

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES

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

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE :

MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

GIL ESPINOZA LÓPEZ

Diciembre del 2002

Chapingo, Texcoco, Edo. de México.



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES



Bib. 98424

EFFECTIVIDAD DE SIETE PRODUCTOS ANTIMANCHA CONTRA

***Ceratocystis* sp. EN MADERA DE *Hevea brasiliensis* MUELL ARG.**

(HULE)

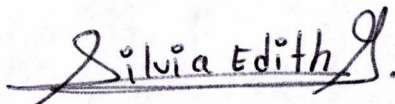
Tesis realizada por Gil Espinoza López bajo la dirección del Comité Asesor indicado,

aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS, EN CIENCIAS FORESTALES



DIRECTOR: M. C. MARIO FUENTES SALINAS



ASESOR: M. C. SILVIA EDITH GARCÍA DÍAZ



ASESOR: DRA. AMPARO BORJA DE LA ROSA

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la División de Ciencias Forestales, por darme la oportunidad de continuar en el largo camino de la superación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), por el apoyo económico sin el cual no hubiese sido posible la culminación de esta etapa de mi vida.

A el M. C. Mario Fuentes Salinas por el tiempo dedicado a la dirección, revisión, sugerencias, corrección y culminación del presente trabajo, así como por su amistad y apoyo.

A la M. C. Silvia E. García Díaz por todo el apoyo y sugerencias enfocadas al mejoramiento de este trabajo.

A la Dra. Amparo Borja de la Rosa por sus atinadas recomendaciones y revisión detallada de este documento, así como por el apoyo brindado durante toda mi estancia en la Universidad.

A mis familiares y amigos de quienes he recibido su amistad y ayuda, a quienes han sido parte de mi trascendencia en la vida y especialmente a quienes contribuyeron para la realización de este trabajo que modestamente pretende ser un estudio de investigación de tesis.

DEDICATORIA

A mis padres, por el cariño, apoyo y comprensión brindada.

A mis hermanos, por que me siento orgulloso de nuestra familia: ellos han sido y serán parte de mi vida y el recuerdo de nuestra niñez será el amor eterno que nos mantendrá unidos; porque siempre estarán conmigo.

A Leticia C. García Balderas con amor y respeto, por ser un bello compromiso el compartir nuestras vidas y por que nuestra relación será un testimonio permanente del entusiasmo con que afrontaremos los retos de la vida.

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor nació un 14 de enero de 1976 en Nanacamilpa de Mariano Arista, Tlaxcala; realizó los estudios de primaria y secundaria en la Col. Francisco I. Madero, perteneciente al mismo municipio. De 1991 a 1994 cursó la Preparatoria Agrícola en la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, Texcoco, Estado de México. De 1994 a 1998 en la División de Ciencias Forestales de la misma Universidad cursó la licenciatura, en donde en 1999 obtuvo su Título y Cédula Profesional como Ingeniero Forestal con Orientación en Industrias con el trabajo de Tesis: “Estudio de tiempos y rendimientos en las operaciones de abastecimiento forestal”, realizada en Acaxochitlán, Hidalgo.

De 1999 al 2001, se desempeñó profesionalmente con el puesto de confianza: Enlace “C”, en las oficinas centrales de la Dirección General de Programas Regionales perteneciente a la Subsecretaría de Desarrollo Rural de la Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, en México, D.F.

Del 2000 al 2002 cursó los créditos correspondientes a la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales en la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, en Texcoco, México.

Ha participado como ponente en congresos nacionales. Además de participar en talleres, cursos, proyectos y seminarios en el área forestal en general

RESUMEN

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

ESPINOZA LÓPEZ GIL

Diciembre del 2002

(Bajo la dirección del M. C. Mario Fuentes Salinas)

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 mas 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, se tiene que el tratamiento con Busan 1071 es el mas económico y mas efectivo.

Palabras clave: productos antimancha, *Ceratocystis*, *Hevea brasiliensis*, pentaclorofenato de sodio, metilen bistiocianato.

ABSTRACT

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

ESPINOZA LÓPEZ GIL

December 2002

(Under the direction of M. C. Mario Fuentes Salinas)

This study was conducted to determine the efficiency of seven antisapstain products that are sold in Mexico to combat a 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, Oxmotox, 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% Oxmotox, 2.82% Pentatox, 3.24% Biotox and 2.00% Busan 1118. In contrast, no sapstain occurred with methylene bisthiocyanate 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: antisapstain chemicals, *Ceratocystis*, *Hevea brasiliensis*, sodium pentachlorophenate, methylene-bis-thiocyanate.

CONTENIDO

	Pagina
APROBACIÓN DE LA TESIS DE GRADO	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
DATOS BIOGRÁFICOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
CONTENIDO	viii
INDICE DE CUADROS	xii
INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE ANEXOS	xvii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	4
2.1 Objetivo general	4
2.2 Objetivos específicos	4
3. REVISIÓN DE LITERATURA	5
3.1 El cultivo del hule	5
3.1.1 Distribución	5
3.1.2 Requerimientos para su cultivo	6

3.1.3	Existencias volumétricas	7
3.2	El cultivo del hule en México	9
3.2.1	Distribución	9
3.2.2	Fomento e importancia del cultivo	10
3.3	La madera de hule	14
3.3.1	Clasificación taxonómica	14
3.3.2	Características anatómicas	16
3.3.3	Características físico-mecánicas	18
3.3.4	Resistencia natural y biodeterioro	18
3.4	Hongos cromógenos	21
3.4.1	Descripción y clasificación	21
3.4.2	Efecto en la madera	23
3.5	Productos antimancha	29
3.5.1	Descripción	29
3.5.2	Estudios de efectividad	30
3.5.3	Métodos de tratamiento	40
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	43
4.1	Materiales	43
4.2	Métodos	44
4.2.1	Preparación de las probetas	45
4.2.2	Obtención y preparación del inóculo (hongo)	48

4.2.3	Preparación de los productos antimancha	53
4.2.4	Inoculación de las probetas	54
4.2.5	Testigo	56
4.2.6	Incubación y mantenimiento de las probetas	57
4.2.7	Toma de datos	58
4.2.8	Evaluación de los ensayos	58
4.2.9	Análisis de los resultados.....	59
4.2.10	Evaluación de los costos de tratamiento	60
5.	RESULTADOS	62
5.1	Testigo	62
5.2	Osmotox	63
5.3	Pentatox	67
5.4	Biotox	71
5.5	Busan 1009	75
5.6	Busan 1450	78
5.7	Busan 1071	81
5.8	Busan 1118	84
5.9	Avance del manchado	89
5.10	Costos de tratamiento	90
5.10.1	Para OTX	91
5.10.2	Para PTX	91

5.10.3 Para BTX	92
5.10.4 Para B-1009	92
5.10.5 Para B-1450	93
5.10.6 Para B-1071	93
5.10.7 Para B-1118	94
5.11 Comparación de los tratamientos	95
6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	98
6.1 Respecto al hongo de prueba	98
6.2 Respecto al método de ensayo	99
6.3 Respecto a la concentración para manchado cero	100
6.4 Respecto a los costos de tratamiento	104
6.5 Respecto al análisis de los resultados	106
7. CONCLUSIONES	107
8. RECOMENDACIONES	108
9. LITERATURA CITADA	109
10. ANEXOS	117

ÍNDICE DE CUADROS

No.		Página
1	Relación de productos antimancha utilizados en el ensayo	43
2	Porcentaje medio de manchado en las probetas testigo	62
3	Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con OTX por semana y concentración	63
4	Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con PTX por semana y concentración	67
5	Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con BTX por semana y concentración	71
6	Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1009 por semana y concentración	75
7	Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1450 por semana y concentración	78
8	Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1071 por semana y concentración	

	semana y concentración	81
9	Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1118 por semana y concentración	84
10	Concentración para crecimiento cero CO y concentración recomendada por los proveedores para cada uno de los productos ensayados	88
11	Avance del manchado por tipo de producto, concentración y tiempo de exposición	89
12	Concentraciones para crecimiento cero resultantes y costos de cada producto (\$/kg)	90
13	Costos de tratamiento de referencia para los productos ensayados	94
14	Análisis de varianza para los 31 tratamientos en la cuarta semana de ensayo.....	95
15	Prueba de Tukey, para medias de manchado por tratamiento, producto y concentración	96

ÍNDICE DE FIGURAS

No.		Página
1	Impregnación a vacío de probetas con extracto de malta al 1%	47
2	Esterilización de probetas a presión	47
3	Tratamiento de inmersión de probetas	48
4	Desinfección y lavado en hipoclorito de sodio de las piezas de madera con manchado	49
5	Técnica para obtener formación de estructuras reproductivas del hongo cromógeno en madera de hule	49
6	Crecimiento de peritecios en madera y medio de cultivo	50
7	Crecimiento de la colonia de <i>Ceratocystis</i> sp. a los 3 y 13 días de su transferencia	52
8	Preparación y envase de las diferentes concentraciones para cada producto antimancha	54
9	Inoculación de probetas	56
10	Cámara de incubación climatizada	57

11	Estado de las probetas testigo a la primera semana de inoculación	62
12	Por ciento de manchado de la madera tratada con OTX por concentración y semana de prueba	64
13	Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de OTX (según la norma ASTM D 4445-91)	65
14	Estado final de las probetas tratadas con OTX	66
15	Por ciento de manchado de la madera tratada con PTX por concentración y semana de prueba	68
16	Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de PTX (según la norma ASTM D 4445-91)	69
17	Estado final de las probetas tratadas con PTX	70
18	Por ciento de manchado de la madera tratada con BTX por concentración y semana de prueba.	72
19	Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de BTX (según la norma ASTM D 4445-91)	73
20	Estado final de las probetas tratadas con BTX	74
21	Por ciento de manchado de la madera tratada con B-1009 por	

	concentración y semana de prueba	76
22	Estado final de las probetas tratadas con B-1009	77
23	Porciento de manchado de la madera tratada con B-1450 por concentración y semana de prueba	79
24	Estado final de las probetas tratadas con B-1450	80
25	Porciento de manchado de la madera tratada con B-1071 por concentración y semana de prueba	82
26	Estado final de las probetas tratadas con B-1071	83
27	Porciento de manchado de la madera tratada con B-1118 por concentración y semana de prueba	85
28	Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de B-1118 (según la norma ASTM D 4445-91)	86
29	Estado final de las probetas tratadas con B-1118	87

ÍNDICE DE ANEXOS

No.		Página
1	Productos comerciales de donde se obtuvieron los fungicidas para el ensayo y la relación de claves utilizadas en el trabajo	117
2	Toma de datos de manchado por semana de todas las probetas para el tratamiento testigo	118
3	Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto OTX	119
4	Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto PTX	120
5	Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto BTX	121
6	Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1009	122
7	Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1450	123

8	Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1071	124
9	Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1118	125
10	Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto OTX	126
11	Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto PTX	127
12	Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto BTX	128
13	Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto B-1118	129

1. INTRODUCCIÓN

El hule natural se encuentra en el látex de aproximadamente 895 especies vegetales; sin embargo, *Hevea brasiliensis* Muell Arg. es la única especie de importancia económica a nivel comercial por sus niveles productivos y por sus características de su hule, materia prima muy necesaria para la industria, ya que se usa en la fabricación de gran cantidad de artículos esenciales para la vida moderna, como llantas, componentes de ingeniería y productos de látex (Picón *et al.* 1997).

En México la superficie plantada con hule es de alrededor de 19 mil hectáreas, siendo Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz los estados donde actualmente se tienen plantaciones de esta especie. La madera de 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).

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 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 (Vázquez y Novelo, 1994).

Parte de este deterioro biológico de la madera es causado por los hongos cromógenos, los cuales producen un manchado, siendo principalmente los géneros *Ceratocystis*, *Diplodia*, *Cladosporium*, *Altemaria*, *Graphium*, *Ophiostoma*, entre otros, los mas 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).

La solución más viable a este problema es la preservación de la madera, ya que esto permite prolongar la vida útil de aquellas especies que sean muy susceptibles al deterioro causado por los agentes biológicos. Cabe destacar la importancia que tiene la selección adecuada del método de tratamiento de preservación, así como el tipo de preservador, la penetración y la retención del mismo en la madera, todo lo cual está en función del uso final que se le vaya a dar a la madera.

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. Tomando en cuenta esos aspectos y que la madera de hule es una de las mas susceptibles al manchado, se realizó el presente estudio incluyéndose aparte del PCP-Na, los otros productos equivalentes que se comercializan en México.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general:

Conocer la concentración mínima efectiva que inhiba el manchado de la madera, de siete productos antimancha que se comercializan en México, usando como base madera de Hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg.

2.2 Objetivos específicos:

- Conocer la efectividad comparativa de los productos antimancha: a base de pentaclorofenato de sodio y metilenbistiocianato tiocianometiltiobenzotiazol.
- Determinar las dosis mínimas, para cada producto, que técnicamente inhiban el desarrollo del manchado por el hongo *Ceratocystis* sp., en madera de *Hevea brasiliensis*.
- Estimar el costo del baño antimancha que en base a la dosis mínima, represente el tratamiento con cada producto.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El cultivo del hule

3.1.1 Distribución

El *Hevea brasiliensis* es originario de la cuenca del río Amazonas en Brasil, a pesar de esto ha sido desarrollado principalmente en Asia, en donde actualmente se cuenta con el 91.3% de la superficie plantada a nivel mundial. África le sigue en importancia con el 6.2% y para el continente americano se tiene un 2.5%. Regionalmente destaca la posición del Sudeste Asiático que cuenta con el 84.2% de las plantaciones a nivel mundial, con las aportaciones de Indonesia, Tailandia, Malasia, Vietnam, Filipinas, Myanmar (antes Birmania), Camboya y el Sur de China. India y Sri Lanka en conjunto aportan el 7.1%; mientras que por África, se tiene una aportación del 4.9%, principalmente en Nigeria, Liberia y Zaire. La participación de América es mínima, destacando Brasil que aporta el 2.1%, mientras que Guatemala representa el 0.3% y México figura con el 0.1% de la producción mundial; dando esto una superficie plantada con hule de 9 millones de hectáreas a nivel mundial (IRSG, 1996).

El 99% del hule natural del mundo proviene de la especie *Hevea brasiliensis*, siendo la única de importancia económica a nivel comercial en la actualidad, tanto por sus altos niveles productivos y por las características de su hule, así como también por su

importancia en la protección ambiental y la obtención de madera de muy buena calidad (Picón *et al.* 1997).

3.1.2 Requerimientos para su cultivo

Según Webster (1989), el hule debe cultivarse entre los 10° de latitud norte y sur, con mayor producción entre los 6° latitud norte y sur, a una temperatura media anual de 28°C, considerando a las temperaturas óptimas de 26° a 30° C. Así mismo, Picón *et al.* (1997) menciona que la altitud óptima es de 200 m.

Respecto a la precipitación, en la publicación del Gobierno del Estado de Tabasco (1995) se menciona que el rango más recomendable es de 2,000 a 4,000 mm anuales con 100 a 150 días lluviosos por año y una distribución buena durante el año, sin una estación seca prolongada. Con respecto a los tipos climáticos, el hule obtiene un buen desarrollo en los denominados Am hasta los Aw según el sistema de clasificación de Koopen modificado por García. Además Aguirre (1996), recomienda evitar plantaciones en lugares donde los vientos superen los 60 kilómetros por hora, pues las ramas de los árboles se desgajan fácilmente.

El árbol del hule es una planta tropical de rápido crecimiento que prospera en una gran diversidad de ambientes; sin embargo, requiere una serie de condiciones ecológicas ideales para lograr desarrollo y rendimiento óptimos (Picón *et al.* 1997).

En lo referente a la topografía Picón *et al.* (1997), recomiendan evitar las pendientes pronunciadas, prefiriendo los terrenos casi planos o ligeramente ondulados, con pendientes de 0 a 12%. Deben descartarse los terrenos quebrados. Por otra parte, el árbol del hule requiere de suelos profundos (de 1 a 2 m) para un firme anclaje y un buen drenaje (no inundables), que no estén en partes bajas que se inunden durante la temporada de lluvias más de 50 cm. o que aflore el manto freático y que no se encuentren a la orilla de ríos que cambien constantemente de curso o se desborden. Cabe indicar que en relación a las características físicas y químicas de los suelos, Webster (1989) menciona que este cultivo prospera bajo los diferentes tipos de suelos ácidos existentes en el trópico húmedo, aunque su mayor desarrollo lo obtiene en los de una textura franca (migajón arcillo-arenoso), preferentemente suelos ácidos con pH de 4.0 a 5.9, siendo los suelos de tipo ferrosol, vertisol y plenosol los mas adecuados.

3.1.3 Existencias volumétricas

Las plantaciones de hule existen desde hace mas de cien años, y se encuentran en numerosos países tropicales. Esas plantaciones se utilizan principalmente para la producción de látex. Con pocas excepciones, como las de Malasia y Tailandia, la mayor parte de los países productores han desconocido en general las posibilidades que ofrecen esas plantaciones para la producción de madera.

La disponibilidad económica a corto plazo de madera del árbol del hule, de las plantaciones hoy existentes alrededor del mundo y en las condiciones actuales de infraestructura y régimen de la propiedad, se calcula en 39 millones de metros cúbicos por año, de los cuales 8 millones de m^3 serían trozas para aserrar. A largo plazo, para el año 2020, se prevé un aumento de las posibilidades de producción a 52 millones de m^3 anuales, de los cuales 14 millones de m^3 serían trozas para aserrar.

Por otra parte, el consumo actual de trozas de árbol del hule se calcula en 4.5 millones de m^3 anuales, siendo los principales productores Tailandia, Malasia, India, China, Indonesia, Sri Lanka y Viet Nam, donde la madera del árbol del hule representa un 2.4% del consumo total de madera de esos países. En algunas zonas, el árbol del hule representa la principal fuente de madera para la elaboración industrial. Alrededor del 57% de las trozas del árbol del hule económicamente útiles se emplean para aserrar y un 42% de la madera económicamente disponible en trozas pequeñas se destina a combustible. Cada año se utiliza aproximadamente 1 millón de m^3 de madera del árbol del hule para la producción de tableros. En la elaboración secundaria la principal utilización de la madera de este árbol se encuentra en la fabricación de muebles, debido a su solidez y a sus propiedades que facilitan el maquinado y la elaboración. Además la textura regular y el color de la madera del árbol del hule permiten teñirla y darle terminaciones que satisfacen variadas exigencias de mercado (CCI, 1993).

Con relación a los principales mercados para la madera del hule a nivel mundial, se encuentran Estados Unidos (39%), Japón (31%), Europa (13%), Provincia de Taiwán(11%), Republica de Corea (4%) y Singapur (2%) (CCI, 1993).

3.2 El cultivo del hule en México

3.2.1 Distribución

En México la superficie plantada con hule es de aproximadamente 18,595 hectáreas, de las cuales 10,595 están en desarrollo y 8,000 en producción; sin embargo se cuenta con un potencial aproximado de 250,000 hectáreas, con condiciones ecológicas adecuadas para el cultivo del hule en los Estados de Chiapas, Oaxaca, Tabasco y Veracruz (INIFAP, 1993).

Al respecto, Picón *et al.* (1997) indican que se ha incrementando el consumo del cultivo del hule de 23 mil toneladas en 1830 a poco mas de 119 mil toneladas en 1914. Así, las primeras plantaciones en México del cultivo se remontan a 1882 cuando compañías inglesas y holandesas las establecieron en los municipios de Tezonapa en Veracruz; Ojitlán y Santa Maria Chimalapa en Oaxaca y Tecpatán en Chiapas

Cabe indicar que la historia del árbol del hule en México se remonta hasta la época prehispánica, ya que los Olmecas y los Mayas lo utilizaban en sus juegos de pelota, sus vestimentas y otros usos, pero este hule lo obtenían del hule silvestre *Castilloa elastica* (Compagnon, 1998).

3.2.2 Fomento e importancia del cultivo

El fomento oficial para las plantaciones de hule en México, inició con el establecimiento en el año de 1942 del Campo Experimental El Palmar, en Tezonapa Veracruz, dependiente del Instituto de Investigaciones Agrícolas, que incluyó dentro de sus líneas principales de investigación al hule y con sus labores de promoción logró la plantación de 2,800 hectáreas hasta el año de 1950.

Posteriormente entre los años 1951 y 1960 la Comisión del Papaloapan dependiente de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, promocionó algunos cultivos introducidos entre ellos el hule, logrando que se establecieran 1,900 hectáreas en la zona del Bajo Papaloapan. Durante el período de 1961 a 1970, el Instituto Mexicano del Café como órgano de la mencionada Comisión, creó un programa de diversificación de líneas entre las que destacaba el hule como cultivo alternativo para las regiones tropicales del país, financiando el establecimiento de alrededor de 7,000 hectáreas.

Así en 1978 se creó el Fideicomiso del Hule (FIDEHULE), dependiente del Banco de Crédito Rural (BANRURAL) que fue fundado para la investigación y el financiamiento del cultivo, la industria y la comercialización del hule. Hasta finales de 1992, este fideicomiso logró el establecimiento de 23,000 hectáreas de las cuales persisten actualmente alrededor de 9,000 hectáreas. Desgraciadamente, la mayor parte de las plantaciones se realizaron en módulos pequeños de 2 a 5 hectáreas, dispersos, alejados de los beneficios y sin aplicar la tecnología apropiada, lo que ha repercutido negativamente en la productividad de las mismas.

Recientemente, el Gobierno Federal ha instrumentado un programa de estímulos para el establecimiento y mantenimiento de plantaciones denominado Programa para el Desarrollo de Plantaciones Forestales Comerciales conocido como PRODEPLAN, dentro del cual ya se han otorgado apoyos a plantaciones de hule.

Por su parte, FIRA ofrece crédito en apoyo a las inversiones productivas de la cadena productiva del hule y otorga otros apoyos en transferencia de tecnología, información especializada, servicios de garantía y de capacitación que se requieren para generar seguridad, rentabilidad y sostenibilidad en los proyectos de inversión (FIRA, 1998).

Más recientemente, en 1993 se creó el Consejo Mexicano del Hule (CMH), como órgano descentralizado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH) que hasta la fecha realiza el fomento de este cultivo con la participación de diversas

instituciones y organizaciones involucradas en esta línea de producción. El CMH generó el Programa Nacional de Hule que tiene como objetivo promover el establecimiento de plantaciones de hule para lograr la autosuficiencia nacional en hule natural en el mediano plazo y, en un horizonte más amplio, lograr que se obtengan excedentes de producción para su exportación al mercado externo.

Para lograr lo anterior, se creó un esquema de financiamiento para plantaciones de hule que reconoce las particularidades del cultivo como su largo plazo de maduración y considera una superficie máxima a plantar de 2-5 hectáreas por beneficiario. El esquema de apoyos contempla, a través de los gobiernos de los estados, la producción de planta de hule de calidad para su entrega gratuita a los interesados, y el otorgamiento de estímulos económicos directos durante los primeros tres años de mantenimiento de las plantaciones, así como cursos de capacitación a los productores.

Este Programa Nacional del Hule se ubica como uno de los componentes dentro de los Programas de Desarrollo Rural, considerados en la Alianza para el Campo desde su creación en 1996. Para llevar al cabo la instrumentación del Programa, se deben formalizar unos Anexos Técnicos, en los cuales se establecen los objetivos por alcanzar con la operación del Programa en cada Estado participante (CMH-SAGAR, 2000).

Actualmente el INIFAP como parte de su investigación que realiza, está impulsando un programa denominado "Proyecto Estratégico Nacional de Hule" con el objetivo de

generar la tecnología adecuada que de soporte a un programa de desarrollo, para lograr la autosuficiencia en la producción de hule natural; fijándose como meta a largo plazo generar tecnología propia y eficiente para el cultivo del hule y la industrialización de sus derivados. Las líneas de acción que tiene en este proyecto son: Mejoramiento Genético, Agronomía, Fisiología, Biotecnología, Tecnología de la Madera, Protección, Difusión y Transferencia de Tecnología.

Desde el punto de vista económico y estratégico, el cultivo del *Hevea brasiliensis*, es una actividad que requiere desarrollarse, ya que México se ve en la necesidad de importar el 90% del hule natural que consume, lo que a precios actuales representa la salida de divisas por mas de 430 millones de dólares anuales solo en su presentación como materia prima (hule natural), sin considerar la importación de productos de hule procesados. Además de ser un cultivo que representa una de las mejores opciones para el trópico húmedo de México, por su capacidad de reforestar productivamente las selvas que han venido siendo perturbadas por el hombre, así como permitir el arraigo del campesino a su tierra, al brindarle ingreso y ocupación durante los más de 30 años de vida productiva del árbol (referido al periodo de producción de látex, cuya extracción resulte económicamente rentable) para que posteriormente pueda ser objeto de aprovechamiento maderable, lo que implica ingresos adicionales (CMH-SAGAR, 2000).

3.3 La madera de hule

3.3.1 Clasificación taxonómica

El género *Hevea* pertenece a la familia *Euphorbiaceae* (Aguirre, 1996). Respecto a la clasificación taxonómica del *Hevea*, Compagnon, Park y Hoffman (1998), describen la siguiente:

REINO: *Vegetal*

DIVISIÓN: *Anthophyta*

CLASE: *Dicotyledoneas*

FAMILIA: *Euphorbiaceae*

GÉNERO: *Hevea*

ESPECIE: *Hevea brasiliensis* Muell Arg.

Con relación a las características botánicas de esta especie, en la publicación del Gobierno del Estado de Tabasco (1995) y Picón *et al.* (1997), mencionan que el sistema radicular se compone de una raíz principal pivotante con una longitud de 2.5 a 3.5 m., las raíces laterales miden de 7 a 10 m. La corteza del tallo es el grupo de tejidos de mayor importancia en el árbol, ya que de ésta se obtiene la mayor producción de látex.

Por otra parte, las hojas crecen en forma de brotes periódicos, acompañados de la formación de ciclos de hojas, las cuales al caer dejan pequeñas cicatrices en el tallo. Cada uno de los ciclos de hojas forman los nudos del tallo, con sus respectivos entrenudos que varían según el clon. En cada ciclo, las hojas tiernas se encuentran en posición colgante, con una coloración bronceada-rojiza; a medida que maduran incrementan su tamaño, se tornan de color verde y al final quedan en posición horizontal; cuando alcanzar su madurez y empiezan a jugar un papel importante en la fotosíntesis, el botón apical se vuelve turgente y cambia de color café a verde brillante, lo cual indica el inicio del nuevo brote.

Respecto a su arreglo y estructura, Aguirre (1996) menciona que las hojas se distribuyen en espiral, son trifoliadas y dentro de los brotes las más viejas son más grandes y con pecíolos más largos que las del final; el pecíolo mide de 2 a 70 cm de largo, aunque su tamaño más común es de 15 cm; los folíolos varían en su forma de elípticos a ovados; son enteros con base aguda y ápice acuminado, de color verde oscuro en el haz y verde pálido y glaucos en el envés. La lámina foliar mide de 4 a 50 cm de largo y de 1.5 a 15 cm de ancho.

Las flores nacen en panículas axilares y son ligeramente pubescentes sobre la parte basal de los nuevos brotes. Son pequeñas, aromáticas, unisexuales y con pedúnculos cortos; las femeninas son de mayor tamaño que las masculinas y se encuentran en la parte terminal de las ramas laterales de la inflorescencia, miden 8 mm de largo con un disco

en la base; el ovario es ligeramente pubescente y tiene tres estigmas blancos ligeramente sésiles. Las flores masculinas son más numerosas y más pequeñas que las femeninas, miden 5 mm de largo con 10 anteras sésiles, dispuestas en dos círculos superpuestos con cinco anteras por círculo, adheridos sobre una columna delgada; para ambos tipos de flores, el cáliz es amarillo, en forma de campana, con cinco lóbulos triangulares; carece de pétalos.

Con relación a los frutos, éstos son cápsulas grandes comprimidas, trilobuladas de 7 a 12 cm de diámetro, con una semilla por carpelo, el mesocarpio es delgado y coriáceo; el endocarpio, leñoso y la dehiscencia, explosiva. Las semillas son grandes, ovoides, ligeramente comprimidas, brillante de color café con manchas oscuras alargadas, de 2 a 3 cm de largo y de 1.5 a 3 cm de ancho y tiene un peso de entre 4 a 6 g (Aguirre, 1996).

3.3.2 Características anatómicas

Según Delabarre *et al.* (1995), la madera del árbol del hule presenta las siguientes características anatómicas: albura no diferenciada, color amarillo-blanquecina cuando está fresca y adquiere un color rojizo o café claro con matices rosáceos cuando pierde humedad, textura de moderadamente gruesa a gruesa, vetas rectas o entrelazadas, durabilidad baja y es fácilmente atacada por insectos y hongos (mancha azul).

En apariencia la madera es porosa, el tamaño de los poros va de mediano o grande. Los vasos son grandes, poco abundantes se encuentran en forma solitaria o en grupos radiales de 2 a 4. El análisis microscópico revela que los vasos tienen un diámetro tangencial arriba de 200 micras y aisladamente ocupan de 3 a 4 mm². El parénquima de la madera es abundante y visible a simple vista apareciendo en estrechas e irregulares bandas de dos células.

La longitud media de la fibra es de 1.189 mm. Los valores mínimos y máximos de la longitud de fibra son relativamente altos, comparándolos con otros árboles, de rápido crecimiento como el *Eucaliptus spp*, *Gmelina arborea*, etc. Esto significa que la madera del árbol del hule posé mejores propiedades de resistencia para pulpa y papel, que otras especies tropicales de madera dura. La longitud de la fibra incrementa desde la medula hacia la periferia aunque algunas tendencias decrecientes se registran cerca de la corteza. El porcentaje de contenido de fibra no registra variaciones significativas ya sea desde la parte interior hasta la corona o desde la médula a la periferia.

Con relación a la proporción de elementos celulares, Picón *et al.* (1997), menciona que la madera de hule presenta un 58% de fibras, 8.5% de vasos, 22% de rayos y 11.5% de parénquima.

3.3.3 Propiedades físico-mecánicas

Respecto a las propiedades físico-mecánicas de la madera de hule, el CMH (2000) reporta una densidad de 560-640 kg/m³ a un 16% de contenido de humedad, una contracción tangencial parcial de 1.2% y una contracción radial parcial (al 16% de CH) de 0.8%; una dureza de 443.7 kg; un módulo de ruptura y un módulo de elasticidad al 12% de contenido de humedad de 673 kg/cm² y de 98.940 kg/cm² respectivamente.

Así mismo, las propiedades de compresión y flexión estática de la madera del *Hevea*, la hacen muy recomendada para la elaboración de piezas de mobiliario como patas de sillas y los marcos de los asientos, que están sometidos a estos esfuerzos. Por su dureza, se considera una madera mas dura que el pino, y un poco mas suave que el encino, cualidad que la hace favorable para emplearse en pisos de madera.

3.3.4 Resistencia natural y biodeterioro

En relación a la resistencia natural de la madera de hule, Sekhar (1989) menciona que ésta es fácilmente deteriorada o degradada por agentes bióticos tales como hongos, termitas y otros insectos. Reporta a los hongos basidiomicetes tales como *Lenzites palisotii*, *Ganoderma applanatum*, *Trametes corrugata*, *Polyporus zonklis*, *Lentinus*

blepharods, *Schizophyllum commune* y *Fomes senex*; como pudridores de troceria almacenada.

Por su parte Rodríguez (1993), comenta que en México se han podido identificar a los siguientes patógenos en el árbol del hule: *Helminthosporium* sp., *Phyllosticta* sp., *Microcyclus ulei* que afectan al follaje; *Corticium salmonicolor*, *Phytophthora* sp. y *Diplodia theobromae* de las ramas; *Helicobasidium* sp en la raíz y *Fusarium* sp. y *Ceratocystis fimbriata* de los tableros de pica. También se han identificado *Ascochyta heveae*, *Corynespora cassiicola*, *Guignardia heveae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Elsinoe heveae*, *Periconia manihoticola* y *Cephaleuros virescens*.

Así mismo, el Centro de Comercio Internacional (CCI, 1993), menciona que la madera del árbol del hule es atacada fácilmente por los hongos y la barrenilla, lo cual puede deberse en parte a su alto contenido de azúcar; por lo que se debe proporcionar un tratamiento de protección para evitar el azulado.

A este respecto Picón *et al.* (1997), indica que en los tableros de pica ubicados de este a oeste están expuestos a los rayos solares, lo que disminuye la humedad y la presencia de enfermedades como el pudrimiento mohoso causado por *Ceratocystis fimbriata*, el cual puede dispersarse por el viento, la cuchilla de pica e incluso por insectos pertenecientes al género *Xyleborus*.

El FIRA (1998), reporta que las plagas y enfermedades que afectan al cultivo del hule deben ser consideradas como un factor sumamente importante en el desarrollo de las plantaciones. Así mismo, menciona que dentro de las enfermedades mas comunes que se presentan en el árbol del hule esta el daño causado por *Ceratocystis fimbriata*, el cual afecta a los tableros de pica, provocando problemas en la regeneración de corteza.

Según el Consejo Mexicano del Hule (2000), reporta como plagas que atacan al árbol del hule a las siguientes: catarina o doradilla (*Diabrotica* spp.), grillos (*Gryllidae* sp.), pulgones (*Aphis* sp.), gusano de cuerno (*Erinnys ello*), hormiga arriera (*Arriera Atta*), termitas (*Coptotermes* sp. o *Neotermes* sp.), gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), tuza (*Geomys mexicana*), trips (*Scirtotrips dorsalis*), barrenadores (*Xyleborus* sp. y *Platyphus* sp.), escamas (*Saissetia nigra*) y curculionidos (coleópteros).

Así mismo, dentro de las principales enfermedades foliares del árbol del hule se encuentran la enfermedad sudamericana de la hoja (*Microcylus ulei*), *Phytophthora* (*P. botryosa*, *P. capsici*, *P. citrophthora*, *P. palmívora*), *Drechslera heveae*, *Corynespora cassiicola*, *Guignardia heveae*, *Elsinoe heveae*, *Phyllacora huberi*, *Periconia manihoticola*, *Ascochyta heveae*, *Sphaerella heveae*, *Cephaleuros mycoidea*, *Pseudomonas* sp. y *Oidium heveae*.

Por otra parte, las enfermedades que atacan el tronco, las ramas y el sistema radicular son el pudrimiento mohoso (*Ceratocystis fimbriata*), gangrena rayada (*Phytophthora*

palmívora), parche gangrenoso (*Phytophthora palmívora*), enfermedad rosada (*Corticium salmonicolor*), muerte descendente (*Botryodiplodia theobromae*, *Phytophthora* sp., *Diplodia* sp., *Colletotrichum* sp.), liber moreno, pudrición blanca (*Rigidoporus fignosus*), pudrición café (*Phellinus noxius*), pudrición negra (*Xilaria thwatesii*) y pudrición roja (*Ganoderma pseudoferrum*).

3.4 Hongos cromógenos

3.4.1 Descripción y clasificación

Los hongos son formas inferiores de plantas carentes de clorofila que viven en forma saprofita o parásita por su incapacidad de producir por sí solos sus alimentos. La característica mas importante de este grupo es que crecen por micelio y se reproducen mediante esporas. La constitución de los hongos es relativamente simple. El cuerpo fructífero se compone de células individuales llamadas hifas que en conjunto forman el micelio.

Los hongos que destruyen la madera se pueden clasificar en tres grupos: mohos de humedad, hongos cromógenos y hongos xilófagos. Los hongos cromógenos incluyen todos aquellos hongos capaces de producir cambio de coloración en los tejidos de la madera o manchas biológicas (cromo → color y geno → producir), los cuales

pertenece a los ascomycetes y deuteromycetes, siendo los géneros más representativos *Ceratocystis*, *Ophiostoma*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Diplodia*, *Graphium*, *Yormodendrum*, *Trichoderma*, *Hormonema*, entre otros (JUNAC, 1988).

La decoloración o manchado de la madera por hongos se define como el color anormal que adquiere la madera, las coloraciones varían de azul, negra, café, gris, verde, etc., predominando el color azul, de ahí el término "azulado" o manchado de la madera. Este color diferente o anormal en la madera se debe a que estos hongos poseen hifas pigmentadas, las cuales en sí no cambian el color de la madera a azul, sino que se trata de un fenómeno de refracción al pasar la luz sobre las hifas que crecen dentro de las células de la madera.

Por su parte Marmolejo (1991), menciona que muchas especies de hongos lignícolas adscritas a los ascomycetes y deuteromycetes son responsables de un manchado azul de la madera. Indica que, en patología forestal se entiende por manchado azul a la presencia en la albura de la madera de una coloración azul a gris oscura ocasionada por hongos, llamados hongos manchadores.

Referente a esto, Strong *et al.* (1997), mencionan que existen tres grupos de hongos que atacan la madera recién aserrada, estos son: el primer grupo son los hongos Ophiostomatoideos, que incluyen especies tales como *Ceratocystis*, *Ophiostoma* y *Ceratocystiopsis*, los cuales manchan la madera penetrando sus hifas dentro de los rayos

y traqueidas; el segundo grupo son las levaduras tales como *Hormonema dematoides*, *Aureobasidium pullulans*, *Rhinoctadiella atrovirens* y *Phialophora* spp., estos hongos causan manchado superficial en la madera y el tercer grupo lo componen los hongos que causan moho, tales como *Alternaria alternata*, *Cladosporium sphaerospermum*, *Penicillium* sp. y *Trichoderma* sp., de los cuales algunos producen abundantes conidios. manchan la superficie de la madera y causan decoloración en la albura.

3.4.2 Efecto en la madera

Los hongos cromógenos cambian el color natural de la madera afectando su apariencia estética, por lo que pueden reducir el valor de la madera aserrada o del producto terminado sobre todo cuando debe tener un acabado claro o natural y más si se trata de muebles finos. En ocasiones el cambio de color la hace inaceptable para ciertos productos específicos tales como cerillos de madera, palillos de dientes, abatelenguas. palillos para paletas, recipientes para envasar alimentos, etc. por lo que estas industrias deben tener un control estricto de calidad, debido a que estos materiales no pueden contener productos químicos, ya sea porque van a estar en contacto directo con el hombre o por el riesgo de alguna reacción con fuego, como en el caso de los cerillos. Se han realizado en todo el mundo diversas investigaciones tendientes a determinar el efecto de la mancha azul sobre las propiedades mecánicas de la madera. Aunque los hongos cromógenos no atacan la pared celular de los tejidos que componen la madera, se

ha comprobado que cuando el manchado es abundante y extenso puede disminuir la resistencia a la flexión, compresión e impacto, afecta la velocidad de secado, hay mayor susceptibilidad a la pudrición. En madera destinada a la producción de pulpa, la mancha ocasiona mayor consumo de reactivos de blanqueo y disminución en la calidad de la celulosa cuando el proceso es mecánico. La permeabilidad de la madera al agua de lluvia y los preservadores hidro y oleosolubles se incrementa significativamente.

Por otro lado Boyce (1961), reporta como hongos que manchan las maderas a: *Endoconidiofora*, *Alternaria*, *Diplodia*, *Graphium*, *Leptographium*, *Sclerophoma*, *Hormodendrom*, *Sphaeropsis*, *Trichosporium*, *Cadophora*, *Penicillium*, *Trichoderma*, *Gliocladium*, *Cytospora* y *Geotrichum*. Así mismo, Hepting (1971), reporta los siguientes géneros: *Graphium*, *Ceratocystis*, *Penicillium*, *Geotrichum*, *Monilia*, *Fusarium*, *Hansenula*, *Trichoderma*, *Torula* y *Ascocybe*.

Respecto a los tipos de manchado, Butin (1965), los clasifica dependiendo del tiempo en que aparezcan en la madera, además cada uno de estos tipos es ocasionado por un grupo característico de hongos y son: a) Manchado del fuste (manchado primario), éste se presenta en árboles recién cortados, los ascomicetos y deuteromicetos son los responsables de este tipo de manchado, dispersándose sus esporas por escarabajos descortezadores y ambrosiales; b) Manchado de la madera aserrada (manchado secundario), éste se presenta después del aserrío de las trozas, aquí varios deuteromicetos son los responsables de este tipo de manchado, dispersándose sus

esporas por medio del viento y c) Manchado de la madera en uso (manchado terciario), éste se presenta sobre madera ya procesada, siendo los principales responsables de este tipo de manchado *Aureobasidium pullulans* y *Clerophoma pithyophyla*.

Por otra parte, Salinas (1974), reporta a *Mucor*, *Altemaria* y *Penicillium* como responsables de distintos tipos de manchado en maderas de empaque. Indica las condiciones para que los hongos se establezcan en la madera, entre las que figuran la temperatura, humedad relativa, ventilación e iluminación, incluyendo también el tipo de almacenamiento, presencia de corteza en las trozas antes de ser aserradas y procedimiento de secado. Menciona también la importancia de la presencia de éstos hongos y los problemas que derivan cuando atacan a frutas almacenadas o transportadas. Sugiriendo algunas recomendaciones a fabricantes de cajas de empaque para que prevengan el ataque de hongos manchadores de madera.

Así mismo, Pinzón y Echenique (1976), mencionan que para que la madera sea atacada por hongos manchadores, se necesitan las siguientes condiciones: un contenido de humedad de la madera entre un 20 y 50 % de su peso anhidro, cantidad de agua necesaria para el transporte de exoenzimas fungicidas; aireación adecuada de la madera entre 50 y 80 % de su espacio libre total (porosidad); temperatura de 20 a 36°C; sustancias alimenticias contenidas en la madera y un pH entre 4.5 y 5.5.

La mancha azul según Aguirre y Alvarado (1983), se presenta en la albura de confieras y latifoliadas y se atribuye a los hongos ceratostomáceos, dentro de los cuales el principal causante es *Ceratocystis* spp. En una evaluación realizada sobre la incidencia de la mancha azul en madera aserrada en la región de El Salto, Dgo., encontraron una alta incidencia de mancha azul, la cual refieren se debió principalmente a la falta de planeación en las operaciones de extracción de la madera, y por la falta de organización en los patios de trocería, lo que provoca una pérdida económica en la demanda de la madera de aproximadamente un 10%.

Por su parte, Osorio (1985), realizó una colecta de piezas de madera de *Pinus radiata* manchadas y con cuerpos fructíferos de hongos en la Provincia de Valdivia, esto para identificar al hongo causante del manchado. Para ello, realizó aislamientos e inoculación en probetas de madera de *P. insignis* determinando al hongo presente mediante el uso de las claves y descripciones señaladas por Hunt, (1956) y Griffin (1968), y posteriormente se verificó con la clave y descripción señalada por Upadhyay (1981), llegando a la conclusión de que el hongo causante del manchado es *Ceratocystis pilifera*. Finalmente realiza una descripción del estado perfecto y el estado conidial tanto en colonias desarrolladas en medio de cultivo, en madera colectada en el terreno y en las colonias desarrolladas en las maderas inoculadas con este hongo.

Posteriormente, Butin y Peredo (1986), mencionan que el género *Ceratocystis* spp. es causante de azulado o mancha azul en la madera de gran importancia económica en

Pinus sp. Presentan la descripción, hospedantes, distribución, sintomatología, prevención y control de una serie de especies causantes de manchado, tales como *Ceratocystis araucariae*, *Ceratocystis piceae*, *Ceratocystis pilifera*, entre otros.

Por otro lado, Sánchez y Gallegos (s/f), realizó una colecta de maderas manchadas en el estado de Michoacán y posteriormente mediante aislamientos de hongos encontró los siguientes géneros presentes: *Ceratocystis*, *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhinocladiella*, *Gliocephalotrichum*, *Rhizopus*, *Stachylidium*, *Verticillium*, *Basidiobotris*, *Alternaria*, *Chaetopsis*, *Chloridium*, *Dendryphon*, *Cladosporium*, *Aplographium*, *Sphaeronaema*, *Arthrobotrys*, *Ambloyosporium*, *Leptographium*, *Verticicladiella*, *Spegazzinia*, *Phialophora*, *Gonatobotrium*, *Odeocephalum*, *Spilocaea*, *Hyalodendron*, *Polyporus* y *Stereum*.

Con esto, lograron identificar 28 géneros de hongos, de los cuales 26 pertenecen a la clase deuteromycetes, 1 a los ascomycetes y 2 a los basidiomycetes. Menciona al género *Ceratocystis* presente en un 50% de las muestras, por lo que se le considera el mas frecuente siguiéndole *Trichoderma* y *Penicillium*. Respecto a los colores de manchado encontró azul, negro, verde, amarillo, blanco y café ferruginoso.

Por otro lado, Karunaratne (1993) y Lampila (1993), mencionan que la madera recién aserrada se debe tratar con un producto antimancha para evitar el ataque de hongos. Además después de secarse se debe aplicar un insecticida para protegerla de los insectos.

Así mismo, Thaipetch (1993), reporta que en Tailandia los tratamientos de preservación a la madera de hule se deben hacer inmediatamente después de derribar los árboles de la plantación o aserrarlos y antes de ser secada la madera, esto debido a que se produce un cambio de coloración de blanco a azulado.

Por su parte, Dahlan *et al.* (1994), Hallet (1993) y Hong (1993) mencionan que la madera de hule recién aserrada es muy susceptible al ataque de hongos manchadores e insectos barrenadores, por lo que se debe dar un tratamiento de preservación inmediatamente después de aserrar.

Por otro lado, Farrell *et al.* (1997), realizaron un trabajo con el objetivo de estudiar e identificar a los organismos causantes de manchado en Nueva Zelanda, investigando las causas de manchado en *Pinus radiata* y desarrollando un hongo albino para usarse como antimancha. El resultado al primer año mostró que *Sphaeropsis sapinea* (= *Diplodia pinea*) se encontró en la mayoría de las plantaciones en Nueva Zelanda y en alrededor de un tercio de los bosques naturales. *S. sapinea* se ha encontrado en ramas, conos, hojas y madera que está en el suelo. Miembros de la familia Ophiostomataceae (*Ophiostoma piceae*, *O. ips*, *O. piliferum*, *O. pluriannulatum*, *O. stenocerus*, *Leptographium procerum*, *L. truncatum* así como anamorfos del género *Graphium*), se encontraron en una plantación de pino y en casi todos los lugares donde se procesa pino. Estudios iniciales en el biocontrol de *S. sapinea*, con aislamientos de *Ophiostoma* sp. y *Graphium*

sp., han mostrado buena protección antimancha en *Pinus radiata*. La meta del programa es desarrollar un organismo Ophiostomataceo albino para usarse como antimancha para *Pinus radiata*.

Por su parte Baker y Arrington (2001), realizaron una compilación de información sobre el hongo *Ceratocystis fimbriata*, donde reportan a la especie *Hevea brasiliensis* (hule) como hospedante de este patógeno.

3.5 Productos antimancha

3.5.1 Descripción

Los productos antimancha comprenden aquellos preservadores en los que sus ingredientes activos deben ser de alta actividad fungicida para los hongos cromógenos causantes de la mancha azul y mohos principalmente, incluyendo a los productos tales como el pentaclorofenato de sodio, pentaclorofenato de sodio y borax, 2-(tiocianometiltio) benzotiazol, metilen bistiocianato y 2-(tiocianometiltio) benzotiazol, 2-fenilfenol, tiofanato de metilo y clorotalonil. Todos estos productos deben tener como características generales: ingrediente activo de alta actividad fungicida, baja toxicidad a plantas y animales, compatible con insecticidas, fácil de aplicar (hidrosolubles), incoloro (que no manchen la madera) y químicamente estable.

3.5.2 Estudios de efectividad

Con relación a los estudios de efectividad, Rodríguez (1960), menciona que los productos hidrosolubles contra hongos cromógenos son empleados para proteger madera recién cortada o bien tablas o tablonés, inmediatamente tras su aserrío. Su cometido consiste en evitar que la madera sea afectada por hongos que provocan su coloración. Entre la variada gama de hongos que atacan a las maderas españolas, los que presentan una mayor importancia son los denominados "hongos del azulado" que dan una coloración azul oscura a la madera de albura de coníferas principalmente.

Las principales materias activas de estos protectores son, en el caso de la madera recién apeada, mezclas de pentaclorofenato sódico (fungicida) y de lindano (insecticida), mientras que en el caso de madera recién aserrada, es el pentaclorofenato sódico acompañado de bórax (tetraborato sódico), por inmersión en concentraciones de 2 a 3 %. El autor indica que actualmente el empleo de pentaclorofenato sódico está prohibido para la impregnación de maderas que vayan a estar en contacto con alimentos.

Por su parte, Butcher (1974), realizó un estudio comparativo de la efectividad y toxicidad del producto antimancha captafol con respecto al pentaclorofenato de sodio, dando como resultado que el captafol es buen producto alternativo para usarlo, pues la concentración mínima efectiva por inmersión es del 0.2 % y por aspersión es del 0.3 %, mientras que para el pentaclorofenato de sodio la concentración mínima efectiva es del

0.4 % y del 0.6 % respectivamente. Además de que el captafol es menos tóxico para los mamíferos, 30 veces menos por ingestión y 100 veces menos por contacto con la piel.

Por otro lado, Unligil (1976), probó en laboratorio una serie de productos químicos fungicidas usados en la agricultura, con el objeto de conocer sus propiedades antimancha así como su toxicidad a los mamíferos, utilizando a los hongos cromógenos *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp. y *Graphium* sp., comparando los resultados con el pentaclorofenato de sodio. Obtiene como resultado que los mejores productos antimancha son captan y folpet al 0.5 % de concentración con mejores resultados y menor toxicidad que el pentaclorofenato de sodio, dithane M-45, PQ8 y PQ10 al 1% de concentración con iguales resultados pero menor toxicidad que el pentaclorofenato de sodio y diclone del 2 al 4 % de concentración, mayor que la concentración del pentaclorofenato de sodio, pero de menor toxicidad.

Mas tarde, Unligil (1979), compara analíticamente en laboratorio 23 fungicidas con el pentaclorofenato de sodio. Las características comparativas son el poder antimancha y baja toxicidad a los mamíferos, probando estos productos fungicidas contra los hongos cromógenos *Cladosporium* sp., *Altemaria* sp. y *Graphium* sp., y usando madera de *Pinus strobus* como base en el ensayo. De los 23 fungicidas probados 6 son sensiblemente mejores que el pentaclorofenato de sodio en cuanto a efectividad y toxicidad. Estos son benlate al 0.5 % de concentración, el UNI 2029 al 1 % de concentración, manzate D y G696-thiram de 2 % a 4 %, H719-thiram y vitavaxthiram al 4 % de concentración, estos

últimos en mayor concentración que el pentaclorofenato de sodio pero de menor riesgo de toxicidad para los mamíferos.

Por otro lado, Erdoiza y Echenique (1980), reportaron resultados obtenidos por Tamlyn en Australia con bórax decahidratado y ácido bórico, en donde se ensayaron mezclas con varias proporciones de estos productos químicos, encontrándose que la proporción de 1.54 a 1.00 respectivamente daba buenos resultados; es decir, se obtenía una buena estabilidad de la solución y también, una buena cantidad de anhídrido bórico, que es el agente activo eficaz contra los organismos manchadores de la madera.

En otro ensayo, Peredo (1980), realizó un análisis comparativo de la efectividad de algunos preservadores antimancha que se comercializan en Chile, utilizando el método de los discos, en madera de *Pinus radiata* y al hongo manchador *Ceratocystis pilífera*, determinando que para ese estudio fueron el 2.2 y el 2.5 % de concentración mínima efectiva para los productos en cuya composición se encuentra el pentaclorofenato de sodio puro y el pentaclorofenato de sodio mezclado con bórax, respectivamente, mientras que para los productos a base de benzotiazol se requirió del 0.3 % y para los productos a base de sales de amonio se necesitó el 3.5 %.

Así mismo, Cassens (1981), utilizando un método de prueba de fungicidas parecido al de los discos, realizó un ensayo de efectividad con 22 fungicidas, además de conocer el grado de toxicidad de cada uno de ellos para los mamíferos y comparando los resultados

con el pentaclorofenato de sodio, reporta al captafol, folpet, benlate y captan, como mejores en cuanto a efectividad y de menor toxicidad.

Por su parte, Eslyn (1983), utilizando madera de albura de pino y como hongos de prueba a *Aureobasidium pullulans*, *Ceratocystis pilifera*, *Diplodia natalensis*, *Gliocladium roseum* y *Trichoderma* sp., probó los siguientes productos antimancha: dowcide G (a base de pentaclorofenato de sodio), TP-WD plus bórax, TP-WD plus, TP-WD potasio, amical 48, troysan, quinolato 8 de cobre y tiocianometiltio-benzotiazol. Reporta que los últimos tres productos antimancha dan los mejores resultados a concentraciones mas bajas que los demás.

También, Rose y Bedoya (1987), realizaron estudios sobre la efectividad del pentaclorofenato de sodio como tratamiento antimancha después del secado en estufa: encontrando que dicho fungicida es arrastrado o lixiviado del interior al exterior de la madera por el vapor de agua generado durante el secado, este arrastre no es cuantificable y no se puede relacionar con ningún parámetro (contenido de humedad inicial, temperatura de secado, etc.). Por lo tanto, la concentración remanente de fungicida después de secar artificialmente la madera es insuficiente para evitar el desarrollo de hongos cuando la madera queda con un contenido de humedad de 25 % o superior, o cuando la madera estando seca se rehumedece, por ejemplo, con las lluvias.

De igual forma, Sekhar (1989), menciona como productos preservadores mas usados y recomendados a las sales CCA, ACC, CCB, creosota o mezcla de creosota con aceite, naftenato de cobre o zinc, ácido bórico o bórax y pentaclorofenato de sodio. Así mismo, Thaipetch (1993), enlista a los productos químicos mas eficaces aplicados en Tailandia para prevenir la mancha azul y son: busan 1009 al 3%, farnay plus al 3% y pentaclorofenato de sodio (PCP-Na) al 1-2%.

Así mismo, Peredo (1989), indica que el pentaclorofenato de sodio como preservador antimancha ocupa actualmente casi la totalidad del mercado de este tipo de productos por sus excelentes resultados en este campo. Sin embargo, debido a su alta toxicidad, riesgo a operarios y grado de contaminación, algunos países (Alemania, Argentina, E.U.A., entre otros), han cuestionado, descontinuado y aún restringido su producción y/o aceptación de productos tratados con este fungicida. Considerando dichas características tóxicas se recomienda extremar las medidas de seguridad en cuanto a almacenamiento, transporte, preparación y eliminación de desechos del producto.

Por otro lado, Balfas (1993), comenta que se han probado tratamientos profilácticos repetidamente para averiguar la forma mas adecuada de manejar la madera de hule en estado verde. El uso de productos como son sales CCA, BFCA, ácido bórico y bórax con una gran variedad de métodos de preservación se han probado constantemente en los últimos 10 años.

A este respecto, Brion (1993), habla de tres sistemas químicos que están actualmente disponibles para la preservación de la madera de hule en Malasia y Tailandia: 1) Las soluciones de pentaclorofenato de sodio (NaPCP), 2) Compuestos de cobre-cromo-arsénico (CCA) y 3) Las formulaciones de ácido bórico y bórax. Comenta que las objeciones actuales al uso de los compuestos tóxicos o cancerígenos como el NaPCP y CCA en el mercado occidental para los productos de madera, han llevado al mayor uso del sistema de ácido bórico y bórax para el tratamiento de madera de hule.

El Centro de Comercio Internacional (CCI, 1993), menciona que el tratamiento de preservación para la madera de hule en la mayoría de los países de Asia se realiza con bórax. Comenta que en general la madera de hule que actualmente se procesa usa tres tipos genéricos de preservadores, a saber, compuestos de pentaclorofenol (PCP); arsenato de cobre y cromo (CCA) y soluciones de ácido bórico y bórax. Pero el uso de PCP ha disminuido últimamente debido a las regulaciones contra su uso en países extranjeros que compran productos de madera de hule. Por otro lado las sales CCA han disminuido su uso en países asiáticos debido a su toxicidad, excepto en la India donde todavía están usándose en muchas empresas.

Por su parte, Hong (1993), recomienda a los productos captafol y pentaclorofenato de sodio para tratar trozas de hule, los cuales son adecuados para la mancha azul y algunos barrenadores. También los productos que se utilizan para el tratamiento por inmersión recomendados son: pentaclorofenato de sodio, bórax, gamma-BHC, decametrina,

TCMTB, metilbistiócianato y TBP-M. En el proceso de impregnación a vacío-presión se pueden utilizar los preservadores de boro (bórax, ácido bórico y otros), pentaclorofenato de sodio (1-2%), captafol (0.6%), preservadores a base de cobre-cromo-arsénico (CCA). Pero se prefieren los preservadores a base de bórax y ácido bórico a causa de no cambiar el color de la madera.

Así mismo, Karunaratne (1993) y Mannothea (1993), mencionan que en la India el tratamiento de preservación para la madera de hule es a base de preservadores como CCA/CCB y las soluciones de ácido bórico y bórax.

Por otro lado, Laks *et al.* (1993), obtienen buenos resultados con ácido bórico, timbor, bórax y borato de zinc, en el control del crecimiento superficial de *Aureobasidium pullulans* en la madera, en laboratorio; concluyendo que la efectividad de estos productos es proporcional a la cantidad de boro en solución, sin embargo, el borato de zinc se comportó con mayor efectividad de lo supuesto por su contenido de boro, indica que esto sucede probablemente por la constante relación que existe entre el ácido bórico y la hidrólisis de la sal, manteniendo una alta concentración del boro en la superficie de la madera.

Así mismo, Moldrup (1993), menciona que el bórax y el ácido bórico al 2% son los preservadores químicos comúnmente usados para la impregnación a vacío-presión para la madera de hule, recomienda aplicar también pentaclorofenato de sodio para proteger

la madera contra la mancha azul. Pero debido a sus efectos nocivos, propone como productos alternativos al PCP el cloruro de amonio, quinolato 8 de cobre, 3-iodo-2-propinil carbomato de butil y tribromofenol. Como alternativa para lindano los piretroides sintéticos como permetrina y deltametrina. Para madera de hule expuesta a la lluvia y humedad, la preservación con boro no es suficiente, y tiene que ser impregnada a vacío-presión con preservadores como CCA, el naftenato de cobre o el amonio cuaternario.

Por otra parte, Dahlan *et al.* (1994), recomiendan dar un tratamiento de preservación a la madera de hule con una mezcla de un fungicida con un insecticida. Los productos que mas se utilizan debido a sus buenos resultados son pentaclorofenato de sodio con gamma-BHC, pentaclorofenato de sodio con deltametrina/cipermetrina, TCMTB con compuestos de boro, TCMTB con deltametrina/cipermetrina, MBT con componentes de boro y MBT con deltametrina/cipermetrina. Respecto a las sales CCA comenta que son muy poco utilizadas debido a que cambian el color natural de la madera.

Así mismo, Espinosa (1997), utilizando el método de los discos conjuntamente con la norma ASTM. D 4445-91, realizó un ensayo de eficacia de seis productos antimancha contra el hongo *Cladosporium* sp. en madera aserrada de *Pinus hartwegii*. Los productos utilizados fueron osmotox, pentatox, fungitox, biotox 10-S, ácido bórico con bórax y busan 1009. Los cuatro primeros a base de NaPCP y el último a base de metilenbistiocianato y 2tiocianometiltiobenzotiazol. Obtiene como resultado que el

mejor grado de protección se logró con el producto busan 1009 a una concentración de 0.25%. Los productos a base de NaPCP requirieron concentraciones de 2.45 a 3.98% para crecimiento cero y el producto a base de boro no ofreció ningún grado de protección a la madera contra el manchado.

Por su parte, Xiao y Kreber (1997) realizaron un estudio microscópico para determinar el efecto del IPBC (0.07% w/w 3-yodo-2-propinil butil carbamate) y el DDAC (0.60% w/w didecil dimetil cloruro de amonio), en el crecimiento morfológico del hongo causante de la mancha azul *Ophiostoma piceae* en madera húmeda de *Pinus radiata*. Las piezas de madera fueron inoculadas con *O. piceae* y examinadas microscópicamente después de 10 días de ser incubadas. Los resultados del estudio mostraron que mientras la germinación de las esporas y el crecimiento del micelio de *O. piceae* fue prolífico en madera no tratada, se presentó deformación y lysis de esporas en madera tratada. Esto muestra que las esporas permanecen viables durante la incubación en un periodo de 10 días, sugiriendo que el IPBC/DDAC solo retrasan el proceso de germinación de las esporas.

En otro estudio, Yang (1997), probó el efecto del pH en el crecimiento de hongos manchadores y el hongo *Gliocladium roseum*, el cual se ha comprobado que es un agente de control biológico para prevenir el manchado en la madera. Se probaron 41 aislamientos de hongos de 15 especies en varios rangos de pH desde 2.4 hasta 11.2. Los resultados mostraron que la mayoría de los hongos manchadores crecieron bien en

extracto de malta-agar en rangos de pH de 3.5 a 8.9. Sin embargo, *G. roseum*, fue extremadamente tolerante a condiciones alcalinas, creciendo bien incluso a un pH de 10.8. Así mismo, comenta que usando combinaciones adecuadas de soluciones alcalinas y esporas del agente de control biológico, el medio quedó rápidamente cubierto por *G. roseum*, logrando que se suprimiera a los hongos manchadores.

Por su parte, Mingliang *et al.* (1998), evaluaron formulaciones de clorotalonil para el control de moho y manchado en madera de hule y maple. Los productos usados fueron F1: clorotalonil en polvo humectable, F2: carbendazim en polvo humectable, tuffbrite C (450 g. de clorotalonil y 100 g. de carbendazim), tuffbrite 404 (clorotalonil y óxido de cobre) y nexgen (14.5% de clorotalonil y 14.7% MDT). Los hongos de prueba fueron *Aspergillus niger*, *Penicillium* sp., *Trichoderma* sp., *Aureobasidium pullulans*, *Ceratocystis minor* y *Ceratocystis pilifera*. Obtuvieron como conclusión que las mezclas de F1 con F2, tuffbrite C, tuffbrite 404 y nexgen inhibieron el moho y manchado en la madera muy efectivamente en concentraciones desde 0.5 hasta 2%, aunque tuffbrite 404 no inhibió a *Ceratocystis pilifera* en maple, así como tuffbrite C al 0.5% no inhibió a *Aspergillus*.

3.5.3 Métodos de tratamiento

Con relación al tiempo inmersión de la madera. Torres (1964), menciona que depende de la concentración del fungicida empleado y de las recomendaciones del fabricante, así mismo comenta que la concentración de la solución antimancha varía según el producto a utilizar, época de corta o aserrío y también de las recomendaciones del fabricante.

Por otro lado, respecto a los métodos de tratamiento. Castillo y Michelli (1970), menciona que los métodos más comunes para el tratamiento con productos antimancha son: los de inmersión de la madera en la solución fungicida y los de aspersión o rociado, sólo que en estos métodos el tratamiento es superficial. El hecho de que estos métodos de tratamiento antimancha otorgan sólo una protección temporal a la madera, implica necesariamente, protegerla del deslave causado por la lluvia. Así mismo, los métodos de inmersión los clasifica en: baños de inmersión manual, baños de inmersión semiautomático y baños de inmersión automáticos. En cuanto a los métodos de aspersión los clasifica en: baños de aspersión manuales y baños de aspersión automáticos.

Por otra parte, Sekhar (1989), clasifica a los procesos de preservación para madera aserrada de hule en procesos de tratamiento a presión y procesos de tratamiento sin presión. Los procesos a presión se dan dentro de un cilindro de presión y los métodos sin presión pueden ser aplicaciones en la superficie de la madera con brocha, aspersión,

inmersión o procesos en tanque abierto como el de difusión. El método dependerá del grado de protección que se le quiera dar a la madera, lo que a su vez depende de la cantidad de absorción y penetración de cada uno de los preservadores dentro de la madera.

Por otro lado, Mannoithra (1993), menciona que la tecnología usada en la India para el tratamiento de preservación para la madera de hule es la impregnación a vacío-presión. Mientras que en el documento elaborado por el CCI (1993), se indica que los tratamientos de preservación para la madera de hule son de dos tipo: empapado (inmersión o aspersión) y presión. Además, también se pueden utilizar las técnicas de presurización y baño caliente y frío. Comenta que en la india se esta desarrollando un nuevo método de preservación, que consiste en la inyección de árboles con un fungicida.

Por otro lado, Erdoiza y Castillo (S/F), comentan que el empleo de métodos de tratamiento así como las sustancias preservadoras y las retenciones y penetraciones de los preservadores para la madera, estarán en función del riesgo al que estará sujeta la pieza de madera. Así mismo, Hong (1993), menciona que la madera de hule se puede preservar mediante el proceso de vacío-presión, siendo los métodos Bethell o de célula llena, el método de presión alterno (APM) y el método de presión oscilatorio (OPM) buenas alternativas.

Por su parte, Karunaratne (1993), comenta que hay dos métodos básicos de tratamiento para madera de hule, el tratamiento de difusión y el de impregnación a presión. En el tratamiento de difusión, la madera aserrada verde contiene un alto volumen de humedad, ésta se pone en contacto con una solución de preservadores solubles en agua, donde los químicos se mueven por difusión de la zona de alta concentración a la zona de baja concentración dentro de la madera alcanzando un estado de equilibrio. El tiempo del tratamiento dependerá del espesor de los tablones. El otro el método de tratamiento es impregnación a vacío-presión dentro de un cilindro. Recomienda antes del tratamiento, presecar al aire libre la madera de hule recién aserrada hasta tener un contenido de humedad de aproximadamente un 25%. Sin embargo, Moldrup (1993), menciona que la madera de hule normalmente es impregnada después de aserrar sin presecar, logrando una mayor penetración mediante el método de presión alterno.

Así mismo, Dahlan *et al.* (1994), proponen que los tratamientos de preservación para madera de hule se deben de clasificar en tratamiento de protección temporal (aspersión e inmersión) y tratamiento de protección larga. También comenta que el tratamiento por inmersión para madera de hule durante 1-2 minutos es ampliamente utilizado.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

El presente estudio se realizó dentro de las instalaciones de la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, requiriendo de los laboratorios de patología forestal y anatomía de la madera, así como de la planta piloto de máquinas y herramientas.

Para este trabajo de investigación se requirió de un total de 360 probetas de madera de la especie *Hevea brasiliensis* (hule), de ocho cultivos del hongo de prueba *Ceratocystis* sp. y de siete productos antimancha que se comercializan en México (cuadro 1).

Cuadro 1. Productos antimancha utilizados.

No.	PRODUCTO	CLAVE	INGREDIENTE ACTIVO
1	Osmotox	OTX	Pentaclorofenato de sodio
2	Biotox 10-S	BTX	Pentaclorofenato de sodio
3	Pentatox S	PTX	Pentaclorofenato de sodio
4	Busan 1009	B-1009	Metil bistiocianato y 2(Tiocianometiltio) benzotiazol
5	Busan 1450	B-1450	Metil bistiocianato y 2(Tiocianometiltio) benzotiazol
6	Busan 1071	B-1071	Metil bistiocianato y 2(Tiocianometiltio) benzotiazol
7	Busan 1118	B-1118	2(Tiocianometiltio) benzotiazol

Además se requirió de piezas de madera manchada y con estructuras del hongo de prueba, cepillo y sierra circular, cámara fotográfica y del siguiente material de laboratorio: agua esterilizada, agujas de disección, alcohol, algodón, balanzas, bolsas de polietileno, bomba de vacío, cajas petri, cámara de incubación, cinta envolpack, etiquetas, extracto de malta, glicerina, malla cuadrículada, matraces, medio de cultivo (malta – agar), microscopio, navajas, olla de presión, papel aluminio, papel de estraza, papel filtro, pipetas de transferencia, soportes de vidrio, tubos de ensaye y vasos de precipitado de diferentes capacidades.

4.2 Métodos

Como método para determinar la eficacia de los preservadores antimancha se utilizó el método de los discos (Peredo, 1980) que consiste en impregnar con soluciones acuosas de un preservador antimancha, del que se han preparado concentraciones variadas gradualmente dentro de ciertos límites, grupos iguales de probetas para cada una de las concentraciones consideradas. Posteriormente las probetas son sometidas al ataque de hongos manchadores en iguales condiciones de laboratorio, determinándose después de un periodo de exposición al ataque como mínima efectiva, aquella menor concentración que ha impedido el desarrollo del hongo de prueba. Este valor denominado crecimiento cero, se determina aplicando una regresión lineal, mediante el procedimiento indicado en la norma ASTM D 4445-91.

4.2.1 Preparación de las probetas

Las probetas fueron elaboradas a partir de varias piezas de madera de la especie *Hevea brasiliensis* (hule), obtenidas del aserradero del Ing. Rubén Hernández ubicado en la localidad de Tulantongo, Edo. de México. Estas piezas provenían de árboles de una plantación de hule establecida en el Municipio de Uxpanapa, Veracruz.

Para su elaboración se requirió de la ayuda de un cepillo y una sierra circular, siendo las dimensiones para cada una de las probetas de 70 mm de largo, 20 mm de ancho y 7 mm de espesor de acuerdo a la norma ASTM D 4445-91. Todas las probetas sin defecto alguno fueron almacenadas en una bolsa de polietileno en un lugar seco y ventilado. Posteriormente fueron impregnadas mediante vacío con una solución acuosa nutritiva de extracto de malta al 1% de concentración, hasta alcanzar un 30% de contenido de humedad.

Debido a que los productos antimancha a base de metil bistiocianato y 2(tiocianometiltio) benzotiazol (MBT y TCMTB) se descomponen a temperaturas mayores a 100°C, el procedimiento se realizó diferente para los productos hechos a base de pentaclorofenato de sodio y los productos con MBT y TCMTB.

Por lo tanto, para el caso de los productos antimancha a base de pentaclorofenato de sodio se llevo a cabo lo siguiente: una vez impregnadas las probetas con el extracto de

malta (Figura 1) y dejando pasar 2 horas para que escurrieran el exceso de malta, se procedió al tratamiento de las probetas con la solución acuosa del producto antimancha contenida en un vaso de precipitado, por el método de inmersión, durante 15 segundos. Posteriormente se almacenaron en bolsas de polietileno por 24 horas para asegurar que el producto se fijara adecuadamente en la madera.

Las probetas impregnadas fueron colocadas en sus respectivas cajas petri, las que previamente habían sido provistas de 2 discos de papel filtro remojados en agua destilada, para mantener la humedad deseada y de separadores de vidrio de 3 mm de espesor para evitar que las probetas estuvieran en contacto con el papel filtro. Finalmente se procedió a su esterilización a una presión de 1 kg/cm^2 durante 20 minutos y a una temperatura de 120°C (Ver figura 2).

Por otra parte, para las probetas tratadas con los productos hechos a base de metilbistiocianato y 2(tiocianometiltio) benzotiazol, se procedió de la siguiente manera: una vez impregnadas las probetas con malta y después de dejar pasar 2 hr, se colocaron en sus respectivas cajas petri, también provistas de 2 discos de papel filtro y de separadores de vidrio, para ser esterilizarlas a la misma presión, el mismo tiempo y la misma temperatura. Posteriormente, se dejaron enfriar durante 4 hr para enseguida realizar el tratamiento por inmersión de las probetas en la solución acuosa del producto antimancha durante 15 segundos (Ver figura 3).

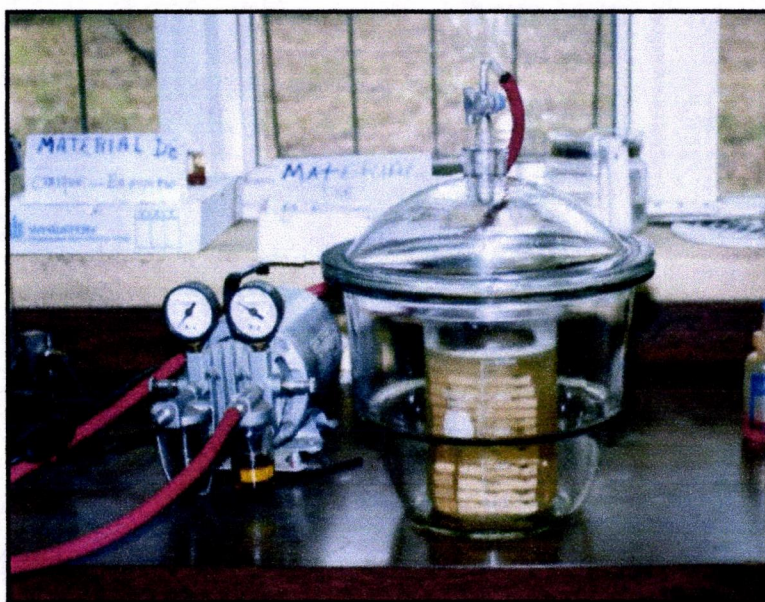


Fig. 1. Impregnación a vacío de probetas con extracto de malta al 1%.

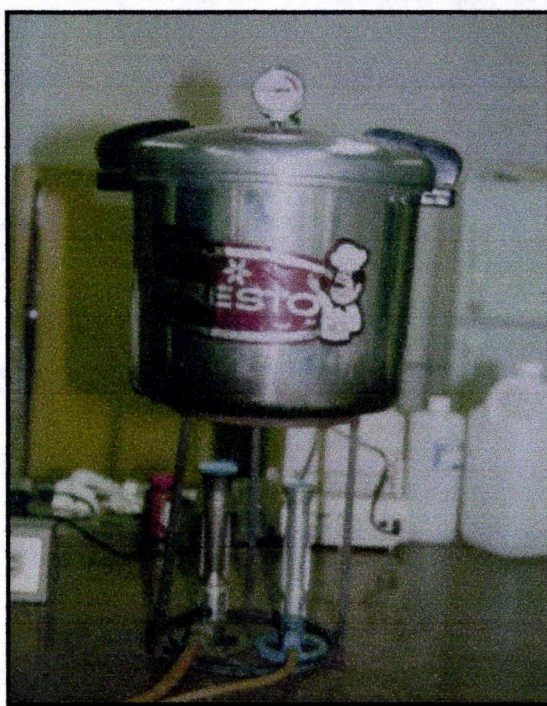


Fig. 2. Esterilización de probetas a presión.

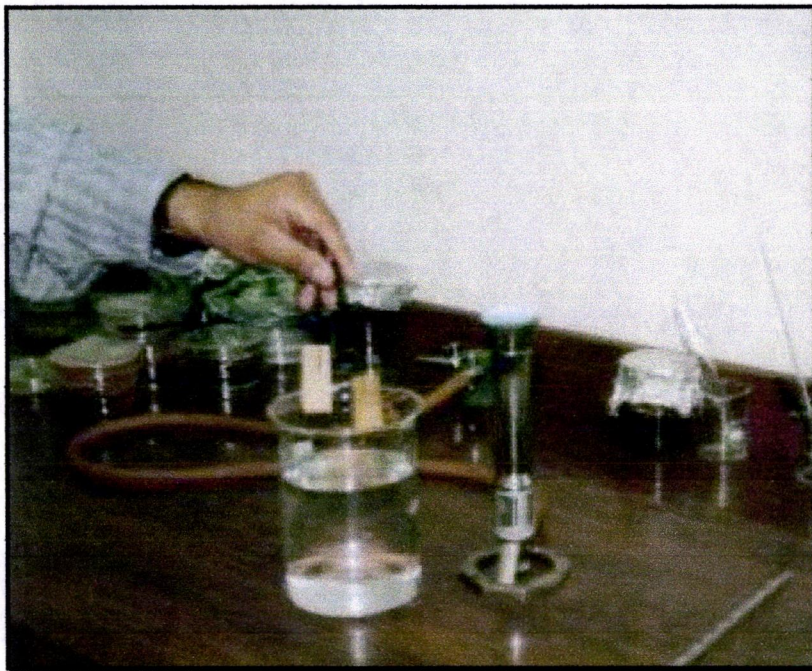


Fig. 3. Tratamiento de inmersión de probetas.

4.2.2 Obtención y preparación del inóculo (hongo)

El hongo de prueba se obtuvo de piezas de madera manchadas provenientes del aserradero antes mencionado. La metodología utilizada se describe a continuación:

Se hicieron cortes de piezas de madera de aproximadamente 8 x 5 x 3 cm, los cuales se desinfectaron mediante inmersión en hipoclorito de sodio al 1.5 % durante dos minutos, esto para eliminar la contaminación de otros microorganismos, lavándose después con agua esterilizada para eliminar el hipoclorito (Figura 4).

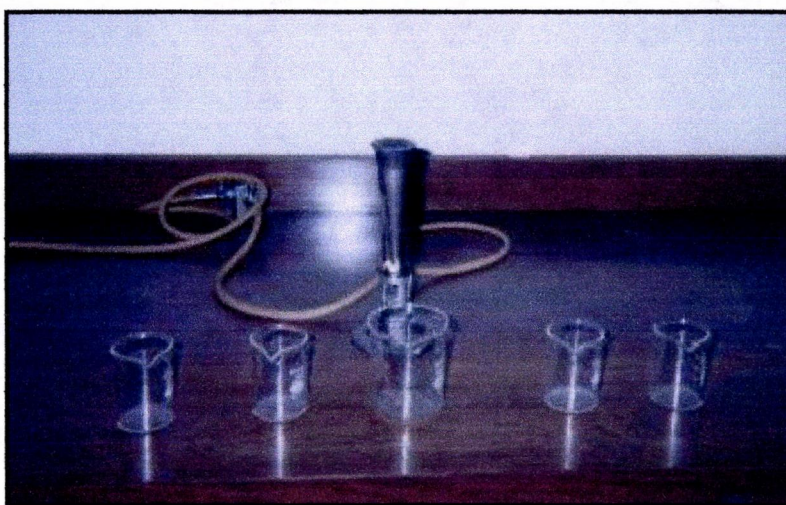


Fig. 4. Desinfección y lavado en hipoclorito de sodio de las piezas de madera con manchado.

Posteriormente se colocó cada pieza dentro de una bolsa de polietileno (Figura 5), la que previamente había sido provista con papel filtro y agua esterilizada para mantener la humedad, esta bolsa se selló con cinta para evitar la entrada de esporas de otros hongos y se colocó en un lugar adecuado donde estaba en contacto con luz solar.



Fig. 5. Técnica para obtener formación de estructuras reproductivas del hongo cromógeno en madera de hule.

Así, a la semana se tenía el total de la probeta cubierta de micelio y peritecios. Estos peritecios se sembraron en un medio de cultivo de malta agar, de donde se obtuvo la colonia del hongo (Figura 6). Posteriormente se hicieron reaislamientos para obtener la colonia pura. De esta colonia una parte de micelio con peritecios se sembraron en cuatro tubos de ensaye que contenían medio de cultivo de malta agar, una vez que el hongo cubrió la totalidad del medio se agregó aceite mineral, esto para mantener el hongo inactivo y poderlo utilizar cuando fuera requerido, además con la finalidad de mantener la cepa en el laboratorio de Patología Forestal.

Después de 10 meses se quitó el aceite de un tubo de ensaye, con ayuda de una aguja de disección se obtuvieron partes del cultivo del hongo, se lavaron en agua esterilizada y se sembraron en cajas petri con medio de cultivo, de donde se obtuvo mediante una siguiente transferencia cultivos puros del hongo.

Se escogió la mejor colonia y de ésta, mediante transferencias se obtuvieron todas las colonias que se ocuparon para hacer la inoculación.

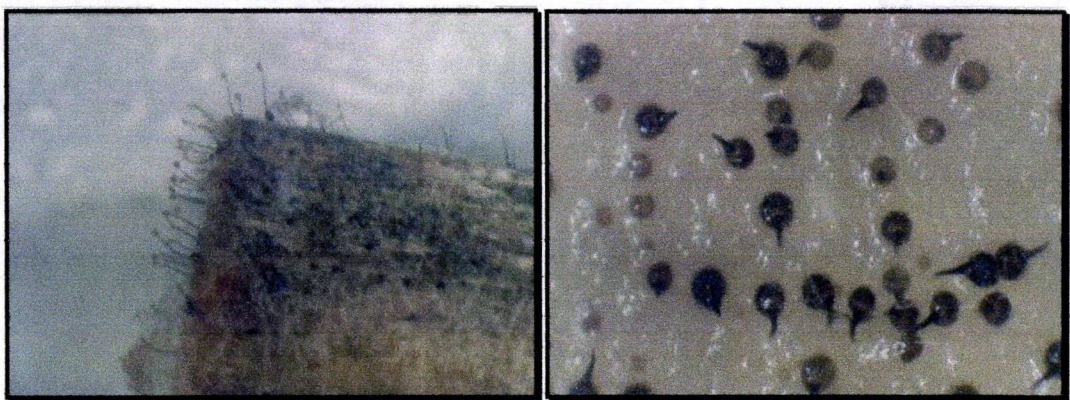


Fig. 6. Crecimiento de peritecios en madera y medio de cultivo.

Para la identificación del hongo se procedió a hacer una medición de peritecios, tanto de los que se encontraban en la bolsa de polietileno como de los que se desarrollaron en el medio de cultivo, presentando así para los peritecios desarrollados en bolsa: 0.8754 mm de longitud promedio del cuello del peritecio, 0.2064 mm de longitud promedio de la base, sumando 1.0818 mm de longitud total promedio de cada peritecio. En cuanto a los peritecios desarrollados en medio de cultivo se obtuvieron las siguientes dimensiones promedio: 0.7573 mm en longitud del cuello, 0.2447 mm en longitud promedio de la base dando una longitud total promedio del peritecio de 1.002 mm.

Con estos valores se obtuvieron las dimensiones promedio de los peritecios, siendo 0.8158 mm para la longitud promedio del cuello, 0.2256 mm para la longitud promedio de la base y de 1.0414 mm para la longitud total promedio del peritecio.

Una vez realizada la transferencia, a los dos días la colonia cubrió aproximadamente la mitad de la caja petri con micelio de color blanco. Posteriormente de dos a tres días realizada la transferencia, aparecen peritecios inmaduros creciendo inicialmente al centro de la colonia. Así, al cuarto día el micelio cubre la totalidad de la caja petri y cerca de un 60% de la superficie esta cubierta de peritecios, lo cual muestra un rápido desarrollo del hongo.

De igual forma, al cuarto día los peritecios del centro de la colonia empiezan a formar una masilla mucilaginosa de ascosporas de coloración amarillenta en la punta del cuello

de los peritecios. Posteriormente, a los ocho días la colonia presenta una coloración oscura, siendo la mayor parte de las hifas que componen el micelio de color oscuro y solamente muy pocas de color blanco. Los peritecios ya han madurado y la masa mucilaginosa de ascosporas es muy abundante (Ver figura 7).

Así, con base en esta descripción, y los datos obtenidos sobre las mediciones de peritecios y a la revisión de literatura, se determinó que la especie de hongo presente era *Ceratocystis* sp.

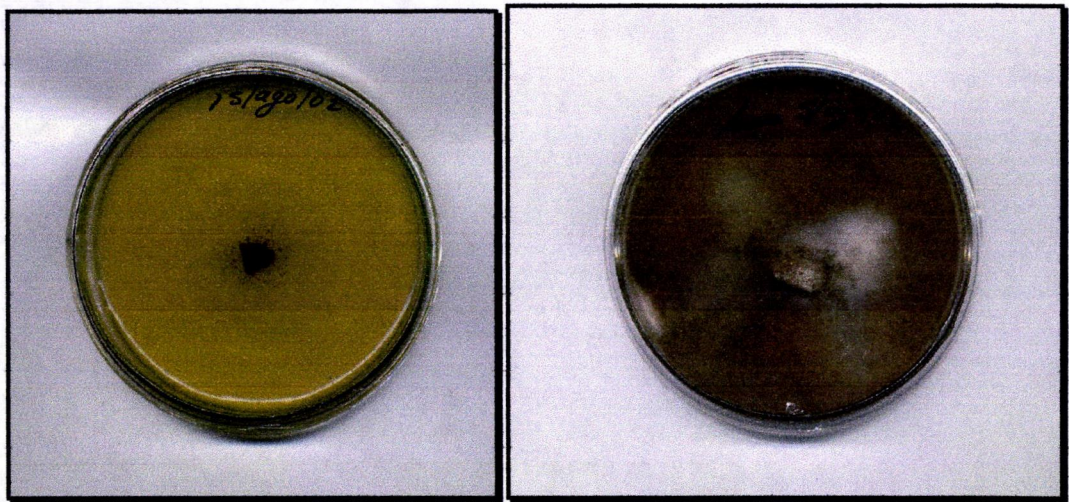


Fig. 7. Crecimiento de la colonia de *Ceratocystis* sp. a los 3 y 13 días de su transferencia.

4.2.3 Preparación de los productos antimancha

Cada una de las soluciones de producto antimancha se preparó de la siguiente manera: se seleccionaron 5 diferentes concentraciones las cuales están por arriba y por abajo de la concentración indicada por el fabricante, siendo: 0.25%, 0.50%, 1.00%, 2.00% y 4.00%, la preparación de estas concentraciones es como se indica:

Se preparó la concentración más alta al 4%. Para esto se mezclaron 40 gramos (ó 40 ml según fuera el caso) del producto antimancha en un litro de agua destilada dentro de un recipiente de plástico (Figura 8), se dividió en dos partes iguales. una de ellas sirve para impregnar a las probetas a esa concentración y la otra mitad sirve para preparar la concentración siguiente.

A la mitad anterior de solución preservadora se le agrega otra parte igual de agua y se obtiene la siguiente concentración (2%), nuevamente se divide este volumen de solución preservadora en dos partes iguales, una sirve para impregnar a las probetas y la otra para preparar la concentración siguiente y así sucesivamente hasta obtener las demás concentraciones.

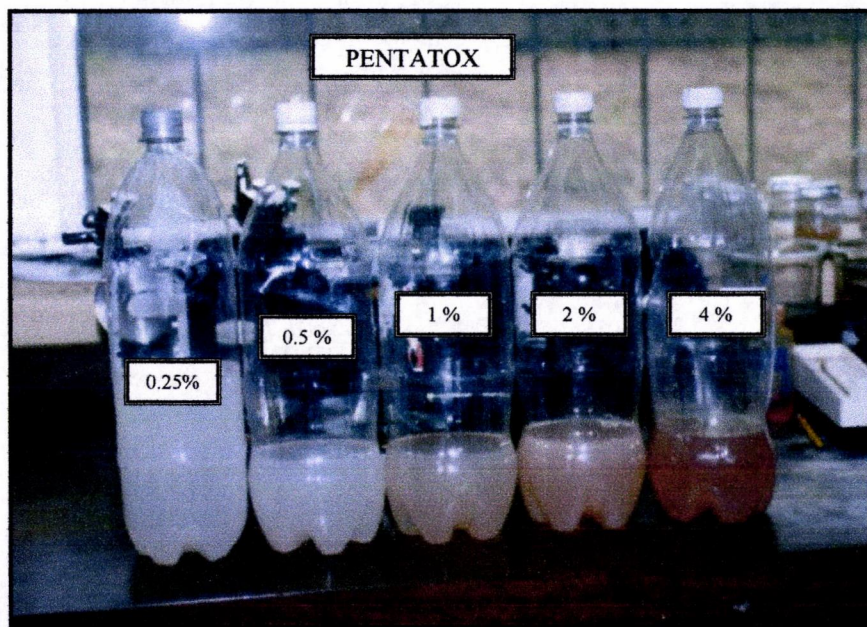


Fig. 8. Preparación y envase de las diferentes concentraciones para cada producto antimancha.

4.2.4 Inoculación de las probetas

El número de probetas por producto antimancha fue de 50 piezas, de tal manera que cada concentración se aplicó a 10 probetas (repeticiones). Se probaron 7 productos antimancha, por lo cual se ocuparon 350 probetas mas 10 para el testigo sumando un total de 360.

Con relación al inóculo, se ocupó un total de ocho cultivos, cada uno en una caja petri, de tal manera que cada cultivo sirvió para inocular 50 probetas y probar un producto antimancha así como para la prueba testigo.

A cada cultivo se le agregaron 10 ml de agua esterilizada, y con una aguja de disección se removieron las esporas, peritecios y micelio raspando superficialmente el medio de cultivo. Posteriormente se vaciaron en un matraz conteniendo 115 ml de agua esterilizada dando así un total de 125 ml de agua por cultivo, y se agitó para tener bien mezclada la solución. Una vez hecha la solución y cuidando de tenerla bien agitada, usando una pipeta de transferencia acondicionada con bomba de caucho se aplicaron a lo largo de una cara de cada una de las probetas de 2.0 ml de inóculo (Figura 9).

Para asegurar que se inoculara la misma dosis de esporas, se utilizaron 125 ml de agua esterilizada por caja petri, se aplicó la misma cantidad de solución por probeta y debido a que el experimento se hizo por etapas para cada tratamiento, se utilizaron colonias que tuvieran 14 días a partir de su transferencia.

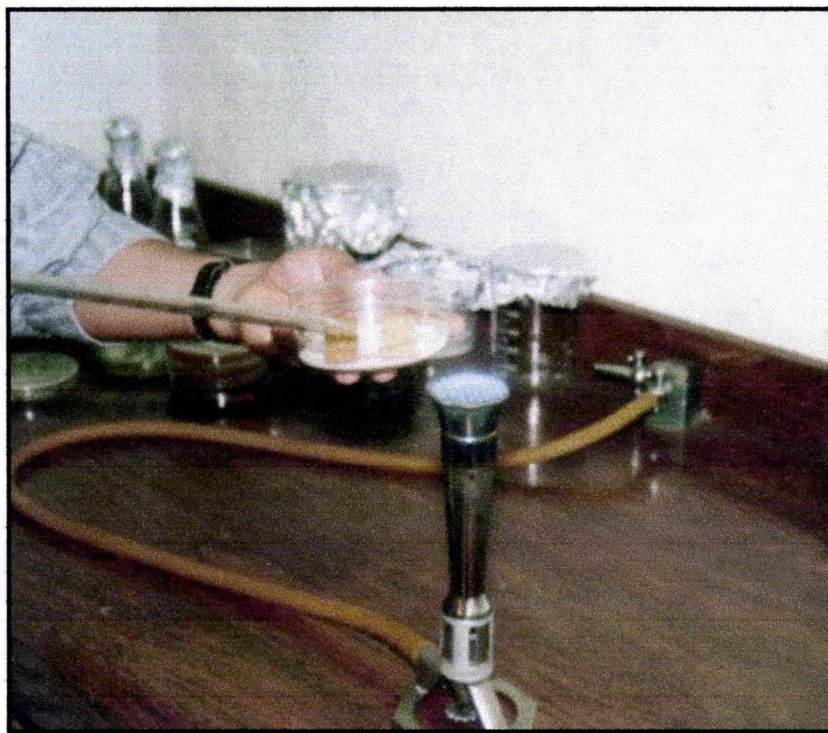


Fig. 9 Inoculación de probetas.

4.2.5 Testigo

Para este tratamiento se utilizaron 10 probetas, se impregnaron con la solución de malta al 1%, fueron esterilizadas a la misma presión y por el mismo tiempo e inoculadas con el hongo de prueba con el fin de asegurarse que éste podría desarrollarse bajo las condiciones de ensayo.

4.2.6 Incubación y mantenimiento de las probetas

Concluida la inoculación, las cajas petri fueron selladas con cinta envolpack y etiquetadas, para posteriormente ser colocadas en una cámara de incubación climatizada a una temperatura de $24 \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de cuatro semanas. Tiempo en que se mantuvieron en una constante revisión, de tal manera que si había falta de humedad se les adicionaba agua esterilizada para seguir manteniendo la humedad adecuada (Figura 10).



Fig. 10. Cámara de incubación.

4.2.7 Toma de datos

Se realizaron semanalmente observaciones y mediciones del área manchada en porcentajes respecto al área total y se registraron para llevar el control del avance del manchado en cada una de las probetas. Esto mediante observaciones visuales y con la ayuda de una maya cuadriculada.

4.2.8 Evaluación de los ensayos

Para cada producto antimancha y concentración, se elaboró un registro de la superficie manchada semanalmente por probeta así como el promedio por concentración.

La evaluación se realizó por un lado, manejando los dos procedimientos mencionados. es decir, el seguido por Peredo (1980), en el cual se registra el avance del manchado en cada una de las cuatro semanas que duró el ensayo, por producto y concentración, así como el manejado en la norma ASTM D 4445-91, que se basa en determinar el “crecimiento cero” utilizando los mismos porcentajes de manchado, los preservadores y sus concentraciones al término de las cuatro semanas, es decir, determinar cual sería la concentración de producto antimancha que, para ese tiempo, impidiera el desarrollo del hongo cromógeno.

Para este último procedimiento se toma como referencia el porciento de manchado de las probetas ensayadas con cada una de las diferentes dosis, tomando como referencia el porciento de manchado presentado en las probetas testigo, en el mismo lapso. Para cada concentración, se relaciona gráficamente la media del porciento de manchado presentado con esa dosis, de manera que se traza una recta que al ir uniendo los puntos de porciento de manchado - concentración, proyecte el valor de concentración equivalente para un cero porciento de manchado, conociéndose este valor como “concentración para crecimiento cero”.

Debido a que la norma ASTM D4445-91 es de naturaleza comparativa, se consideró conveniente realizar un análisis estadístico de comparación de tratamientos como se indica a continuación.

4.2.9 Análisis de los resultados

Aparte de la determinación de la concentración para manchado cero, se aplicó mediante el procedimiento GLM (SAS Institute Inc., 1986), un análisis de varianza para los grados de manchado manifestados en la cuarta semana, donde cada uno de los productos y sus concentraciones fueron consideradas como tratamiento dando en total 36 tratamientos (incluyendo el testigo), con 10 repeticiones. Para ello se utilizó un diseño experimental completamente al azar y una transformación logarítmica de la variable (%)

de manchado). Dicha transformación se hace para homogeneizar la varianza de los tratamientos y además para que los datos tiendan a una distribución normal; requisitos indispensables para cumplir los supuestos del análisis de varianza. La comparación de medias de tratamientos se llevó a cabo mediante el procedimiento de Tukey, para los valores transformados.

2.4.10 Evaluación de los costos de tratamiento

Para estimar el costo del tratamiento de un volumen y superficie de madera determinada, con 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, se obtuvo por diferencia de peso antes y después del tratamiento:

$$A = \frac{P_2 - P_1}{S}$$

donde:

A = absorción, expresada en g/m²

P₁ = peso de la madera antes del tratamiento, en g

P₂ = peso de la madera después del tratamiento, en g

S = superficie de la probeta, en m²

Debido a que se conocen las dimensiones de las probetas, se obtuvo la cantidad de solución absorbida por metro cuadrado, durante 15 segundos. De esta manera, para el volumen y superficie de madera de referencia se tendría:

Volumen	=	2.360 m ³ (1000 pt)
No. de piezas	=	200 tablas (3/4" x 10" x 8')
Área	=	268.258 m ²
Absorción	=	59.113 g/m ²
Absorción total	=	(59.113 g/m ²) x (268.258 m ²) = 15.858 g
Solución gastada	=	15,858 / 1,000 = 15.86 litros

Una vez conocida la cantidad de solución antimancha que se consumiría para dicho volumen y tiempo, se estima la cantidad de producto sólido a agregar para obtener la concentración que, según cada producto aporte el crecimiento cero, considerando que:

$$\text{Concentración} = \frac{\text{Kg de producto sólido}}{100 \text{ Lt de solvente (agua)}}$$

5. RESULTADOS

5.1 TESTIGO

En el cuadro 2, se presentan los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas del tratamiento testigo.

Cuadro 2. Porcentaje medio de manchado en las probetas testigo.

Semanas	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a
No. de probetas	10	10	10	10
Superficie manchada media en %	93.6	100	100	100
Desviación estándar	12.3	0	0	0

En la figura 11, se ilustra el estado que mostraron las probetas del tratamiento testigo, al término de la primera semana de incubación con el hongo cromógeno.



Figura 11. Estado de las probetas testigo a la primera semana de inoculación.

5.2 OSMOTOX

En el cuadro 3, se presentan los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas de madera sometidas a baño con cada una de las cinco concentraciones de OTX, y la intensidad de manchado con esas concentraciones al final de cada una de las cuatro semanas de prueba.

Cuadro 3. Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con OTX por semana y concentración. Número de probetas/concentración = 10

Semana	Primera					Segunda				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	93.04	66.25	30.71	3.21	0	96.25	83.39	44.29	8.21	0
Desv. Est.	11.59	28.27	30.92	6.98	0	11.86	19.71	33.12	14.32	0
Semana	Tercera					Cuarta				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	96.25	87.50	62.50	10.71	0	100	96.79	78.21	27.68	0
Desv. Est.	11.86	18.95	36.01	17.96	0	0	10.16	24.42	29.75	0

En la figura 12, se presentan gráficamente los porcentajes de manchado resultantes con el tratamiento de OTX, por concentración y semana de prueba.

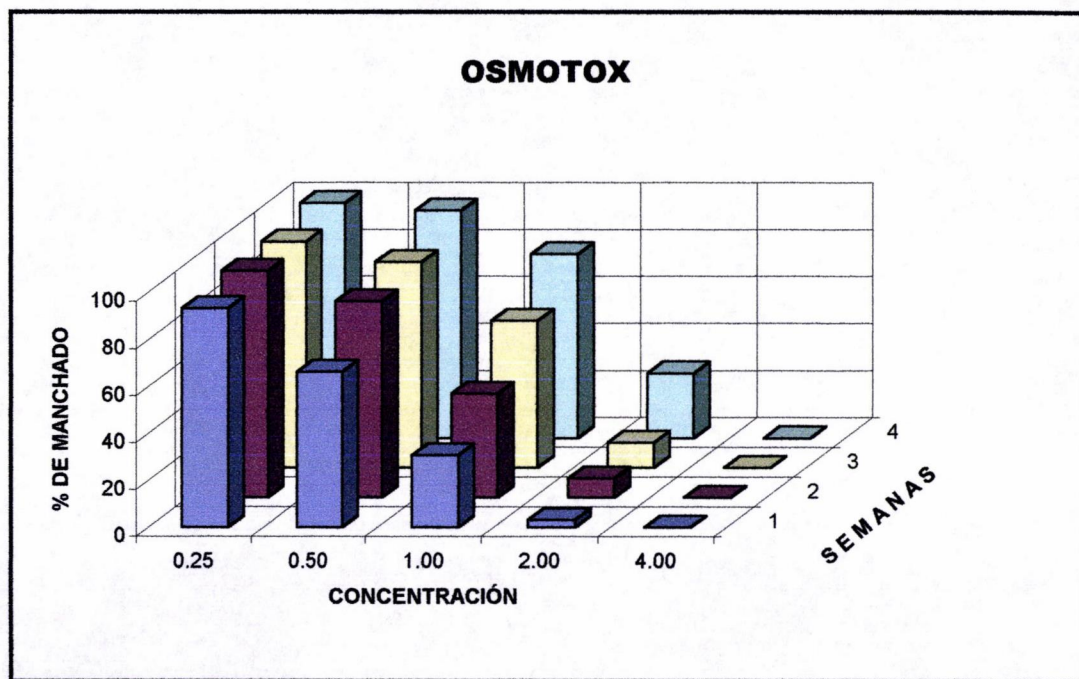


Fig. 12. Por ciento de manchado de la madera tratada con OTX por concentración y semana de prueba.

Para determinar la concentración para crecimiento cero (CO), con OTX, se determinó el logaritmo de las cinco concentraciones con sus respectivos porcentos de manchado, calculados éstos con respecto al porcentaje de manchado del tratamiento testigo, la tendencia al aplicar el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ indicando que:

$$Y = 60.5 - 89.7 \text{Log}(X)$$

$$r = -0.96$$

donde

Y : % comparativo de manchado

X : concentración

r : coeficiente de correlación

Al calcular el antilogaritmo del valor de X, donde la línea recta cruza el eje de las concentraciones (Figura 13), se obtuvo que la concentración de OTX, necesaria para crecimiento cero (CO), es:

$$CO = 4.68\%$$

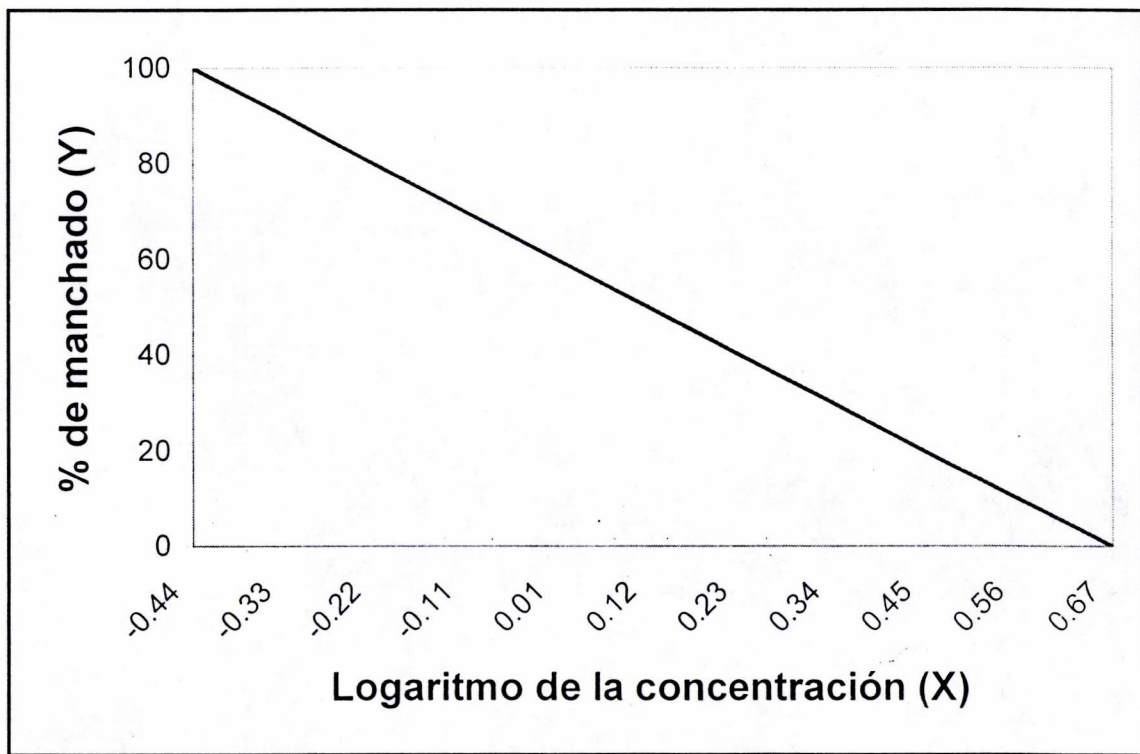


Fig. 13. Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de OTX (según la norma ASTM D 4445-91).

En la figura 14, se ilustra el estado final que mostraron las probetas tratadas con OTX, al término de la prueba. En ella se muestran dos probetas representativas de las diez que se ensayaron con cada concentración.

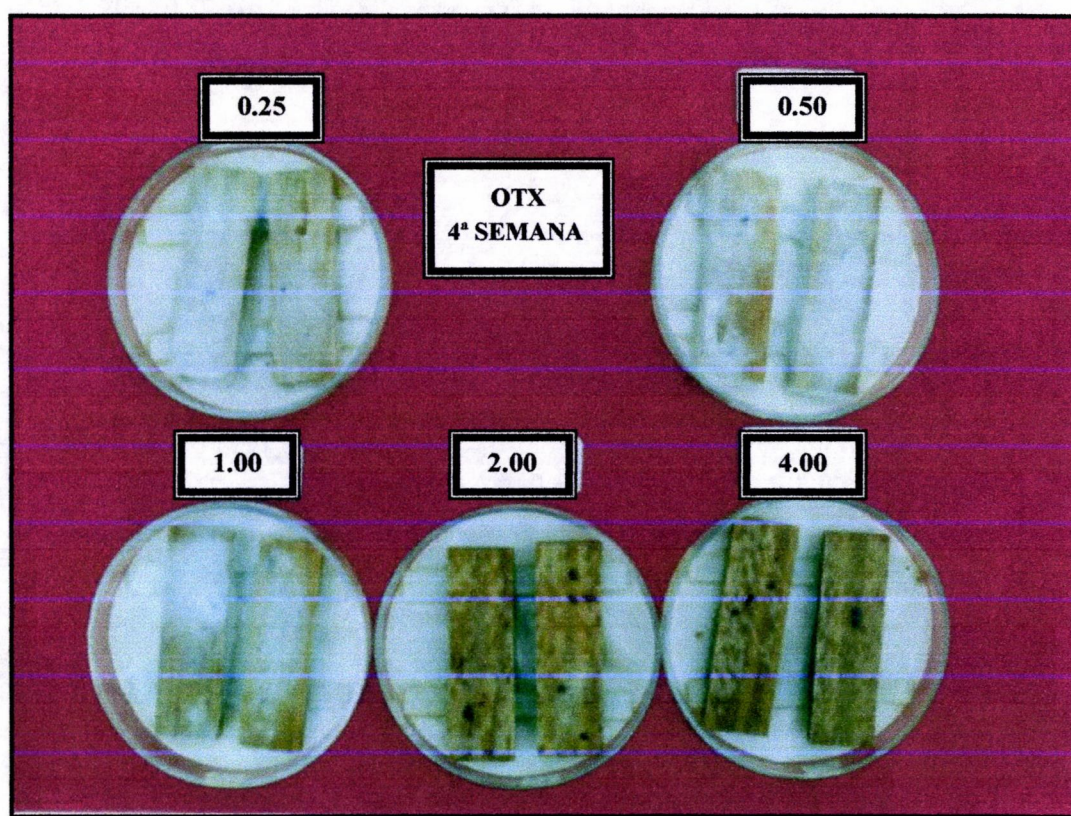


Fig. 14. Estado final de las probetas tratadas con OTX.

5.3 PENTATOX

Se presentan los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas de madera sometidas a baño, con cada una de las cinco concentraciones de PTX, y la intensidad de manchado con esas concentraciones al final de cada una de las cuatro semanas de prueba. Ver cuadro 4.

Cuadro 4. Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con PTX por semana y concentración. Número de probetas/concentración = 10

Semana	Primera					Segunda				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	35.54	35.18	6.43	0	0	49.64	48.21	6.43	0	0
Desv. Est.	43.62	46.28	20.33	0.00	0.00	46.59	44.88	20.33	0.00	0.00
Semana	Tercera					Cuarta				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	68.04	67.14	8.93	0	0	86.07	81.79	16.79	2.86	0
Desv. Est.	36.21	41.03	27.00	0.00	0.00	25.83	38.63	35.64	9.04	0.00

Se presentan gráficamente los porcentajes de manchado obtenidos con el fungicida PTX, por concentración y semana de prueba. Ver figura 15.

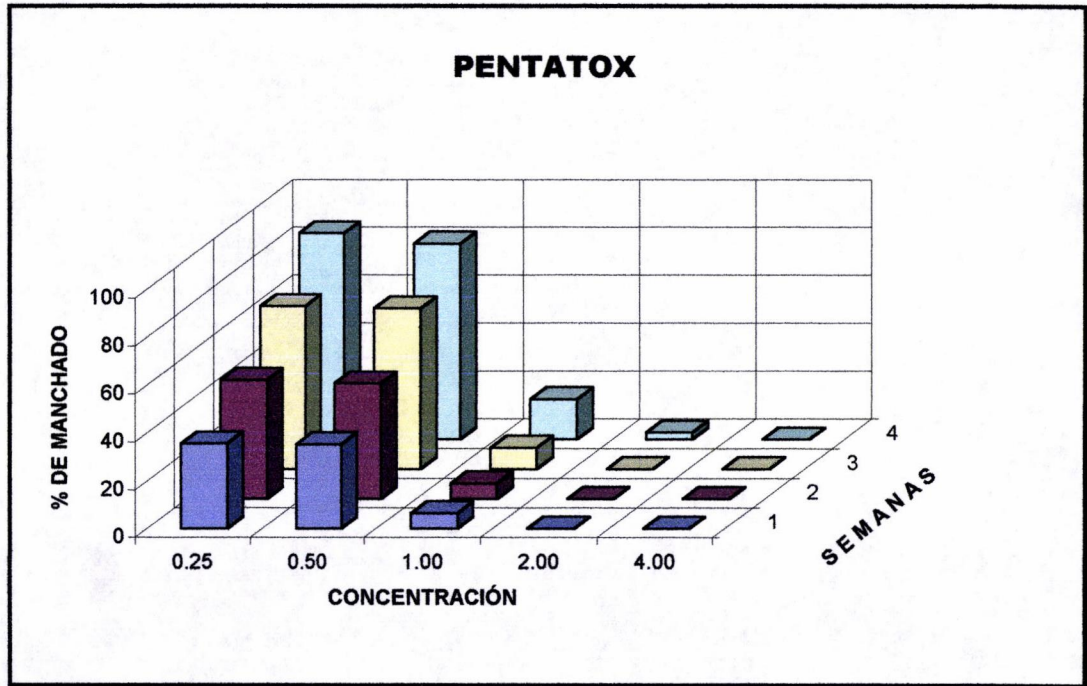


Fig. 15. Porciento de manchado de la madera tratada con PTX por concentración y semana de prueba.

Obteniendo el logaritmo de las concentraciones con sus respectivos porcentajes de manchado, se determinó la concentración para crecimiento cero (CO), para el fungicida PTX.

Los porcentajes de manchado se calcularon con respecto al porcentaje de manchado del tratamiento testigo, la tendencia al aplicar el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ indicando que:

$$Y = 37.5 - 83.7 \text{Log}(X)$$

$$r = -0.93$$

donde

Y : % comparativo de manchado

X : concentración

r : coeficiente de correlación

Al calcular el antilogaritmo del valor de X, donde la línea recta cruza el eje de las concentraciones (Figura 16), se obtuvo que la concentración de PTX, necesaria para crecimiento cero (CO), es:

$$CO = 2.82 \%$$

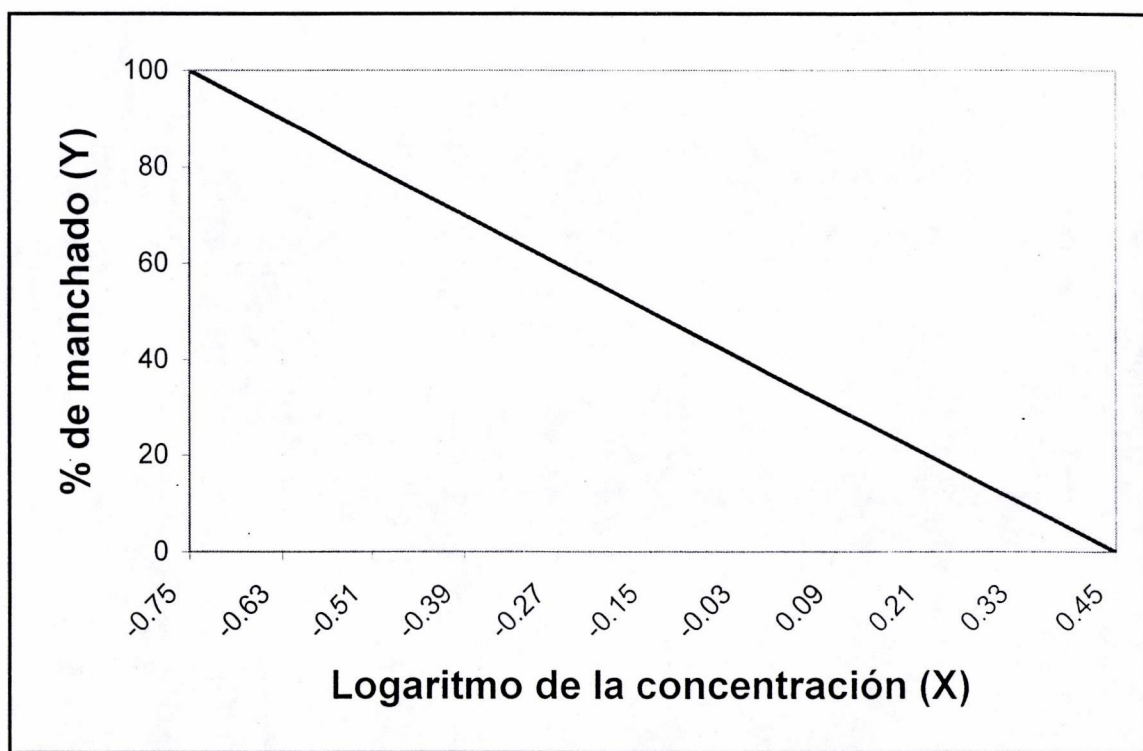


Fig. 16. Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de PTX (según la norma ASTM D 4445-91).

En la figura 17, se ilustra el estado final que mostraron las probetas tratadas con PTX, al término de la prueba. En ella se muestran dos probetas representativas de las diez que se ensayaron con cada concentración.

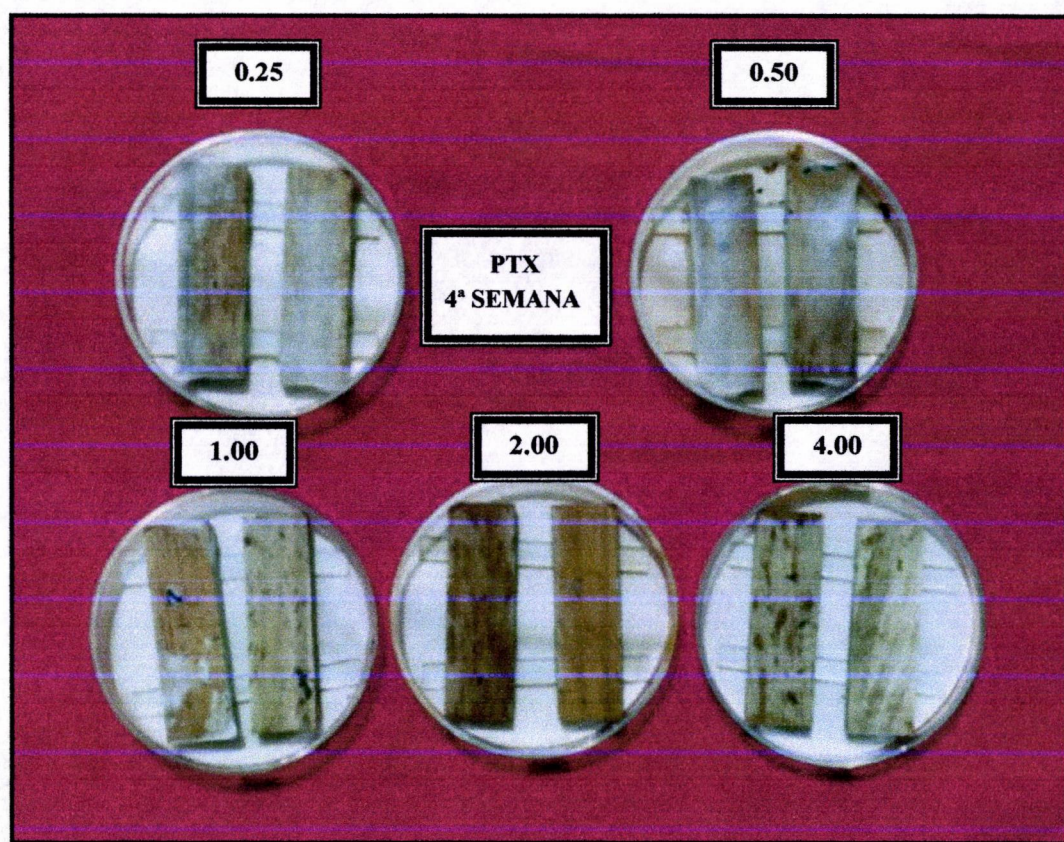


Fig. 17. Estado final de las probetas tratadas con PTX.

5.4 BIOTOX

Los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas de madera sometidas a baño con cada una de las cinco concentraciones de BTX, y la intensidad de manchado con esas concentraciones al final de cada una de las cuatro semanas de prueba, se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con BTX por semana y concentración. Número de probetas/concentración = 10

Semana	Primera					Segunda				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	38.93	35.36	1.61	0	0	48.39	39.64	1.61	0	0
Desv. Est.	35.44	33.44	5.08	0	0	38.72	31.96	5.08	0	0
Semana	Tercera					Cuarta				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	71.96	67.14	9.11	0	0	96.96	75.18	31.61	12.86	0
Desv. Est.	25.27	29.26	14.88	0	0	5.33	32.08	31.16	24.16	0

Se muestra en la figura 18, los porcentajes de manchado, en forma gráfica con el tratamiento de BTX, por concentración y semana de prueba.

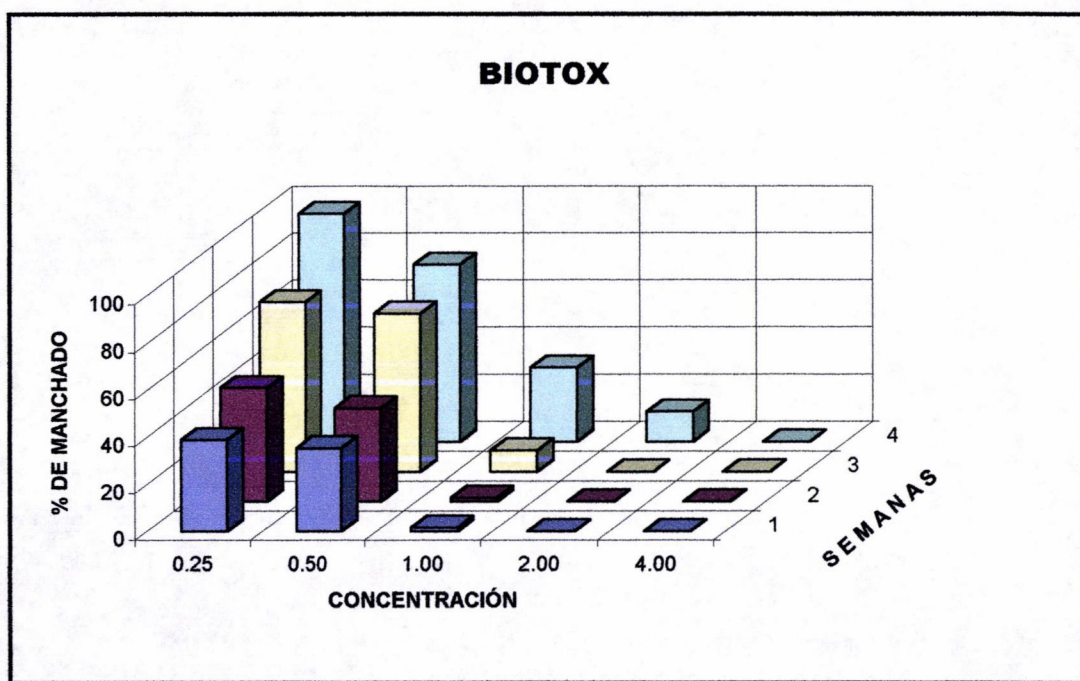


Fig. 18. Porciento de manchado de la madera tratada con BTX por concentración y semana de prueba.

Para determinar la concentración para crecimiento cero (CO), con BTX, se determinó el logaritmo de las cinco concentraciones con sus respectivos porcentos de manchado, calculados éstos con respecto al porciento de manchado del tratamiento testigo, la tendencia al aplicar el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ indicando que:

$$Y = 43.3 - 85.4 \text{Log}(X)$$

$$r = -0.98$$

donde

Y : % comparativo de manchado

X : concentración

r : coeficiente de correlación

Al calcular el antilogaritmo del valor de X, donde la línea recta cruza el eje de las concentraciones, se obtuvo que la concentración de BTX, necesaria para crecimiento cero (CO), es: CO = 3.24 %. Ver figura 19.

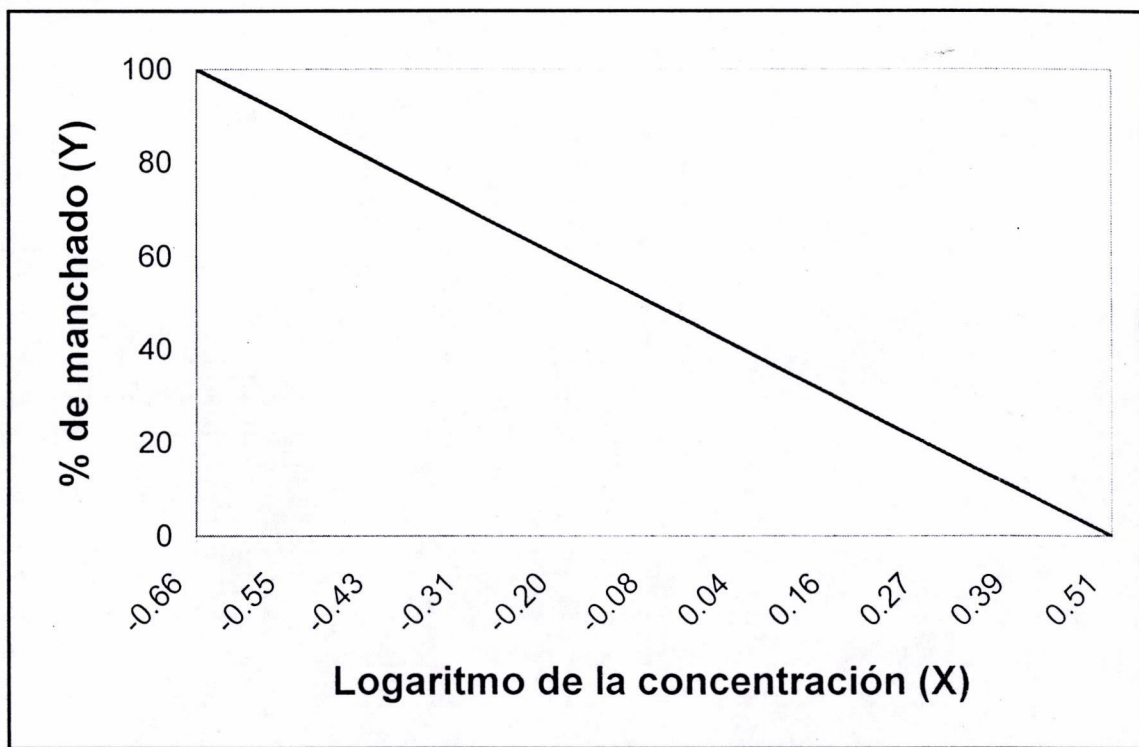


Fig. 19. Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de BTX (según la norma ASTM D 4445-91).

En la figura 20, se ilustra el estado final que mostraron las probetas tratadas con BTX, al término de la prueba. En esta figura se muestran dos probetas representativas de las diez que se ensayaron con cada concentración.

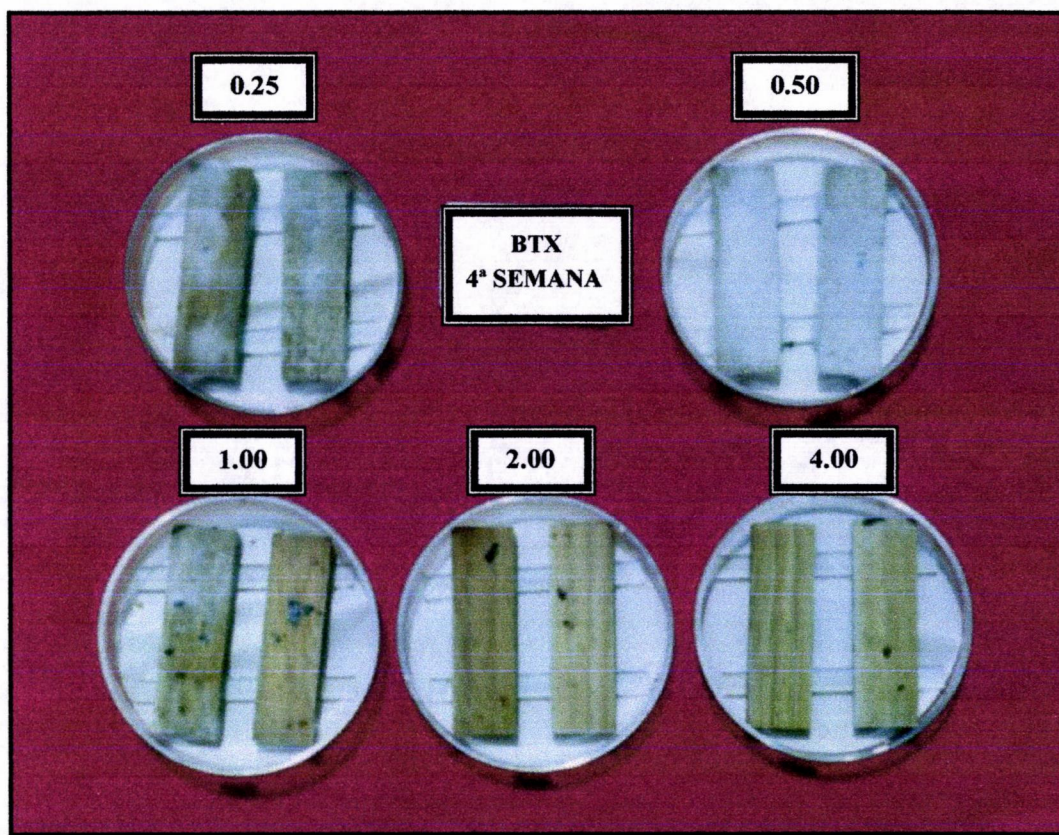


Fig. 20. Estado final de las probetas tratadas con BTX.

5.5 BUSAN 1009

En el cuadro 6, se presentan los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas de madera sometidas a baño con cada una de las cinco concentraciones de B-1009, y la intensidad de manchado con esas concentraciones al final de cada una de las cuatro semanas de prueba.

Cuadro 6. Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1009 por semana y concentración. Número de probetas/concentración = 10

Semana	Primera					Segunda				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desv. Est.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana	Tercera					Cuarta				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desv. Est.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En la figura 21, se presentan gráficamente los porcentajes de manchado resultantes con el tratamiento de B-1009, por concentración y semana de prueba.

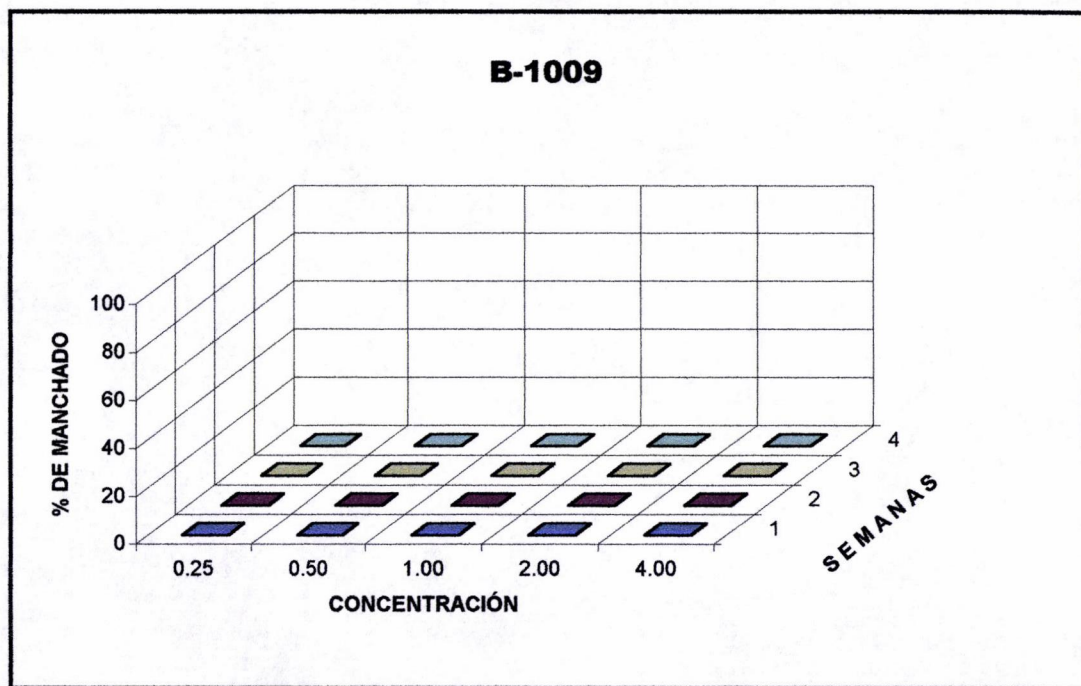


Fig. 21. Porciento de manchado de la madera tratada con B-1009 por concentración y semana de prueba.

Para determinar la concentración para crecimiento cero (CO), con B-1009, se determinó el logaritmo de las cinco concentraciones con sus respectivos porciento de manchado, calculados éstos con respecto al porciento de manchado del tratamiento testigo, la tendencia al aplicar el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ indicando que:

$$Y = 0 - 0 \text{Log}(X)$$

$$r = 0$$

donde

Y : % comparativo de manchado

X : concentración

r : coeficiente de correlación

Con el fungicida B-1009, como se observa en el cuadro 6, no se presentó manchado aún para la mas baja concentración y menor tiempo, por lo que no se elaboró el gráfico para determinar el crecimiento cero, es decir las concentraciones manejadas estuvieron todas por arriba de la mínima necesaria, no permitiendo ello el poder estimar ese valor, entendiéndose entonces que $CO < 0.25 \%$.

En la figura 22, se presenta el estado final que mostraron las probetas tratadas con B-1009, al término de la prueba. En ella se muestran dos probetas representativas de las diez que se ensayaron con cada concentración.

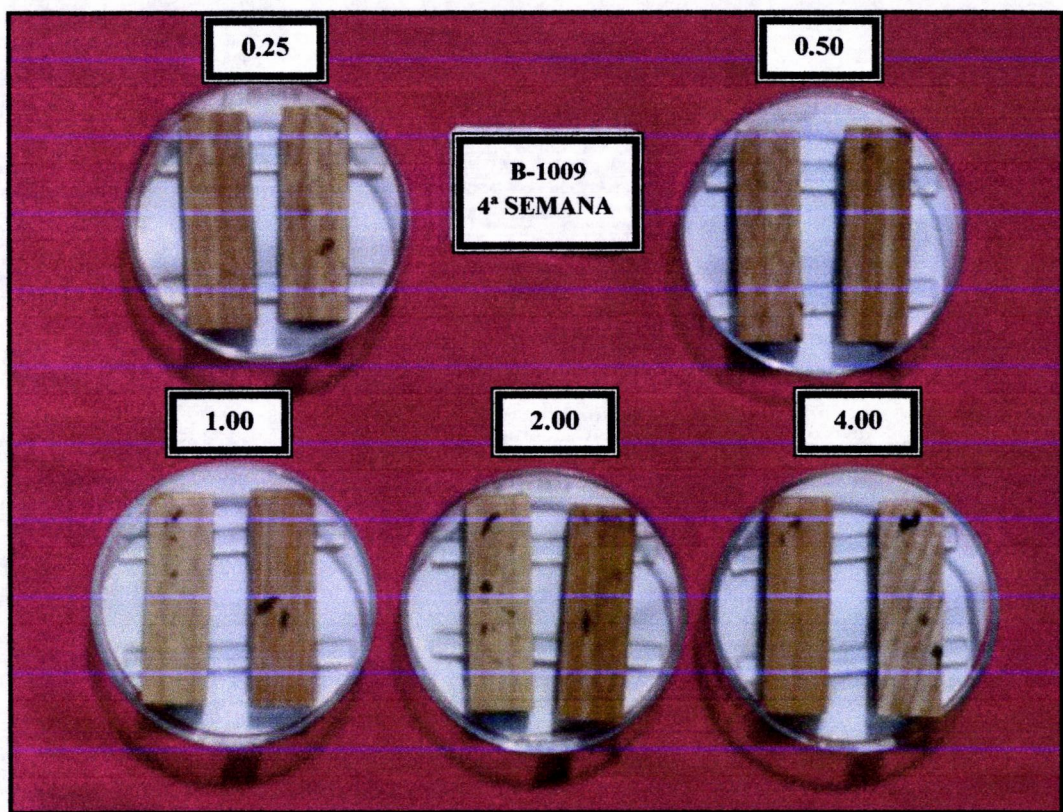


Fig. 22. Estado final de las probetas tratadas con B-1009.

5.6 BUSAN 1450

Los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas de madera sometidas a baño con cada una de las cinco concentraciones de B-1450, y la intensidad de manchado con esas concentraciones al final de cada una de las cuatro semanas de prueba, se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1450 por semana y concentración. Número de probetas/concentración = 10

Semana	Primera					Segunda				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desv. Est.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana	Tercera					Cuarta				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desv. Est.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Se muestra en la figura 23, los porcentajes de manchado, en forma gráfica con el tratamiento de B-1450, por concentración y semana de prueba.

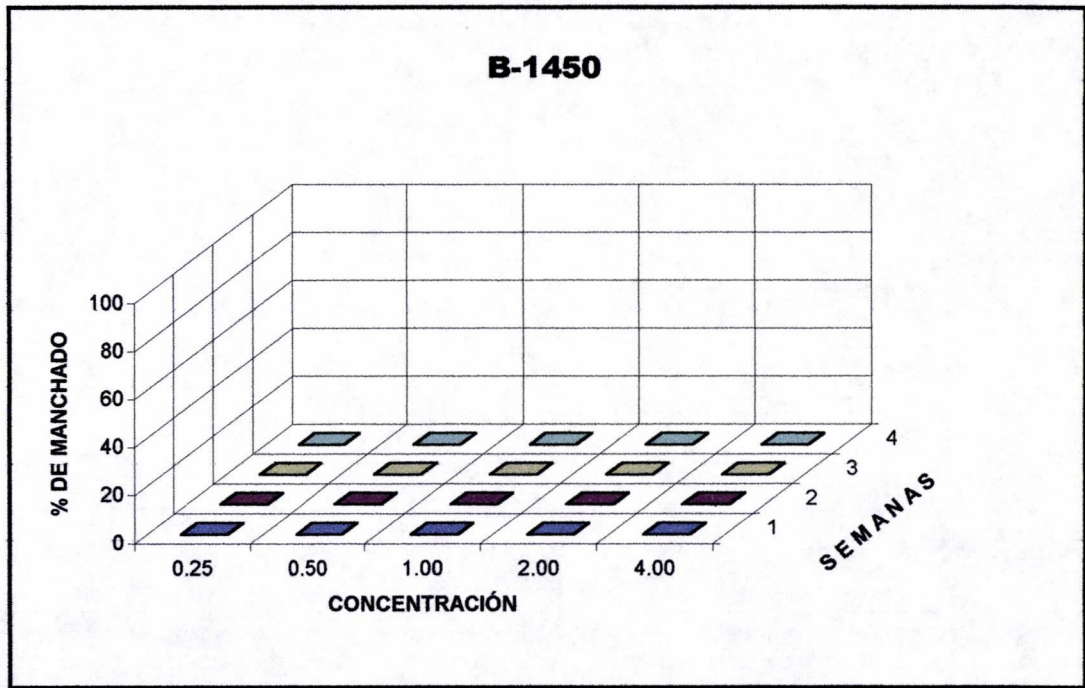


Fig. 23. Por ciento de manchado de la madera tratada con B-1450 por concentración y semana de prueba.

Para determinar la concentración para crecimiento cero (CO), con B-1450, se determinó el logaritmo de las cinco concentraciones con sus respectivos porcentos de manchado, calculados éstos con respecto al porcentaje de manchado del tratamiento testigo, la tendencia al aplicar el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ indicando que:

$$Y = 0 - 0 \text{Log}(X)$$

$$r = 0$$

donde

Y : % comparativo de manchado

X : concentración

r : coeficiente de correlación

Con el fungicida B-1450, como se observa en el cuadro 7, no se presentó manchado aún para la mas baja concentración y menor tiempo, por lo que no se elaboró el gráfico para determinar el crecimiento cero, es decir las concentraciones manejadas estuvieron todas por arriba de la mínima necesaria, no permitiendo ello el poder estimar ese valor, entendiéndose entonces que $CO < 0.25 \%$.

En la figura 24, se presenta el estado final que mostraron las probetas tratadas con B-1450, al término de la prueba. En ella se muestran dos probetas representativas de las diez que se ensayaron con cada concentración.

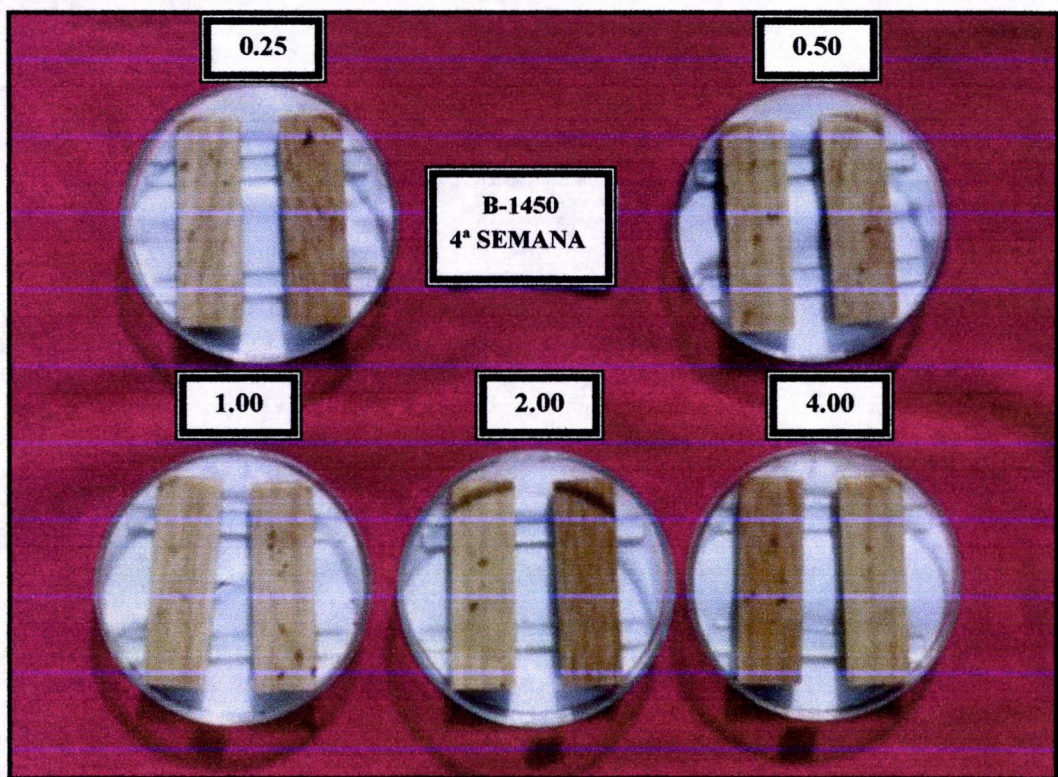


Fig. 24. Estado final de las probetas tratadas con B-1450.

5.7 BUSAN 1071

Se presentan los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas de madera sometidas a baño, con cada una de las cinco concentraciones de B-1071, y la intensidad de manchado con esas concentraciones al final de cada una de las cuatro semanas de prueba. Ver cuadro 8.

Cuadro 8. Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1071 por semana y concentración. Número de probetas/concentración = 10

Semana	Primera					Segunda				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desv. Est.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Semana	Tercera					Cuarta				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desv. Est.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Se presentan gráficamente los porcentajes de manchado obtenidos con el fungicida B-1071, por concentración y semana de prueba. Ver figura 25.

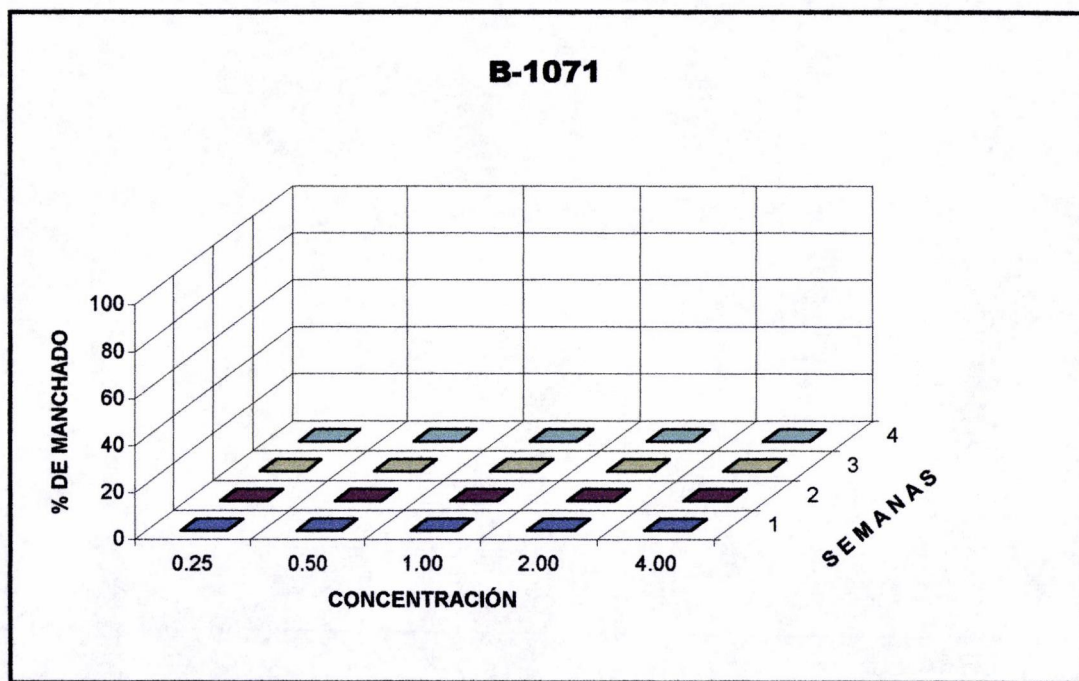


Fig. 25. Porciento de manchado de la madera tratada con B-1071 por concentración y semana de prueba.

Obteniendo el logaritmo de las concentraciones con sus respectivos porcentajes de manchado, se determinó la concentración para crecimiento cero (CO), para el fungicida B-1071.

Los porcentajes de manchado se calcularon con respecto al porcentaje de manchado del tratamiento testigo, la tendencia al aplicar el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ indicando que:

$$Y = 0 - 0 \text{Log}(X)$$

$$r = 0$$

donde

Y : % comparativo de manchado

X : concentración

r : coeficiente de correlación

Con el fungicida B-1071, como se observa en el cuadro 8, no se presentó manchado aún para la mas baja concentración y menor tiempo, por lo que no se elaboró el gráfico para determinar el crecimiento cero, es decir las concentraciones manejadas estuvieron todas por arriba de la mínima necesaria, no permitiendo ello el poder estimar ese valor, entendiéndose entonces que $CO < 0.25 \%$.

En la figura 26, se presenta el estado final que mostraron las probetas tratadas con B-1071, al término de la prueba. En ésta figura se muestran dos probetas representativas de las diez que se ensayaron con cada concentración.

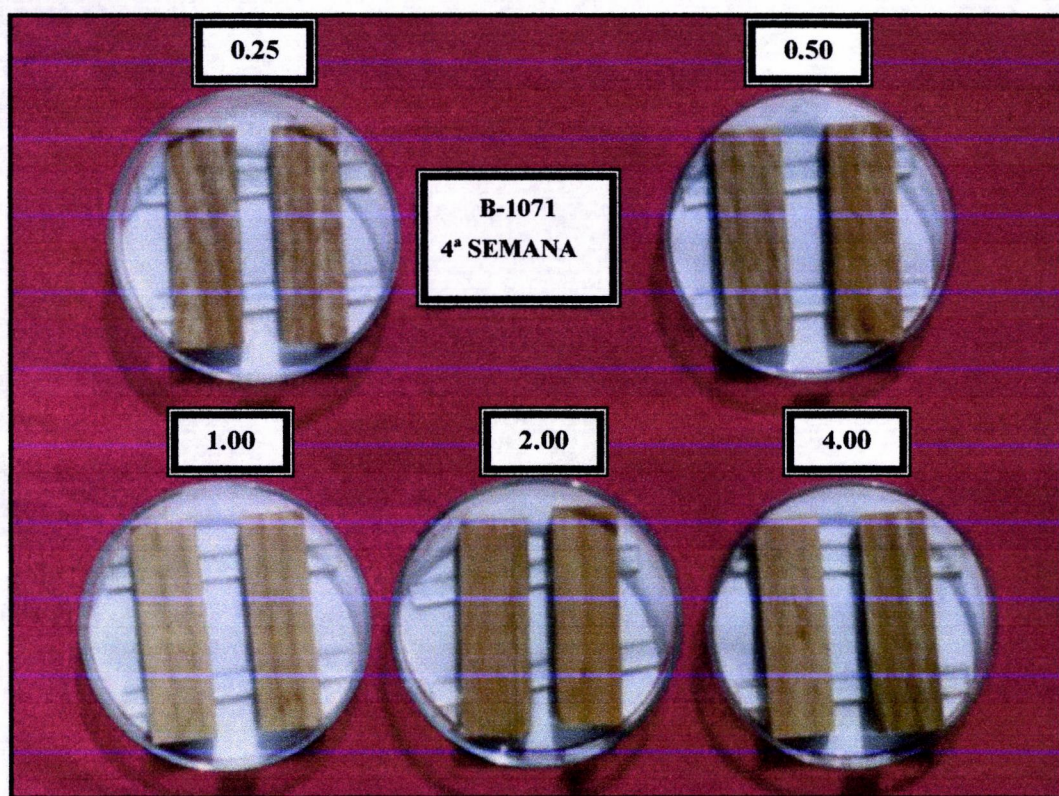


Fig. 26. Estado final de las probetas tratadas con B-1071.

5.8 BUSAN 1118

En el cuadro 9, se presentan los resultados de la superficie manchada promedio de las probetas de madera sometidas a baño con cada una de las cinco concentraciones de 1118, y la intensidad de manchado con esas concentraciones al final de cada una de las cuatro semanas de prueba.

Cuadro 9. Porcentaje medio de manchado en las probetas tratadas con B-1118 por semana y concentración. Número de probetas/concentración = 10

Semana	Primera					Segunda				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	30.36	0	0	0	0	44.29	0	0	0	0
Desv. Est.	31.34	0	0	0	0	34.14	0	0	0	0
Semana	Tercera					Cuarta				
Conc. (%)	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00	0.25	0.50	1.00	2.00	4.00
Superficie manchada media en %	62.86	0	0	0	0	86.96	0	0	0	0
Desv. Est.	35.73	0	0	0	0	25.95	0	0	0	0

En la figura 27, se presentan gráficamente los porcentajes de manchado resultantes con el tratamiento de B-1118, por concentración y semana de prueba.

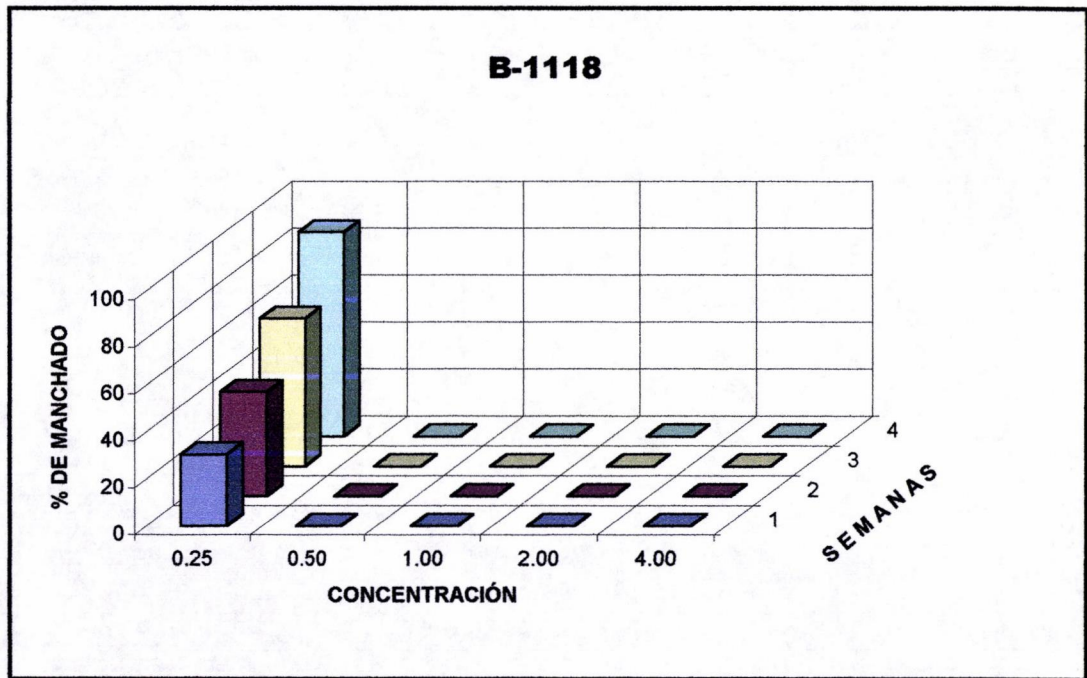


Fig. 27. Porciento de manchado de la madera tratada con B-1118 por concentración y semana de prueba.

Para determinar la concentración para crecimiento cero (CO), con B-1118, se determinó el logaritmo de las cinco concentraciones con sus respectivos porcentos de manchado, calculados éstos con respecto al porciento de manchado del tratamiento testigo, la tendencia al aplicar el modelo $Y = \beta_0 + \beta_1 \text{Log}(X)$ indicando que:

$$Y = 17.4 - 58.0 \text{Log}(X)$$

$$r = -0.71$$

donde

Y : % comparativo de manchado

X : concentración

r : coeficiente de correlación

Al calcular el antilogaritmo del valor de X, donde la línea recta cruza el eje de las concentraciones (Figura 28), se obtuvo que la concentración de B-1118, necesaria para crecimiento cero (CO), es:

$$CO = 2.00 \%$$

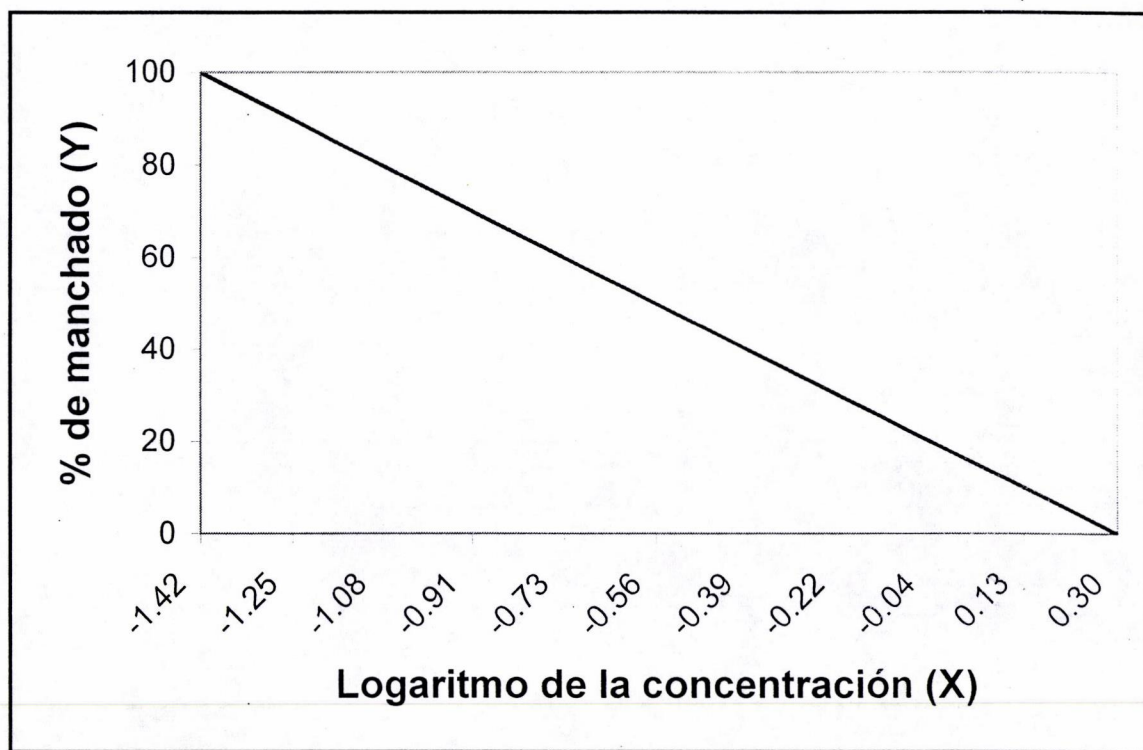


Fig. 28. Recta de regresión para determinar CO "crecimiento cero" de B-1118 (según la norma ASTM D 4445-91).

En la figura 29, se ilustra el estado final que mostraron las probetas tratadas con B-1118, al término de la prueba. En ella se muestran dos probetas representativas de las diez que se ensayaron con cada concentración.

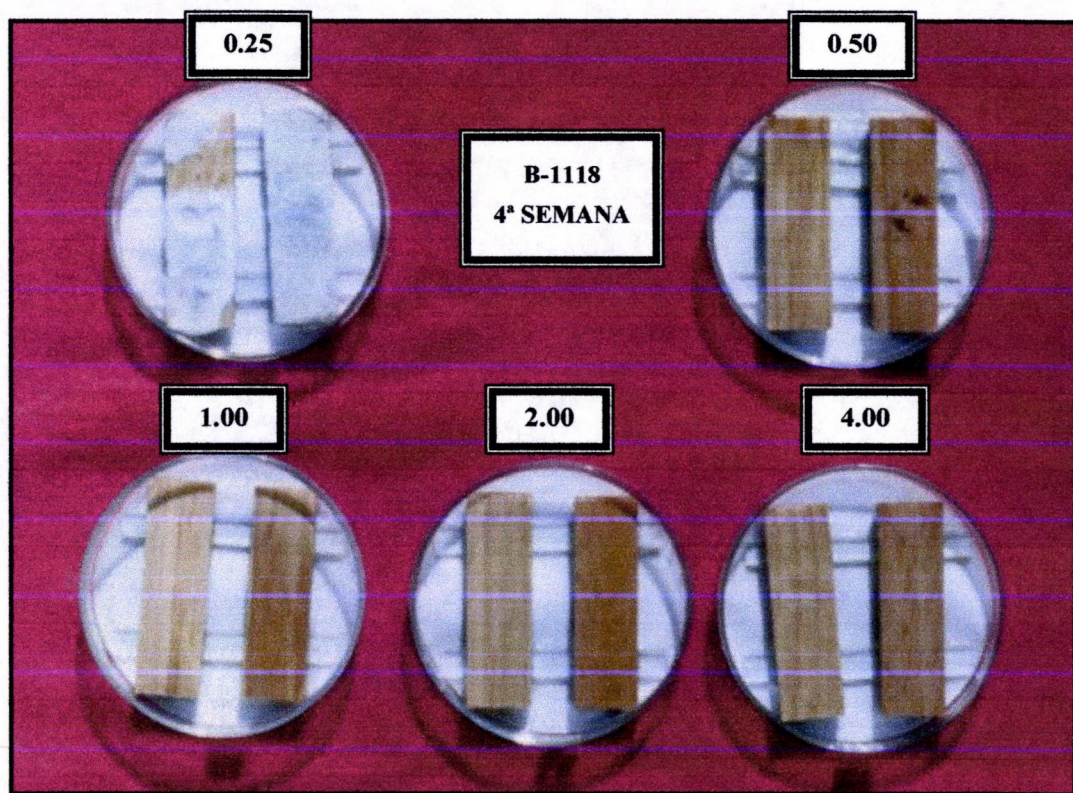


Fig. 29. Estado final de las probetas tratadas con B-1118.

Cuadro 10. Concentración para crecimiento cero CO y concentración recomendada por los proveedores para cada uno de los productos ensayados.

PRODUCTO	CONCENTRACIÓN PARA CRECIMIENTO CERO	SEMANAS	CONC. RECOMENDADA POR LOS PROVEEDORES
OTX	4.68	4 SEMANAS	DE 1 A 2 %
	3.72	3 SEMANAS	
	3.31	2 SEMANAS	
PTX	2.82	4 SEMANAS	DE 1.13 A 2.26 %
	2.69	3 SEMANAS	
	2.63	2 SEMANAS	
BTX	3.24	4 SEMANAS	DE 1.19 A 1.79 %
	2.63	3 SEMANAS	
	2.45	2 SEMANAS	
B-1009	0.25	4 SEMANAS	DE 1 A 4 %
B-1450	0.25	4 SEMANAS	DE 1 A 4 %
B-1071	0.25	4 SEMANAS	DE 2 A 4 %
B-1118	2.00	4 SEMANAS	DE 1 A 2 %
	2.00	3 SEMANAS	
	2.00	2 SEMANAS	

5.9 AVANCE DEL MANCHADO

Respecto a la forma en que se fue desarrollando el hongo cromógeno en su efecto de manchado, se presenta en el cuadro 11. la concentración y tiempo de exposición de manera conjunta para los siete productos antimancha ensayados.

Cuadro 11. Avance del manchado por tipo de producto, concentración y tiempo de exposición (*).

PRODUCTO	CONCENTRACIÓN %	1ª SEMANA	2ª SEMANA.	3ª SEMANA	4ª SEMANA
OTX	0.25	+++	---	---	+++
	0.50	+++	---	---	+++
	1.00	++	--	---	+++
	2.00	+	-	++	++
	4.00	-	-	-	-
PTX	0.25	++	+-	---	+++
	0.50	++	+-	+++	+++
	1.00	+	+	+	++
	2.00	-	-	-	+
	4.00	-	-	-	-
BTX	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	-	-	-	-

Cuadro 11. (...continuación). Avance del manchado por tipo de producto, concentración y tiempo de exposición (*).

PRODUCTO	CONCENTRACIÓN %	1 ^a SEMANA	2 ^a SEMANA.	3 ^a SEMANA	4 ^a SEMANA
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 mas del 50% de la superficie de la probeta.

5.10 COSTOS DE TRATAMIENTO

En el cuadro 12, se muestran las concentraciones para crecimiento cero resultantes.

Cuadro 12. Concentraciones para crecimiento cero resultantes y costos de cada producto.

PRODUCTO	CONCENTRACIÓN PARA CO (%)	\$/Kg
OTX	4.68	40.48
PTX	2.82	31.63
BTX	3.24	38.14
B-1009	< 0.25	164.08
B-1450	< 0.25	200.00
B-1071	< 0.25	70.58
B-1118	2.00	244.88

5.10.1 PARA OTX

$$\begin{aligned}\text{Concentración para CO} &= 4.68 \% \\ &= 4.68 \text{ Kg en 100 Litros de agua}\end{aligned}$$

$$\text{Solución requerida} = 15.858 \text{ litros}$$

$$\begin{aligned}\text{Producto sólido requerido} &= \frac{(4.68) (15.858)}{100} \\ &= 0.742 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Si el precio del producto comercial es de \$ 40.48, el costo del tratamiento será de:

$$0.742 \text{ Kg} \times \$ 40.48 = \$ 30.04$$

5.10.2 PARA PTX

$$\begin{aligned}\text{Concentración para CO} &= 2.82 \% \\ &= 2.82 \text{ Kg en 100 Litros de agua}\end{aligned}$$

$$\text{Solución requerida} = 15.858 \text{ litros}$$

$$\begin{aligned}\text{Producto sólido requerido} &= \frac{(2.82) (15.858)}{100} \\ &= 0.447 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Si el precio del producto comercial es de \$ 31.63, el costo del tratamiento será de:

$$0.447 \text{ Kg} \times \$ 31.63 = \$ 14.13$$

5.10.3 PARA BTX

$$\begin{aligned}\text{Concentración para CO} &= 3.24 \% \\ &= 3.24 \text{ Kg en } 100 \text{ Litros de agua}\end{aligned}$$

$$\text{Solución requerida} = 15.858 \text{ litros}$$

$$\begin{aligned}\text{Producto sólido requerido} &= \frac{(3.24)(15.858)}{100} \\ &= 0.514 \text{ Kg}\end{aligned}$$

Si el precio del producto comercial es de \$ 38.14, el costo del tratamiento será de:

$$0.514 \text{ Kg} \times \$ 38.14 = \$ 19.60$$

5.10.4 PARA B-1009

$$\begin{aligned}\text{Concentración para CO} &= 0.25 \% \\ &= 0.250 \text{ Lt en } 100 \text{ Litros de agua}\end{aligned}$$

$$\text{Solución requerida} = 15.858 \text{ Litros}$$

$$\begin{aligned}\text{Producto sólido requerido} &= \frac{(0.250)(15.858)}{100} \\ &= 0.040 \text{ Litros}\end{aligned}$$

Si el precio del producto comercial es de \$ 164.80, el costo del tratamiento será de:

$$0.040 \text{ Lt} \times \$ 164.80 = \$ 6.59$$

5.10.5 PARA B-1450

$$\begin{aligned}\text{Concentración para CO} &= 0.25 \% \\ &= 0.250 \text{ Lt en } 100 \text{ Litros de agua}\end{aligned}$$

$$\text{Solución requerida} = 15.858 \text{ Litros}$$

$$\begin{aligned}\text{Producto sólido requerido} &= \frac{(0.250) (15.858)}{100} \\ &= 0.040 \text{ Litros}\end{aligned}$$

Si el precio del producto comercial es de \$ 200.00, el costo del tratamiento será de:

$$0.040 \text{ Lt} \times \$ 200.00 = \$ 8.00$$

5.10.6 PARA B-1071

$$\begin{aligned}\text{Concentración para CO} &= 0.25 \% \\ &= 0.250 \text{ Lt en } 100 \text{ Litros de agua}\end{aligned}$$

$$\text{Solución requerida} = 15.858 \text{ Litros}$$

$$\begin{aligned}\text{Producto sólido requerido} &= \frac{(0.250) (15.858)}{100} \\ &= 0.040 \text{ Litros}\end{aligned}$$

Si el precio del producto comercial es de \$ 70.58, el costo del tratamiento será de:

$$0.040 \text{ Lt} \times \$ 70.58 = \$ 2.82$$

5.10.7 PARA B-1118

Concentración para CO = 2.00 %
 = 2.00 Lt en 100 Litros de agua

Solución requerida = 15.858 Litros

Producto sólido requerido =
$$\frac{(2.00)(15.858)}{100}$$

 = 0.317 Litros

Si el precio del producto comercial es de \$ 244.88, el costo del tratamiento será de:

$$0.317 \text{ Lt} \times \$ 244.88 = \$ 77.63$$

En el cuadro 13, se presentan los costos de tratamiento de referencia para los productos ensayados.

Cuadro 13. Costos de tratamiento de referencia para los productos ensayados.

PRODUCTO	COSTO DEL TRATAMIENTO (1000 pt) EN PESOS
OTX	30.04
PTX	14.13
BTX	19.60
B-1009	6.59
B-1450	8.00
B-1071	2.82
B-1118	77.63

5.11 COMPARACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Los resultados del análisis de varianza aplicado para los tratamientos y concentraciones se presentan en el cuadro 14.

Cuadro 14. Análisis de varianza para los 31 tratamientos en la cuarta semana de ensayo.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F
Modelo	35	241.6427	6.9041	71.5193
Error	324	31.2771	0.0965	
Total	359	272.9198		

Dado que la diferencia entre tratamientos resultó altamente significativa, se realizó una comparación entre medias de tratamiento aplicando la prueba de Tukey, cuya diferencia mínima significativa resultó ser de 0.5386. En el cuadro 15 se presentan los tratamientos y concentraciones, en donde las cifras de 25, 50, 100, 200 y 400 anexadas al nombre del producto, indican las concentraciones de 0.25, 0.50, 1.00, 2.00 y 4.00% respectivamente. Los productos agrupados con la misma letra indican que no hay diferencia significativa entre ellos.

Cuadro 15. Prueba de Tukey, para medias de manchado por tratamiento (producto y concentración).

MEDIA (*)	AGRUPAMIENTO	n	PRODUCTO Y CONCENTRACIÓN
2.004	A	10	TESTIGO
2.004	A	10	OTX-25
1.990	A	10	BTX-25
1.987	A	10	OTX-50
1.908	A	10	B-1118-25
1.904	A	10	PTX-25
1.876	A	10	OTX-100
1.826	A	10	BTX-50
1.731	A	10	PTX-50
1.108	B	10	BTX-100
0.971	B	10	OTX-200
0.385	C	10	PTX-100
0.367	C	10	BTX-200
0.147	C	10	PTX-200
0.000	C	10	OTX-400
0.000	C	10	PTX-400
0.000	C	10	BTX-400
0.000	C	10	B-1009-25
0.000	C	10	B-1009-50
0.000	C	10	B-1009-100
0.000	C	10	B-1009-200

Cuadro 15. (... continuación). Prueba de Tukey, para medias de manchado por tratamiento (producto y concentración).

MEDIA (*)	AGRUPAMIENTO	n	PRODUCTO Y CONCENTRACIÓN
0.000	C	10	B-1009-400
0.000	C	10	B-1450-25
0.000	C	10	B-1450-50
0.000	C	10	B-1450-100
0.000	C	10	B-1450-200
0.000	C	10	B-1450-400
0.000	C	10	B-1071-25
0.000	C	10	B-1071-50
0.000	C	10	B-1071-100
0.000	C	10	B-1071-200
0.000	C	10	B-1071-400
0.000	C	10	B-1118-50
0.000	C	10	B-1118-100
0.000	C	10	B-1118-200
0.000	C	10	B-1118-400

(*) Promedio del porciento de manchado por producto y concentración.

6. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

6.1 Respecto al hongo de prueba

Como se puede observar en el resultado de las probetas testigo, éstas experimentaron un manchado rápido desde la primera semana en un 94% de la superficie de la madera, llegando hasta el 100% durante la segunda semana, lo que demuestra que el género *Ceratocystis* es un tipo de hongo cromógeno bastante severo en su ataque a la madera verde, así como la susceptibilidad de la madera de hule al fácil biodeterioro por hongos manchadores, lo cual se puede deber al contenido de extractos presentes en la madera.

Asimismo, se evidencia con ello que las condiciones del inóculo y la inoculación de las probetas de madera sometidas a los diferentes tratamientos (productos antimancha), permiten tener una buena confiabilidad en que el grado de protección que impriman esos productos a la madera en condiciones de laboratorio, se puedan externar como aceptables para su aplicación práctica.

Aunque la norma ASTM D 4445-91 recomienda utilizar como inóculo las especies: *Diplodia natalensis*, *Ceratocystis pilifera*, *Ceratocystis virescens* o *Aureobasidium pullulans*; también se permiten otras especies disponibles y que se conozca que causan el manchado de la madera, por lo que, en base a los resultados aquí obtenidos, se considera aceptable el uso de *Ceratocystis* sp.

6.2 Respecto al método de ensayo

El hecho de haber utilizado dos métodos de manera conjunta para la determinación de la eficacia de los productos antimancha, permitió obtener un mejor panorama del desarrollo del manchado de la madera en el transcurso del tiempo como lo manejan el método utilizado por Peredo (1980), así como la concentración realmente efectiva para inhibir el desarrollo del hongo cromógeno en un período definido como establece la norma ASTM D 4445-91.

En el caso del primer método, el hacer evaluaciones periódicas permitió conocer el ritmo de avance del manchado en cada nivel de concentración, lo que aún para periodos menores a un mes de exposición de la madera, también da la posibilidad de conocer que nivel de concentración es el más adecuado para proteger del manchado la madera.

Respecto al método de evaluación sugerido por la norma ASTM, con la clasificación D 4445-91, éste permite establecer un valor definido de concentración para evitar el desarrollo del hongo cromógeno en un período predeterminado (en este caso 4 semanas), y así generarlo como la concentración recomendable para la preparación de la solución antimancha para proteger a la madera mínimamente en ese período.

Por otra parte, el procedimiento de comparación de tratamientos realizado mediante la prueba de Tukey, permite conocer que tan significativas estadísticamente se presentaron las diferencias entre tratamientos al final de la cuarta semana.

6.3 Respecto a la concentración para manchado cero

En primer término, es conveniente tener de referencia los valores de la concentración que recomiendan los proveedores de dichos productos base, para la preparación de la solución antimancha. Estas concentraciones se presentan en el anexo 1 de manera específica, y van, para el caso de los productos a base de pentaclorofenato de sodio, desde 1 hasta 2.26%. Asimismo para los productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol de 1 hasta 2% y, para el caso de Busan 1118 a base de tiocianometiltio benzotiazol, se recomienda del 1 al 2%.

Considérese en primer lugar las concentraciones para crecimiento cero (CO) de OTX, PTX y BTX (a base de pentaclorofenato de sodio) que fueron de 4.68, 2.82, y 3.24 % respectivamente. Se observa que su rango va desde 2.82 % para PTX, hasta 4.68 % para OTX, 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 mas efectivo PTX, cuya concentración para crecimiento cero (CO) se ubica ligeramente superior al nivel máximo recomendado. Por el contrario el menos efectivo en este grupo fue el OTX 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. es decir, cuatro semanas, pues como se observa en el cuadro 10, el manchado fue gradual y creciente a medida que la concentración ensayada fue mas baja y el tiempo transcurrido fue aumentando. Además, otra causa en la variación de las diferentes concentraciones para crecimiento cero obtenidas para estos tres productos, aún considerando que tienen el mismo ingrediente activo, 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 mas alto que otros, lo que a su vez los hace a unos mas eficaces que a otros.

Por otro lado, en lo que se refiere al producto B-1118 a base de tiocianometiltio benzotiazol, se aprecia aun 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 mas baja (0.25 %), pudiendo observar a simple vista que a partir de 0.5 % de concentración se logra un cero porciento de manchado. Estos resultados mas bajos obtenidos con B-1118 en comparación con el resto de los productos Busan, se pudo deber a que B-1118 es un producto que solamente contiene tiocianometiltio benzotiazol y no contiene metil bistiocianato, el cual si contienen los productos B-1009, B-1450 y B-1071.

Por el contrario, para el caso de todos los productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol, no fue posible registrar indicios de manchado aún para la

concentración mas baja ensayada. Obsérvese que la concentración recomendada por el proveedor va de 1 al 4 %, esto es que el límite inferior representa cuatro veces el mínimo ensayado (0.25 %) y en el cual, como se indicó, no existió manchado transcurridas las cuatro semanas.

Aunque los productos a base de MBT y TCMTB (B-1009, B-1450 y B-1071) están elaborados con el mismo ingrediente activo pero con diferente cantidad de éste, variando desde 2.5 % para B-1071, 8 % para B-1450 y 10 % para B-1009, los resultados en este ensayo muestran bastante efectividad con estos tres productos aun a concentraciones de 0.25 %, pudiendo llegar a ser inferiores, para lo cual se tendría que hacer mas ensayos con concentraciones mas bajas a 0.25 %.

De lo anterior se deduce que estos productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol son de mayor eficacia respecto a la concentración requerida para manchado cero, aún para periodos 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.

Por otro lado, se tiene que las concentraciones mínimas efectivas de los productos OTX y BTX a base de pentaclorofenato de sodio son ligeramente mas altas que las reportadas

por Espinosa (1997), a excepción del producto PTX con el mismo ingrediente activo, el cual resulto tener una concentración mínima efectiva un 30 % inferior a la obtenida por el mismo autor, sin embargo el producto Busan 1009 cuyo ingrediente activo es el metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol, en este ensayo se encontró a la misma concentración mínima efectiva reportada por Espinosa (1997).

Así mismo, Butcher (1974) reporta concentraciones mínimas efectivas con productos a base de pentaclorofenato de sodio de 0.4 y 0.6 %, concentraciones mas bajas que las reportadas en este ensayo.

Por tanto, en forma general los tres productos a base de pentaclorofenato de sodio requirieron concentraciones superiores a las reportadas tanto por Espinosa (1997) como por Butcher (1974), lo cual se pudo deber por un lado a la especie de madera utilizada como prueba, ya que según el CCI (1993) la madera de hule contiene un alto contenido de almidones, lo cual la hace muy propensa al rápido ataque tanto por hongos como insectos. Por otro lado, la especie de hongo de prueba utilizada para este ensayo es diferente a la utilizada en los otros estudios, donde el género *Ceratocystis* tanto en su forma sexual como asexual, es decir, en presencia de ascosporas y/o conidios, es un hongo cromógeno bastante agresivo en cuanto al daño causado a la madera verde, por lo cual se requiere de aplicar soluciones con productos antimancha mas concentradas que cuando se trata con otras especies de hongos manchadores.

La concentración mínima efectiva que se obtuvo en este ensayo para los productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol es menor al 0.25 %, mientras que en Espinosa (1997), se reporta que para este mismo ingrediente activo, como concentración mínima efectiva de 0.50 %, lo cual también se puede deber a las causas mencionadas anteriormente.

Cabe aclarar, que para poder hacer comparaciones entre diferentes estudios de evaluación de productos antimancha, o en general de preservadores para madera, se deben de tomar en cuenta las condiciones en las cuales se desarrollará el hongo (medio de cultivo, temperatura y humedad), así como las condiciones ambientales en que se mantendrá el experimento (tiempo de incubación), tales como la temperatura y la humedad. Además de considerar la especie de hongo de prueba, ya que algunos hongos son mas agresivos que otros. Finalmente, se debe tomar muy en cuenta la especie de madera a utilizar, pues cada madera presenta diferencia en cuanto a la cantidad y tipo de extractivos, los cuales pueden hacerla mayor o menor apetecible a los hongos, es decir, la hacen variable en cuanto a la susceptibilidad al biodeterioro.

6.4 Respecto a los costos de tratamiento

Tomando en cuenta los costos comerciales de cada producto antimancha (anexo 1) y de acuerdo con las concentraciones mínimas efectivas resultantes en este ensayo (cuadro

12), así como la cantidad de producto requerido para el tratamiento de un volumen determinado de madera, se encuentra al producto B-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 mas baratos en su presentación comercial que los productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol, pero como las concentraciones mínimas efectivas resultantes en este ensayo son mas altas que la de los productos a base de MBT y TCMTB, al ser utilizados en el tratamiento del mismo volumen de madera, los costos por tratamiento son mas altos que los de los productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol.

Para el caso, del producto B-1118, a base de tiocianometiltio benzotiazol, aunque su concentración mínima es mas baja que la de los productos a base de pentaclorofenato de sodio, su precio comercial es mayor, por lo que el costo del tratamiento resultó ser mas alto, 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.

6.5 Respecto al análisis de los resultados

Del análisis de varianza de los resultados de porcentaje de manchado obtenidos a la cuarta semana del ensayo (cuadro 14), se desprende que hay diferencias altamente significativas en al menos un tratamiento.

De los resultados presentados en el cuadro 15, se obtiene que dentro de las concentraciones probadas, el grado de protección del producto B-1071 al 0.25 % de concentración es estadísticamente equivalente a OTX al 4 %, PTX al 4 %, BTX al 4 %, B-1009 y B-1450 en todas sus concentraciones y B-1118 del 0.5 hasta el 4 % de concentración; siendo las mejores concentraciones y productos, no lográndose mayor protección para las concentraciones superiores de estos productos.

Así mismo los productos OTX desde el 0.25 hasta el 1 %, BTX al 0.25 y 0.5 %, PTX al 0.25 y 0.50 y B-1118 al 0.25 %, fueron los mas bajos en el grado de protección, ya que estos cuatro productos en estas concentraciones mencionadas no difieren estadísticamente, siendo su resultado equivalente al testigo, es decir, no imprimieron ninguna protección adicional a la madera.

7. CONCLUSIONES

- Con base en los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede decir que el mejor grado de protección se logró con los productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol, todos a concentraciones de 0.25 %, menor que la indicada por el fabricante, siendo el producto Busan 1071 el mas económico en cuanto al costo de tratamiento.
- Los productos a base de pentaclorofenato de sodio OTX, PTX y BTX requirieron concentraciones de 2.82 hasta 4.68 % para crecimiento cero en un periodo de cuatro semanas de exposición.
- El producto a base de tiocianometiltio benzotiazol requirió concentraciones de 2 % para poder lograr un crecimiento cero, de acuerdo al 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 mas 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.
- En términos generales se puede decir que el método de los discos, es un método de laboratorio adecuado para determinar la eficiencia de los preservadores antimancha, usándolo conjuntamente con la norma ASTM D 4445-91.

8. RECOMENDACIONES

Tomando como base este trabajo, se recomienda realizar ensayos simultáneos en laboratorio y en campo, para que de alguna manera se puedan medir las diferencias que existan en condiciones controladas con las condiciones de la práctica en campo.

Así mismo realizar este mismo tipo de estudio con otras especies de hongos manchadores, ya sea de forma individual con un solo espécimen o de manera conjunta con una serie de hongos cromógenos.

Una vez corroborados los datos obtenidos en mas trabajos, entonces si recomendar el uso de algún producto ya sea a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol o pentaclorofenato de sodio, como producto antimancha para madera aserrada de hule como alternativa al pentaclorofenato de sodio en México.

Al manejar productos a base de metil bistiocianato y tiocianometiltio benzotiazol se recomienda no exponerlos a temperaturas elevadas, ya que su ingrediente activo se degrada a temperaturas mayores a 70°C, lo cual inhibe su efecto fungicida contra los hongos cromógenos.

Finalmente se recomienda utilizar el método de los discos conjuntamente con la norma ASTM D 4445-91, para probar la efectividad y determinar la concentración mínima efectiva para crecimiento cero de los fungicidas antimancha.

9. LITERATURA CITADA

Aguirre B., A. y E. Alvarado C. 1983. Evaluación de la incidencia de la mancha azul en madera aserrada en la región de El Salto, Durango. Instituto Tecnológico Forestal No. 1. El Salto, P.N. Durango, México. pp. 325-333.

Aguirre R., C. 1996. Manual para el cultivo del hule (*Hevea brasiliensis* Muell Arg.). Consejo Mexicano del Hule. México, D.F. 168 p.

ASTM. 1992. Annual book of ASTM standards. Designation: D 4445-91. Standar method for testing fungicides for controlling sapstain and mold on unseasoned lumber (laboratory method). American Standar Testing Materials. American Society for Testing and Materials. Philadelphia. pp. 527-530.

Baker C., J. y T. Arrington C. 2001. *Ceratocystis fimbriata*. CABI Crop Protection Compendium. www.public.iastate.edu/~teharrin/CABIinfo.html. 12 p.

Balfas J. 1993 Status of research and development on rubberwood in Indonesia. *In*: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry. 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 16 p.

Boyce. 1961. Forest pathology. Mc Graw Hill, New York. pp. 456-509.

Brion H. 1993. Rubberwood processing-current status and possibilities for improvement. *In*: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry. 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 20 p.

Butcher A., J. y A. Drysdale J. 1974. Field trials with captafol an acceptable antisapstain chemical. Forest Products Journal 24 (11): 28-30.

Butin H. y H. Peredo L. 1986. Hongos parásitos en coníferas de América del Sur. J. Cramer. Berlin. pp. 1-7

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

Castillo B. y H. Michelli. 1970. Prevención y control de la mancha azul en la madera. Informe técnico No. 34. Departamento de la industria y productos forestales. Instituto Forestal. Santiago, Chile. 10 p.

CCI. 1993. A study on the rubberwood industry in Malaysia. UNCED/GATT. Background paper No. 1. Centre du Comerce International. Kuala Lumpur, Malaysia. 67p.

_____. 1993. Investing in rubberwood processing: opportunities, constraints and applications of horizontal integration for the rubber industry. UNCED/GATT. Background paper No. 5. Centre du Comerce International. Kuala Lumpur, Malaysia. 91p.

_____. 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.

_____. 1993. The corrent status of rubberwood processing industries in selected tropical countries of Asia. UNCED/GATT. Background paper No. 4. Centre du Comerce International. Kuala Lumpur, Malaysia. 59 p.

_____. 1993. The potential role of rubberwood in the forest economy of rubber-producing developing countries. UNCED/GATT. Background paper No. 2. Centre du Commerce International. Kuala Lumpur, Malaysia. 43 p.

CMH. 2000. Programa Nacional del Hule. Informe de actividades. Consejo Mexicano del Hule. A.C. México, D.F.

CMH-SAGAR. 2000. Programa Nacional del Hule. Consejo Mexicano del Hule, A.C. - Secretaria de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural. México, D.F. 45 p.

Dahlan J., M., T. Hong L., A. Mohamad y H. H. Wong A. 1994. Preservation of rubberwood. Rubberwood processing and utilization. Forest Research Institute Malaysia. Kuala Lumpur, Malaysia. pp. 85-103.

Delabarre M. y B. Serier J. 1995. L'hevea. Editions Maisonneuve et Larose, Paris. 238p.

Eslyn W., E. 1983. Laboratory evaluation of selected fungicides for control of sapstain and mold on southern pine lumber. Forest Products Journal 33 (4): 65-68.

Erdoiza S., J. J. y M. I. Castillo M. /(s/f). Técnicas para la determinación de la retención y penetración de las sustancias preservadoras dentro de la madera. La madera y su uso en la construcción. No. 20. INIREB, Xalapa, Ver. México. 31 p.

Erdoiza S., J. J. y 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.

Farrell L., R., E. Handar, S. Kay J., R. Blanchette A. y T. Harrington C. 1997. Survey of sapstain organisms in New Zealand and albino anti-sapstain fungi. *In: Biology and prevention of sapstain.* Forest Products Society. Madison. pp. 57-62.

FIRA. 1998. Cultivo y beneficio de hule. Alternativas de inversión rentable para el trópico húmedo mexicano. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura en el Banco de México. Boletín informativo XXX(307). México, D.F. 68 p.

Gobierno del Estado de Tabasco. 1995. Manual para el cultivo del hule en el Estado de Tabasco. Villahermosa, Tab. México. 35 p.

Hallett M., R. 1993. Economics of rubberwood processing in selected asian countries. *In: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry.* 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 8 p.

Hepting G., H. 1971. Diseases of forest and shade of United States, U.S. Dept. of Agriculture Forest Service. Agriculture Hand Book. Madison. pp. 386-658.

Hong, L., T. 1993. Rubberwood processing and utilization. Forest Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. 32 p.

INIFAP. 1993. Guía para la asistencia técnica área de influencia del campo experimental El Palmar. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Tezonapa. Ver. México. 57 p.

IRSG. 1996. World Rubber Statistical Handbook. International Rubber Study Group. Wembley, United Kingdom.

JUNAC. 1988. Manual del grupo andino para preservación de maderas. Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima, Perú. pp. 3-25.

Karunaratne S., W. 1993. Status of the rubber plantations and the rubberwood industry in Sri Lanka. *In: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry.* 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 10 p.

Laks E., P., C. Park G. y D. Richter L. 1993. Anti-sapstain efficacy of borates against *Aureobasidium pullulans*. Forest Products Journal 43 (1): 33-34.

Lampila T. 1993. Opportunities for rubberwood: Plywood production. *In: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry.* 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 23 p.

Mannothra J., M. 1993. Rubberwood production and utilization in India. *In: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry.* 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 72 p.

Marmolejo J. 1991. El manchado azul de la madera en Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Monterrey, N.L. México. 59 p.

Mingliang J.; T. Highley; L. Ferge y 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.

Moldrup S. 1993. Recent developments in the impregnation and drying of rubberwood. *In*: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry. 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 15 p.

Osorio O., M. 1985. *Ceratocystis pilifera*. Hongo causante de mancha azul en madera de *Pinus radiata*. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. pp. 116-119.

Peredo L., M. 1980. Determinación de la eficacia de algunos preservantes antimancha. Publicación Técnica No. 5. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Valdivia, Chile. 13 p.

Peredo L., M. 1989. Peredo L., M. 1989. El pentaclorofenato de sodio como preservante antimancha. Artículo Divulgativo. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Valdivia, Chile. 13 p.

Picón R., L., E. Ortiz C. y J. M. Hernández C. 1997. Manual para el cultivo del Hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 18. Tezonapa, Ver. México. 103 p.

Pinzón L., M. y R. Echenique-Manrique. 1976. Preservadores a base de cobre, cromo y arsénico, su fijación en la madera y su efecto sobre los hongos xilófagos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín divulgativo. No. 39. México, D.F. 16 p.

Rodríguez B. 1960. Los protectores químicos de la madera y su evolución en los últimos años. Apuntes mimeografiados. Madrid, España. 5 p.

Rodríguez M., R. 1993. Enfermedades del hule *Hevea brasiliensis* Muell Arg. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 20. Tezonapa, Ver. México. 14 p.

Rosa F. y A. Bedoya. 1987. Effectiveness of sodium pentachlorophenate as antisapstain after kiln-drying. *In*: Memoria de la VI reunión sobre investigación y desarrollo en productos forestales. Universidad del Bio Bio. 25-27 de nov. Concepción, Chile. 5 p.

Salinas O., R. 1974. Un problema de mohos en madera para empaques. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín divulgativo. No. 35. México, D.F. 18 p.

Sánchez R., R. y C. Gallegos E. /(s/f). Principales hongos que manchan las maderas en el Estado de Michoacán. Centro de Investigaciones Forestales de Occidente. INIF. SARH. Segundo simposio. Uruapan, Mich. México. pp. 1-4.

SAS Institute Inc. 1986. SAS Campus Drive, University of Minnesota. Cary, North Carolina.

Sekhar C., A. 1989. Rubber wood production and utilization. The rubber research institute of India, Rubber board. ministry of commerce and supply. Kottayam, India. 224 p.

Strong J., N., J. Webber F. y R. Eaton A. 1997. Defacement of freshly sawn corsican pine lumber by sapstain and mould fungi and the influence of arthropods. *In*: Biology and prevention of sapstain. Forest Products Society. Madison. pp. 29-37.

Thaipetch S. 1993. Rubberwood production and utilization in Thailand. *In*: International forum on investment opportunities in the rubberwood industry. 20-22 septiembre. Kuala Lumpur, Malaysia. 14 p.

- Torres J., J. 1964. El azulado de la madera y su tratamiento. AITIM. Madrid, España. 63 p.
- Unligil H., H. 1976. Prevention of fungal stain on pine lumber laboratory screening test with fungicides. Forest Products Journal 26 (1): 32-33.
- Unligil H., H. 1979. Laboratory screening tests of fungicides of low toxic hazard for preventing fungal stain of lumber. Forest Products Journal 29 (4): 55-56.
- Vázquez S., L. y G. Novelo G. 1994. Prueba de efectividad de 2 preservadores de madera. SARH-INIFAP. Folleto de Investigación No. 1. Puebla, México. 16 p.
- Webster C., C. y J. Baulkwill W. 1989. Rubber. Tropical Agriculture Series. New York. 614p.
- Xiao Y. 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.
- Yang Q., D. 1997. New approach for potential integrated control of wood sapstain. In: Biology and prevention of sapstain. Forest Products Society. Madison. pp. 45-51.

10. ANEXOS

ANEXO 1. Productos comerciales de donde se obtuvieron los fungicidas para el ensayo y la relación de claves utilizadas en el trabajo.

CLAVE	PRODUCTO COMERCIAL	\$(Kg-Lt) (OCT-02)	FABRICANTE	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS RECOMEN- DADA
OTX	OSMOTOX POLVO	40.48	OSMOSE MEXICANA, S.A. DE C.V.	PENTACLOROFENATO DE SODIO	1-2
PTX	PENTATOX POLVO	31.63	POLAQUIMIA S.A DE C.V.	PENTACLOROFENATO DE SODIO	1.13-2.26
BTX	BIOTOX 10-S POLVO	38.14	PENTACLO- ROFENOL, S.A. DE C.V.	PENTACLOROFENATO DE SODIO	1.19-1.79
B-1009	BUSAN 1009 LÍQUIDO	164.08	BUCKMAN LABORATORIES S.A. DE C.V.	(10%) METIL BISTIOCIANATO Y (10%) 2(TIOCIANOMETILTIO) BENZOTIAZOL	1-4
B-1450	BUSAN 1450 POLVO	200.00	BUCKMAN LABORATORIES S.A. DE C.V.	(8%) METIL BISTIOCIANATO Y (8%) 2(TIOCIANOMETILTIO) BENZOTIAZOL	1-4
B-1071	BUSAN 1071 LÍQUIDO	70.58	BUCKMAN LABORATORIES S.A. DE C.V.	(2.5 - 3.0%) METILEN BISTIOCIANATO Y (2.5 - 3.0%) 2(TIOCIANOMETILTIO) BENZOTIAZOL	2-4
B-1118	BUSAN 1118 LÍQUIDO	244.88	BUCKMAN LABORATORIES S.A. DE C.V.	(29 - 31%) 2(TIOCIANOMETILTIO) BENZOTIAZOL	1-2

ANEXO 2. Toma de datos de manchado por semana de todas las probetas para el tratamiento testigo.

NÚMERO DE PROBETA	PORCIENTO DE MANCHADO			
	PRIMERA SEMANA	SEGUNDA SEMANA	TERCERA SEMANA	CUARTA SEMANA
1	100	100	100	100
2	95	100	100	100
3	100	100	100	100
4	100	100	100	100
5	73	100	100	100
6	68	100	100	100
7	100	100	100	100
8	100	100	100	100
9	100	100	100	100
10	100	100	100	100
MEDIA	93.6	100	100	100

ANEXO 3. Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto OTX.

Primera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	96	84	75	0	0
2	89	48	4	0	0
3	63	41	32	20	0
4	91	77	57	13	0
5	100	18	14	0	0
6	100	71	11	0	0
7	100	38	0	0	0
8	100	88	0	0	0
9	91	98	82	0	0
10	100	100	32	0	0
MED.	93.04	66.25	30.71	3.21	0
S.D.	11.59	28.27	30.92	6.98	0

Segunda semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	100	100	86	0	0
2	100	66	7	0	0
3	63	73	32	27	0
4	100	100	71	39	0
5	100	73	25	0	0
6	100	89	11	0	0
7	100	41	0	0	0
8	100	91	71	0	0
9	100	100	84	0	0
10	100	100	55	16	0
MED.	96.25	83.39	44.29	8.21	0
S.D.	11.86	19.71	33.12	14.32	0

Tercera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	100	100	95	0	0
2	100	75	7	0	0
3	63	77	36	34	0
4	100	100	71	50	0
5	100	91	100	0	0
6	100	100	79	0	0
7	100	41	0	0	0
8	100	91	82	0	0
9	100	100	91	4	0
10	100	100	64	20	0
MED.	96.25	87.50	62.50	10.71	0
S.D.	11.86	18.95	36.01	17.96	0

Cuarta semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	100	100	100	0	0
2	100	100	38	0	0
3	100	100	46	64	0
4	100	100	86	82	0
5	100	100	100	36	0
6	100	100	91	14	0
7	100	68	52	0	0
8	100	100	96	0	0
9	100	100	100	36	0
10	100	100	73	45	0
MED.	100	96.79	78.21	27.68	0
S.D.	0	10.16	24.42	29.75	0

ANEXO 4. Toma de para el producto PTX.

Primera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	20	84	0	0	0
2	0	100	0	0	0
3	77	0	0	0	0
4	0	0	64	0	0
5	59	100	0	0	0
6	0	68	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	100	0	0	0	0
10	100	0	0	0	0
MED.	35.54	35.18	6.43	0	0
S.D.	43.62	46.28	20.33	0.00	0.00

Segunda semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	20	84	0	0	0
2	0	100	0	0	0
3	100	0	0	0	0
4	100	0	64	0	0
5	59	100	0	0	0
6	18	80	0	0	0
7	0	86	0	0	0
8	0	18	0	0	0
9	100	14	0	0	0
10	100	0	0	0	0
MED.	49.64	48.21	6.43	0	0
S.D.	46.59	44.88	20.33	0.00	0.00

Tercera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	86	93	0	0	0
2	0	100	0	0	0
3	100	0	4	0	0
4	100	0	86	0	0
5	61	100	0	0	0
6	45	100	0	0	0
7	21	93	0	0	0
8	68	86	0	0	0
9	100	68	0	0	0
10	100	32	0	0	0
MED.	68.04	67.14	8.93	0	0
S.D.	36.21	41.03	27.00	0.00	0.00

Cuarta semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	89	100	0	0	0
2	18	100	0	0	0
3	100	0	75	0	0
4	100	18	93	0	0
5	100	100	0	0	0
6	75	100	0	0	0
7	79	100	0	0	0
8	100	100	0	29	0
9	100	100	0	0	0
10	100	100	0	0	0
MED.	86.07	81.79	16.79	2.86	0
S.D.	25.83	38.63	35.64	9.04	0.00

ANEXO 5. Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto BTX.

Primera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	59	0	0	0
2	0	13	0	0	0
3	39	68	16	0	0
4	64	52	0	0	0
5	38	11	0	0	0
6	52	0	0	0	0
7	7	79	0	0	0
8	7	73	0	0	0
9	89	0	0	0	0
10	93	0	0	0	0
MED.	38.93	35.36	1.61	0.00	0.00
S.D.	35.44	33.44	5.08	0.00	0.00

Segunda semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	59	0	0	0
2	0	13	0	0	0
3	61	68	16	0	0
4	71	66	0	0	0
5	70	21	0	0	0
6	66	18	0	0	0
7	14	79	0	0	0
8	9	73	0	0	0
9	100	0	0	0	0
10	93	0	0	0	0
MED.	48.39	39.64	1.61	0.00	0.00
S.D.	38.72	31.96	5.08	0.00	0.00

Tercera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	34	64	0	0	0
2	27	41	0	0	0
3	66	93	25	0	0
4	89	82	30	0	0
5	82	73	0	0	0
6	86	71	36	0	0
7	71	100	0	0	0
8	64	100	0	0	0
9	100	18	0	0	0
10	100	29	0	0	0
MED.	71.96	67.14	9.11	0.00	0.00
S.D.	25.27	29.26	14.88	0.00	0.00

Cuarta semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	100	71	0	55	0
2	86	50	16	61	0
3	100	100	50	0	0
4	95	100	34	13	0
5	89	100	13	0	0
6	100	84	75	0	0
7	100	100	84	0	0
8	100	100	45	0	0
9	100	18	0	0	0
10	100	29	0	0	0
MED.	96.96	75.18	31.61	12.86	0.00
S.D.	5.33	32.08	31.16	24.16	0.00

ANEXO 6. Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1009.

Primera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Segunda semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Tercera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Cuarta semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

ANEXO 7. Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1450.

Primera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Segunda semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Tercera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Cuarta semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

ANEXO 8. Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1071.

Primera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Segunda semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Tercera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

Cuarta semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
MED.	0	0	0	0	0
S.D.	0	0	0	0	0

ANEXO 9. Toma de datos de manchado por semana y concentración de todas las probetas ensayadas para el producto B-1118.

Primera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	52	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	93	0	0	0	0
4	43	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	7	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	41	0	0	0	0
9	13	0	0	0	0
10	55	0	0	0	0
MED.	30.36	0	0	0	0
S.D.	31.42	0	0	0	0

Segunda semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	75	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0
3	100	0	0	0	0
4	66	0	0	0	0
5	9	0	0	0	0
6	18	0	0	0	0
7	23	0	0	0	0
8	71	0	0	0	0
9	20	0	0	0	0
10	61	0	0	0	0
MED.	44.29	0	0	0	0
S.D.	34.14	0	0	0	0

Tercera semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	100	0	0	0	0
2	14	0	0	0	0
3	100	0	0	0	0
4	100	0	0	0	0
5	30	0	0	0	0
6	18	0	0	0	0
7	32	0	0	0	0
8	75	0	0	0	0
9	91	0	0	0	0
10	68	0	0	0	0
MED.	62.86	0	0	0	0
S.D.	35.73	0	0	0	0

Cuarta semana					
No. de Probeta	Concentración				
	% 0.25	% 0.50	% 1.00	% 2.00	% 4.00
1	100	0	0	0	0
2	18	0	0	0	0
3	100	0	0	0	0
4	100	0	0	0	0
5	100	0	0	0	0
6	100	0	0	0	0
7	100	0	0	0	0
8	79	0	0	0	0
9	96	0	0	0	0
10	77	0	0	0	0
MED.	86.96	0	0	0	0
S.D.	25.95	0	0	0	0

ANEXO 10. Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto OTX.

Valores observados		
(X)	(Y)	C
-0.60	100.00	0.25
-0.30	96.79	0.50
0.00	78.21	1.00
0.30	27.68	2.00
0.60	0.00	4.00

(X) = Logaritmo de la concentración

(Y) = % de manchado

C = Concentración en %

Valores calculados	
(X)	(Y)
-0.44	100
-0.33	90
-0.22	80
-0.11	70
0.01	60
0.12	50
0.23	40
0.34	30
0.45	20
0.56	10
0.67	0

Modelo de Recta $Y = A + B(X)$

$$\beta_0 = 60.5$$

$$\beta_1 = -89.7$$

$$r = -0.96$$

Manchado 0 = antilog 0.67

$$= 4.68$$

ANEXO 11. Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto PTX.

Valores observados		
(X)	(Y)	C
-0.60	86.07	0.25
-0.30	81.79	0.50
0.00	16.79	1.00
0.30	2.86	2.00
0.60	0.00	4.00

(X) = Logaritmo de la concentración

(Y) = % de manchado

C = Concentración en %

Valores calculados	
(X)	(Y)
-0.75	100
-0.63	90
-0.51	80
-0.39	70
-0.27	60
-0.15	50
-0.03	40
0.09	30
0.21	20
0.33	10
0.45	0

Modelo de Recta $Y = \beta_0 + \beta_1 (X)$

$$\beta_0 = 37.50$$

$$\beta_1 = -83.69$$

$$r = -0.93$$

Manchado 0 = antilog 0.45

$$= 2.82$$

ANEXO 12. Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto BTX.

Valores observados		
(X)	(Y)	C
-0.60	96.96	0.25
-0.30	75.18	0.50
0.00	31.61	1.00
0.30	12.86	2.00
0.60	0.00	4.00

(X) = Logaritmo de la concentración

(Y) = % de manchado

C = Concentración en %

Valores calculados	
(X)	(Y)
-0.66	100
-0.55	90
-0.43	80
-0.31	70
-0.20	60
-0.08	50
0.04	40
0.16	30
0.27	20
0.39	10
0.51	0

Modelo de Recta $Y = \beta_0 + \beta_1 (X)$

$$\beta_0 = 43.32$$

$$\beta_1 = -85.41$$

$$r = -0.98$$

Manchado 0 = antilog 0.51

$$= 3.24$$

ANEXO 13. Cálculo del crecimiento cero (CO) para el producto B-1118.

Valores observados		
(X)	(Y)	C
-0.60	86.96	0.25
-0.30	0.00	0.50
0.00	0.00	1.00
0.30	0.00	2.00
0.60	0.00	4.00

(X) = Logaritmo de la concentración

(Y) = % de manchado

C = Concentración en %

Valores calculados	
(X)	(Y)
-1.42	100
-1.25	90
-1.08	80
-0.91	70
-0.73	60
-0.56	50
-0.39	40
-0.22	30
-0.04	20
0.13	10
0.30	0

Modelo de Recta $Y = \beta_0 + \beta_1 (X)$

$\beta_0 = 17.39$

$\beta_1 = - 57.97$

$r = - 0.71$

Manchado 0 = antilog 0.30

= 2.00

IMPRESA ANHER
IMPRESIONES & ENCUADERNACIONES
FRAY PEDRO DE GANTE No. 118-D
TEXCOCO, EDO. DE MEXICO