Xalapa, Ver. México. 17 p.
- ESPINOSA M., J. M. 1997. Eficacia de seis productos antimancha contra *Cladosporium sp.* en madera aserrada de *Pinus hartwegii*. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Méx. México. 112 p.
- FUENTES S., M.; J. M. ESPINOSA M.; S. E. GARCÍA D. 1999. Eficacia de seis productos antimancha, contra *Cladosporium sp.* en madera de *Pinus hartwegii*. Revista Chapingo (México). V(1): 91-95.
- LAKS E., P.; C. PARK G.; D. RICHTER L. 1993. Anti-sapstain efficacy of borates against *Aureobasidium pullulans*. Forest Prod. J. 43(1):33-34.
- MINGLIANG J.; T. HIGHLEY; L. FERGE; T. L. WOODS. 1998. Laboratory evaluation of chrolothalonil formulation for stain and mold control on rubberwood and maple. The International Research Group on Wood Preservation. Forest Product Laboratory. Madison. 6 p.
- PEREDO L., M. 1980. Determinación de la eficacia de algunos preservantes antimancha. Publicación Técnica No. 5. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 13 p.
- PEREDO L., M. 1989. El pentaclorofenato de sodio como preservante antimancha. Artículo Divulgativo. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 13 p.
- TORRES J., J. 1964. El azulado de la madera y su tratamiento. AITIM. Madrid, España. 63 p.
- UNLIGIL H., H. 1979. Laboratory screening tests of fungicides of low toxic hazard for preventing fungal stain of lumber. Forest Prod. J. 29(4):55-56.
- VÁZQUEZ S., L.; G. NOVELO G. 1994. Prueba de efectividad de 2 preservadores de madera. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos – Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto de Investigación No. 1. Puebla, México. 16 p.
- XIAO Y.; B. KREBER. 1997. Microscopic study on the effect of IPBC/DDAC on growth morphology of the sapstain fungus *Aphistoma piceae*. In: Biology and prevention of sapstain. Forest Products Society. Madison. pp. 71-74.