

ENSAYO DE TOXICIDAD DE CUATRO PRESERVADORES PARA MADERA SOBRE ALGUNOS HONGOS XILÓFAGOS *

LUIS MANUEL PINZÓN-PICASEÑO **

RAMÓN ECHENIQUE-MANRIQUE **

RESUMEN

Se avaluó la toxicidad relativa de los principales preservadores para madera disponibles en México (creosota, pentaclorofenol, CCA tipo A o Greensalt y CCA tipo B o Sal Boliden K-33) contra hongos xilófagos aislados en el país (*Lentinus lepideus* Fr., *Poria monticola* Murr., *Lenzites trabea* Pers. ex Fr. y *Peniophora* sp.), en madera de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus douglasiana* Martínez, por medio de ensayos de tipo "suclo-bloque" de acuerdo a las normas (American Society for Testing and Materials) D1413-61 y (American Wood Preservers' Association) M10-71.

Se encontró que *Lentinus lepideus* fue el hongo más dañino a la madera de *Pinus pseudostrobus* sin preservador; *Peniophora* sp. fue poco dañino a la madera de las dos especies de pino ensayadas sin preservador. Las retenciones mínimas de preservador por volumen de madera capaces de evitar deterioro por cada hongo, es decir, los valores umbrales encontrados fueron: para *Lentinus lepideus* con creosota 3.70-3.80 lb/pie³, con pentaclorofenol 1.40-1.50 lb/pie; para *Poria monticola* con creosota 1.80-2.00 lb/pie³, y para *Lenzites trabea* con CCA-B de 0.18 lb/pie³. Algunos de los valores determinados son semejantes a los encontrados en la bibliografía. Se determinó también que al aumentar la retención se fue incrementando el grado de lixiviación de los preservadores, siendo mayor en creosota y pentaclorofenol.

ABSTRACT

An evaluation was made of the relative toxicity of the main wood preservatives available in Mexico (creosote, pentachlorophenol, CCA-type A or greensalts and CCA-type B or Boliden salts, K-33) against wood destroying fungi isolated from wood in service in this country, (*Lentinus lepideus* Fr., *Poria monticola* Murr., *Lenzites trabea* Pers. ex Fr. and *Peniophora* sp. The woods used were *Pinus pseudostrobus* Lindl., and *P. douglasiana* Martínez, the tests were made using the standard for the soil block of (American Society for Testing and Materials) D1413-61 and (American Wood Preservers' Association) M10-71.

It was found that the fungus most harmful to the wood of *Pinus pseudostrobus* without preservatives was *Lentinus lepideus*. *Peniophora* sp. was the fungus found to be least harmful to the two species of wood without preservatives. The minimum preservative retentions capable of avoiding destruction by the fungi were: for *Lentinus lepideus* with creosote 3.70-3.80 pcf, with pentachlorophenol 1.40-1.50 pcf;

* Este trabajo está basado en la tesis profesional con la que el autor principal optó para el título de Biólogo (Pinzón-Picaseño, 1972).

** Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM.

for *Poria monticola* with creosote 1.80-2.00 pcf for *Lenzites trabea* with CCA-type B 0.18 pcf.

Some of this values are similar to the ones reported in the literature. It was also found that as the retention was increased the amount of preservatives lost due to leaching increased, being greater for pentachlorophenol and creosote.

INTRODUCCIÓN

Generalidades. La madera es uno de los productos de origen orgánico más importantes que existen en la naturaleza debido a sus propiedades físicas, químicas y estéticas. Como otros materiales, la madera puede ser deteriorada por diversos agentes físicos o químicos, pero en especial por agentes biológicos como hongos, insectos, moluscos, crustáceos y bacterias. Sin lugar a duda, los hongos son los degradadores más importantes de la madera por la cuantía de los daños que causan.

Aunque las maderas de muchas especies de árboles, especialmente pináceas, son susceptibles al ataque de hongos causantes de pudriciones, el duramen de otras ofrecen gran resistencia natural al ataque de estos organismos (Gómez Nava *et al.*, 1969).

Para proteger a la madera de pudriciones es suficiente en la mayoría de los casos secarla y mantener su contenido de humedad por abajo del 20%. Pero existen otras situaciones en las cuales no es factible mantener la madera seca, sobre todo cuando la pieza está en contacto directo con el suelo como en los casos de los durmientes de ferrocarril, postes de cercas y de líneas telefónicas o eléctricas, etcétera. En estas condiciones, la manera más segura y económica que se conoce hasta el momento para proteger a la madera de pudriciones, es tratarla químicamente, esto es, envenenar la fuente alimenticia de los organismos xilófagos; a este método se le llama comúnmente *im-*

pregnación de madera. La aplicación de preservadores que pueden ser oleaginosos o hidrosolubles, se realiza mediante procesos de difusión, aspersión, inmersión o combinando fases de vacío y presión en un tanque hermético.

Así como se han desarrollado mejores métodos para el tratamiento de la madera y preservadores cada vez más efectivos, en el campo de la preservación de la madera se han desarrollado también pruebas para determinar la efectividad de los preservadores en varios aspectos: toxicidad hacia los organismos destructores de la madera, capacidad de permanencia, capacidad de penetración a la madera y pruebas en madera tratada que ha estado en servicio (Gillespie *et al.*, 1969; Hunt y Garrat, 1953).

Las pruebas de toxicidad están directamente relacionadas con la protección contra pudriciones. Se caracterizan porque el hongo es situado en un sistema con las condiciones óptimas para su desarrollo en madera, a excepción del preservador presente en la prueba. Estas pruebas tienen como finalidad obtener datos acerca de las sustancias ensayadas, como son el *punto letal*, considerado como la retención mínima de preservador por volumen de madera capaz de matar al hongo ensayado; el *punto de inhibición total*, que es la retención mínima que previene el crecimiento del hongo sin matarlo, y a partir de estos datos, el *valor umbral* que es la retención mínima de preservador por debajo de la cual la madera puede ser deteriorada.

TABLA I
VALORES UMBRALES DEPORTADOS EN LA LITERATURA

| Preservador | Hongo | Madera de | Valor umbral lb/lb ³ | Referencia |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------|--------------|
| Creosota de bajo residuo | <i>Lentinus lepideus</i> | <i>Pinus</i> sp. | 3.5-6.0 | Duncan, 1958 |
| Creosota de bajo residuo | <i>Lenzites trabea</i> | <i>Pinus</i> sp. | 2.4 | Duncan, 1958 |
| Creosota de bajo residuo | <i>Poria monticola</i> | <i>Pinus</i> sp. | 2.0 | Duncan, 1958 |
| Creosota ASTM D 390 | <i>Lentinus lepideus</i> | <i>Pinus</i> sp. | 6.1-7.9 | Leach, 1964 |
| Creosota ASTM D 390 | <i>Lenzites trabea</i> | <i>Pinus</i> sp. | 4.7-6.5 | Leach, 1964 |
| Creosota | <i>Lentinus lepideus</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | 1.88-4.40 | AWPA, 1963 |
| Creosota | <i>Poria vaporaria</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | 1.13-2.12 | AWPA, 1963 |
| Pentaclorofenol en petróleo | <i>Lentinus lepideus</i> | <i>Pinus</i> sp. | 0.7-1.3 | Duncan, 1958 |
| Pentaclorofenol en petróleo | <i>Lenzites trabea</i> | <i>Pinus</i> sp. | 2.2-3.6 | Duncan, 1958 |
| Pentaclorofenol en petróleo | <i>Poria monticola</i> | <i>Pinus</i> sp. | 1.3-2.2 | Duncan, 1958 |
| CCA - A | <i>Lenzites trabea</i> | <i>Pinus resinosa</i> | 0.25-1.0 | Suen, 1969 |
| CCA - B | <i>Lentinus lepideus</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | 0.056-0.138 | AWPA, 1963 |
| CCA - B | <i>Poria vaporaria</i> | <i>Pinus sylvestris</i> | 0.138-0.288 | AWPA, 1963 |

Mexicana, S. A. y el análisis realizado por la Sección Química de la Comisión Federal de Electricidad, mostró la siguiente composición:

| | |
|---|---------|
| Material insoluble en benceno (%) | 0.2 |
| Residuo de coque (% en peso) | 3.0 |
| Densidad (grav. específica 38/15.5° C) | 1.06 |
| Agua (% en volumen) | 0.12 |
| Destilación de creosota libre de agua | |
| Producto obtenido hasta 210° C | 0.3% |
| Producto obtenido hasta 235° C | 22.6% |
| Producto obtenido hasta 270° C | 51.5% |
| Producto obtenido hasta 350° C | 89.4% * |
| Residuo | 10.6 * |
| Gravedad específica de las fracciones: | |
| Dest. de 235° C a 315° C (a 38/15.5° C) | 1.033 |
| Dest. de 315° C a 355° C (a 38/15.5° C) | 1.11 |

La muestra de sales cristalinas de pentaclorofenol fue proporcionada por Resistol, S. A. Este preservador es un fenol clorado derivado del benceno cuya fórmula es $C_6Cl_5\bullet H$, con peso molecular de 266.69 y está reconocido mundialmente como excelente fungicida contra hongos destructores de madera.

Uno de los preservadores hidrosolubles utilizados, el CCA tipo A (Greensalt K), está formado por varios compuestos:

| | | |
|----------------------|-----------------------|-----|
| Dicromato de potasio | $(K_2Cr_2O_7)$ | 55% |
| Sulfato de cobre | $(CuSO_4\cdot 5H_2O)$ | 33% |
| Anhidrido arsénico | $(As_2O_5\cdot H_2O)$ | 11% |

La muestra ensayada fue facilitada por Koppers de México, S. A.

* Indican variaciones ligeras con respecto a las especificaciones de la norma ASTM D 390-64 (ASTM, 1964).

El otro tipo de sal hidrosoluble ensayada fue la CCA tipo B (Boliden K-33) y tiene la siguiente composición:

| | | |
|----------------------|----------------|-----|
| Ácido crómico | (H_2CrO_4) | 27% |
| Óxido de cobre | (CuO) | 15% |
| Ácido arsénico | (H_3AsO_4) | 42% |
| Ingredientes inertes | | 16% |

En su forma comercial este preservador no es una sal seca sino una pasta conte-

niendo 24% de agua. Este preservador fue donado por Osmose Mexicana, S. A. de C. V.

Las dos sales CCA, tipos A y B, tienen la característica de que, al ponerse en contacto con la madera, inician una serie de reacciones químicas cuyos productos son precipitados insolubles.

La madera utilizada fue albura de los pinos *Pinus douglasiana* Martínez y *Pinus pseudostrabus* Lindl., donada por la Unidad Industrial de Explotación Forestal Michoacana de Occidente, S. de R. L.

Las tablas se cepillaron hasta 2.0 cm

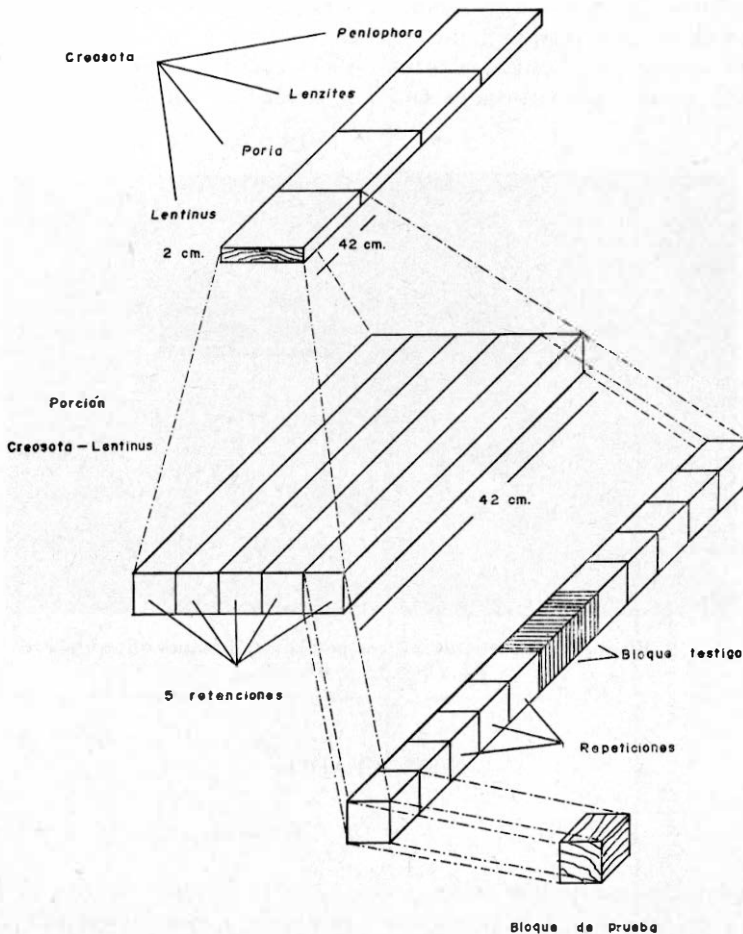


Fig. 1. Método de corte y clasificación de los bloques de prueba.

de grosor y se cortaron en porciones de 42 cm de largo (Fig. 1); se formaron grupos de cuatro porciones adyacentes y cada grupo sirvió para un mismo preservador; cada porción se enfrentó a una de las cuatro especies de hongos. Estas porciones (Fig. 1) se aserraron longitudinalmente para obtener de ellas cinco tiras de $2 \times 2 \times 42$ cm, destinadas a someterse a cinco grados distintos de tratamiento. De cada tira se cortaron finalmente doce bloques de $2 \times 2 \times 2$ cm; diez de ellos se sometieron al mismo tratamiento (retención del preservador) constituyendo repeticiones y dos bloques centrales se seleccionaron como testigos de los cuales hubo dos tipos: unos sometidos a tratamiento preservador y no enfrentados al ataque por hongo; y otros enfrentados a hongo, pero tratados con

solvente sin preservador. Los bloques de cultivo o base fueron cortados simplemente a las medidas $2.0 \times 3.5 \times 0.4$ cm, cuidando que la medida más larga fuese paralela a la dirección de las fibras (Fig. 2).

Se utilizó también como sustrato suelo colectado cerca del volcán "Xitle" en la Sierra del Ajusco, D. F., a una altitud de 3 000 m s n m y del horizonte 0-20. Tuvo una capacidad de retención de agua de 34% con base seca al horno, un pH de 6.2 y el volumen de suelo seco requerido para cada frasco de incubación, o sean 118 cm³, pesó 139.6 g.

La metodología seguida estuvo de acuerdo a las normas ASTM designación D 1413-61 y su equivalente AWWA M 10-71 (ASTM, 1961; AWWA, 1971), que se describen sinópticamente (Fig. 3).

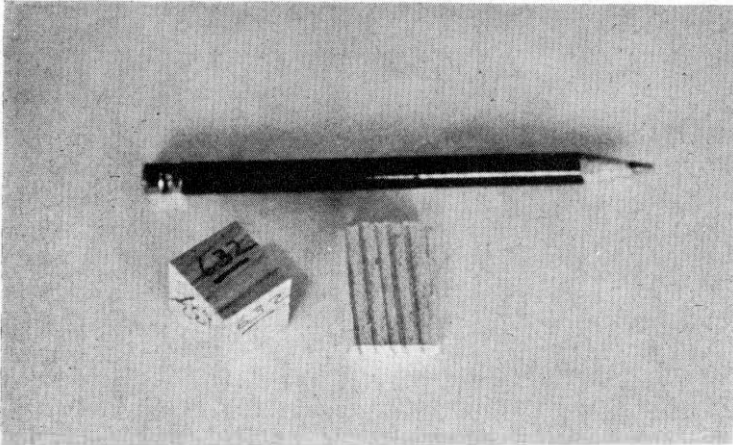


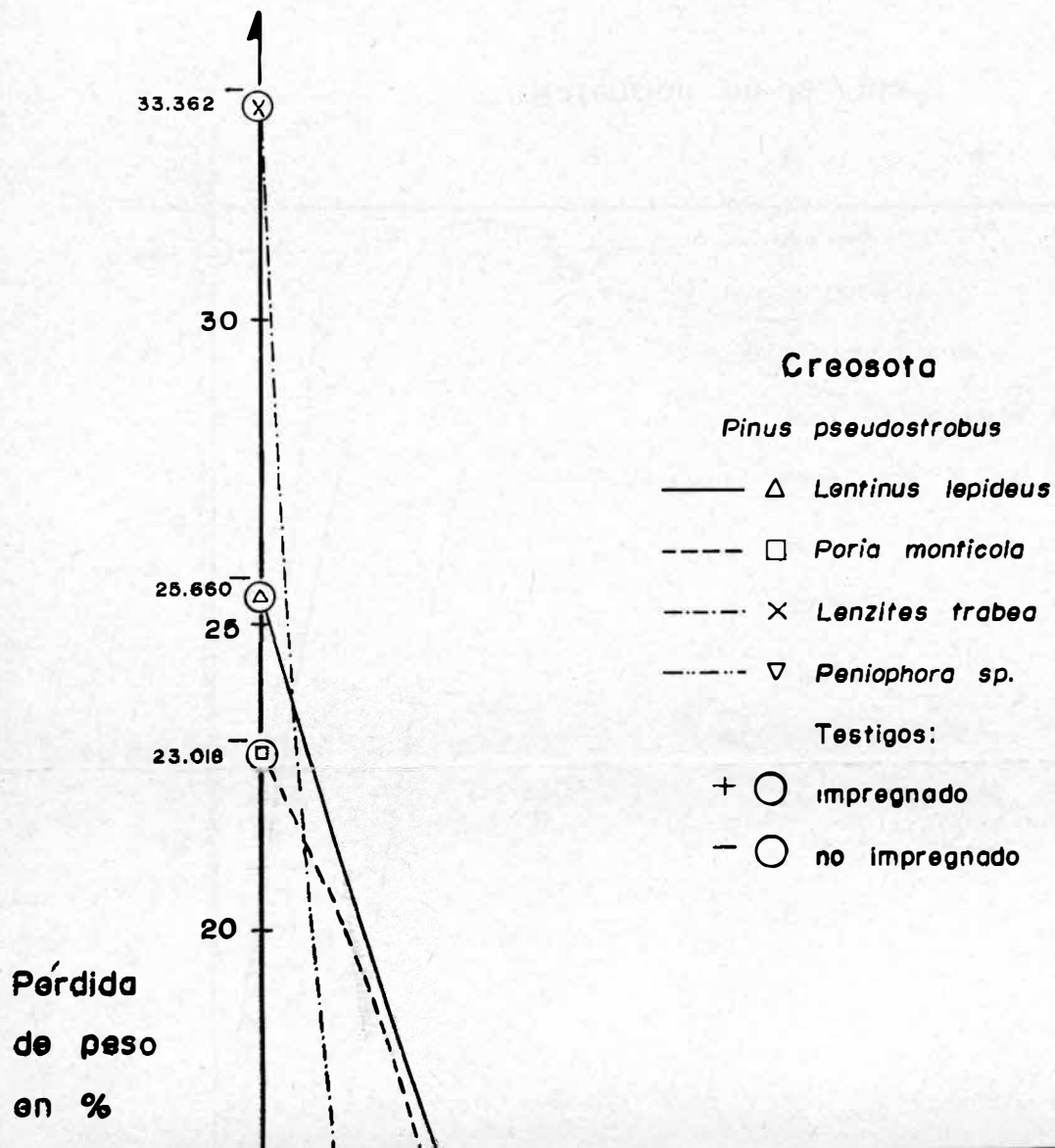
Fig. 2. Bloques de prueba de 2.0 cm por lado y bloques alimentadores de $2.0 \times 3.5 \times 0.4$ cm.

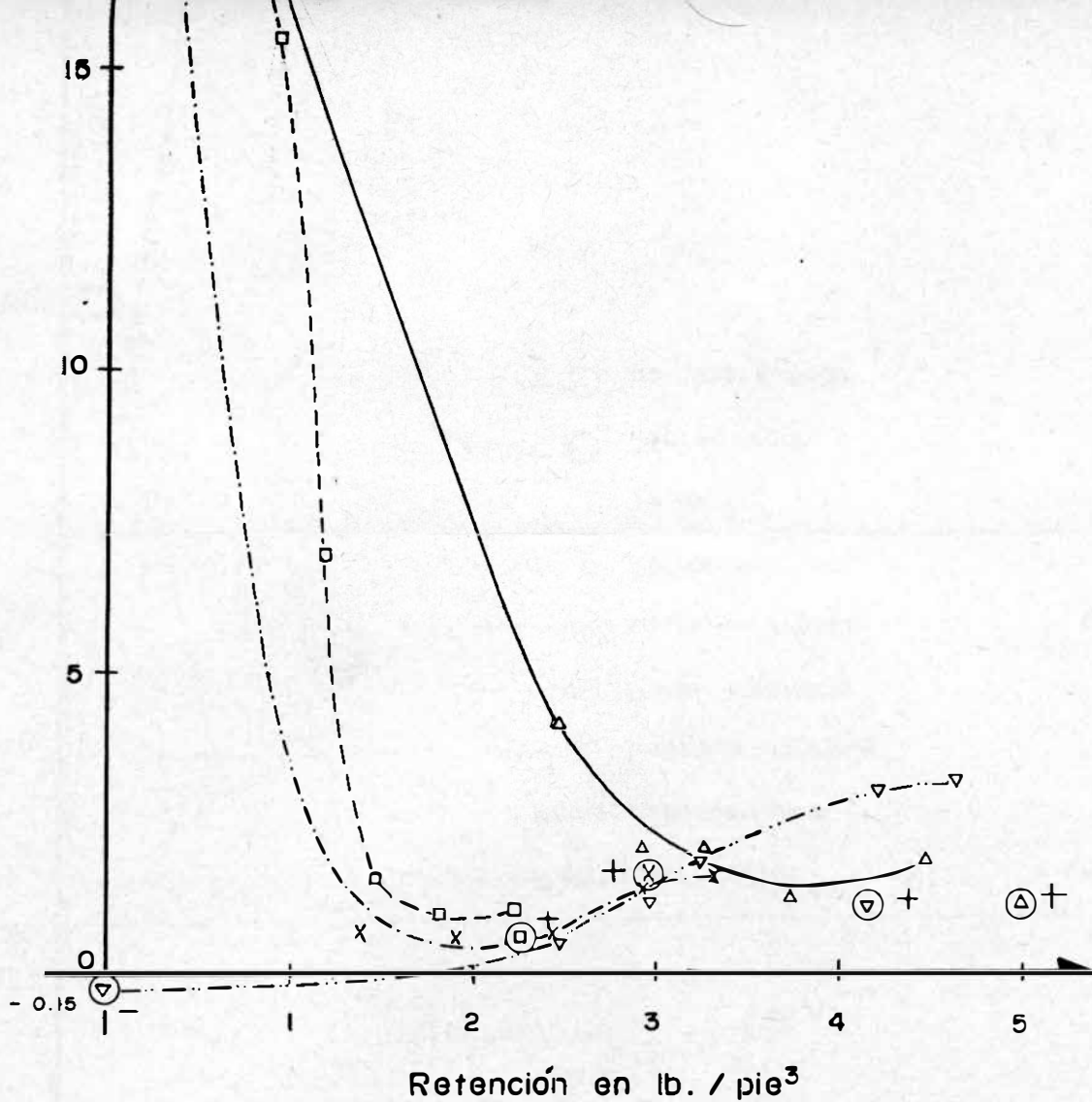
RESULTADOS

Creosota (Tabla 2 y Gráfica 1).

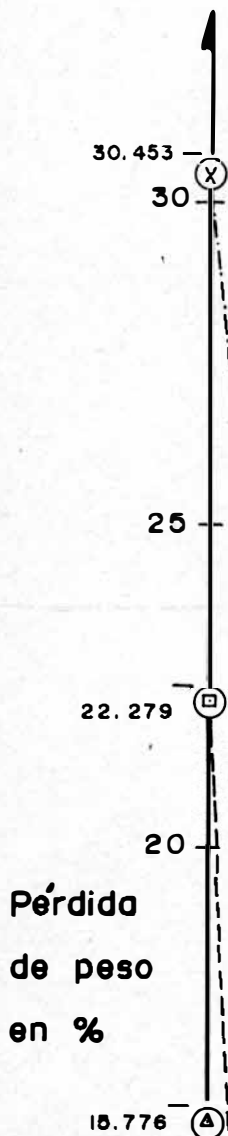
De los resultados mostrados en las tablas 2 a 4 y gráficas 1 a 4 se puede interpretar lo siguiente:

Lentinus lepideus fue el hongo más resistente a este preservador con un umbral situado entre 3.70-3.80 lb/pie³. El





Gráfica 1. Pérdidas de peso obtenidas a distintas retenciones de creosota durante 82 días de exposición a pudrición. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones con excepción de los testigos que representan 2 repeticiones. Los puntos situados sobre la línea de las "Y" son los testigos no preservados. Se muestran las curvas estimadas para cada hongo.



Pentaclorofenol

Pinus pseudostrobus

— △ *Lentinus lepideus*

- - - □ *Poria monticola*

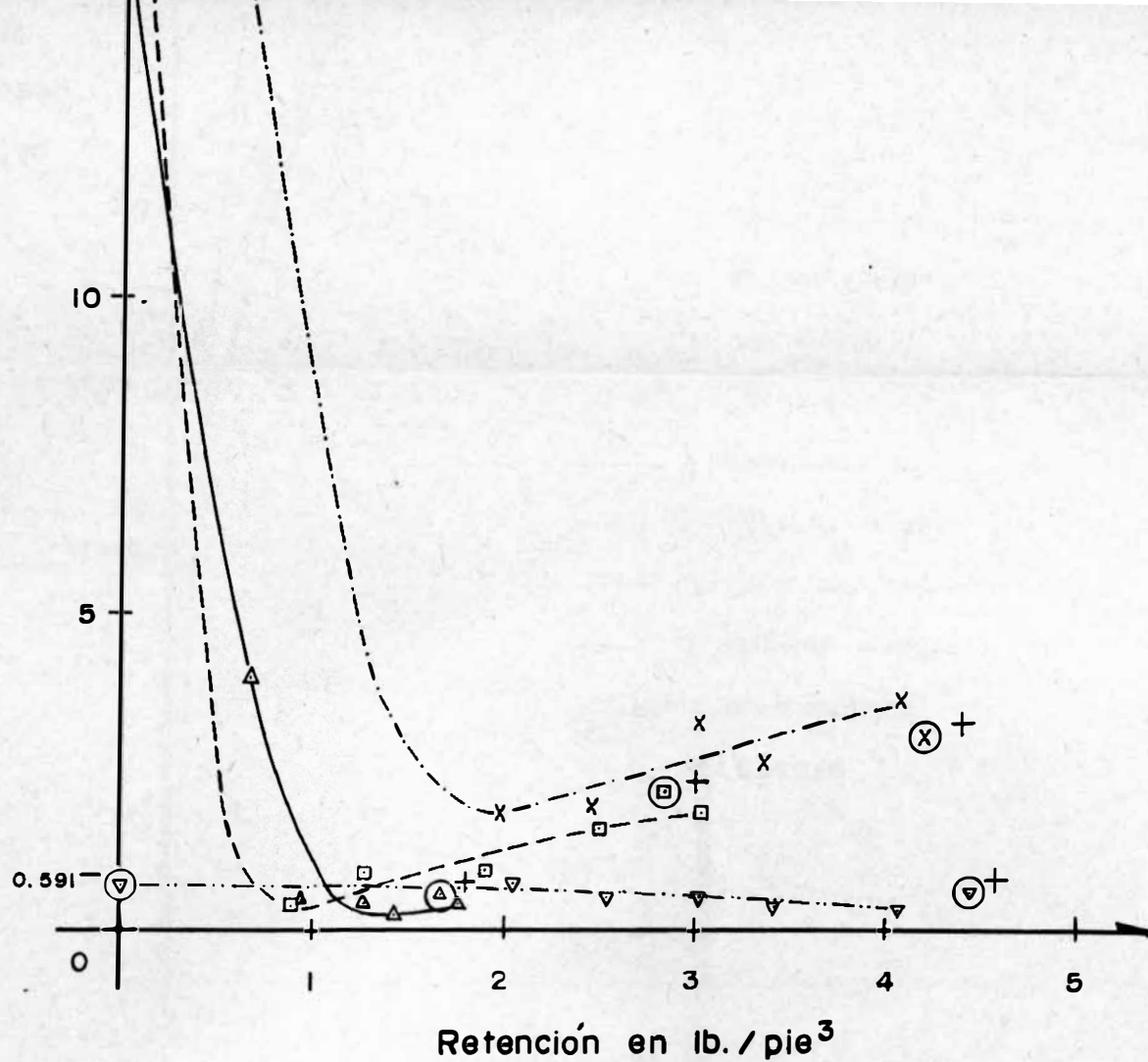
- · - · X *Lenzites trabea*

- · - · ▽ *Peniophora sp.*

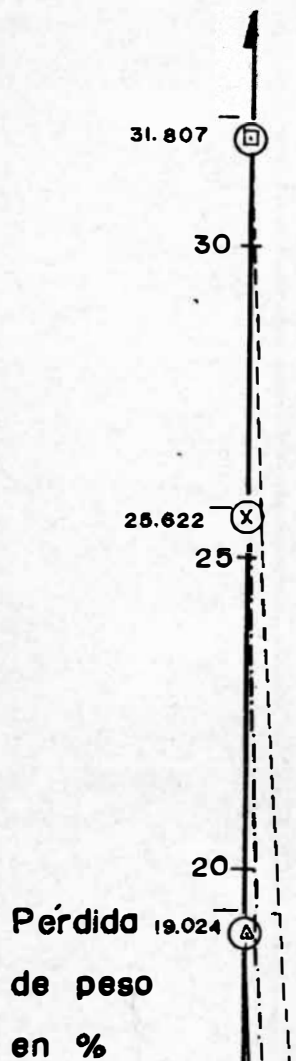
Testigos:

+ ○ impregnados

- ○ no impregnado



Gráfica 2. Pérdidas de peso obtenidas a distintas retenciones de pentaclorofenol durante 88 días de exposición a pudrición. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones. Los puntos situados sobre la línea de las "Y", son los testigos no preservados. Las diferentes líneas muestran las curvas estimadas para cada hongo.



CCA A

Pinus pseudostrabus

— Δ *Lentinus lepideus*

- - - □ *Poria monticola*

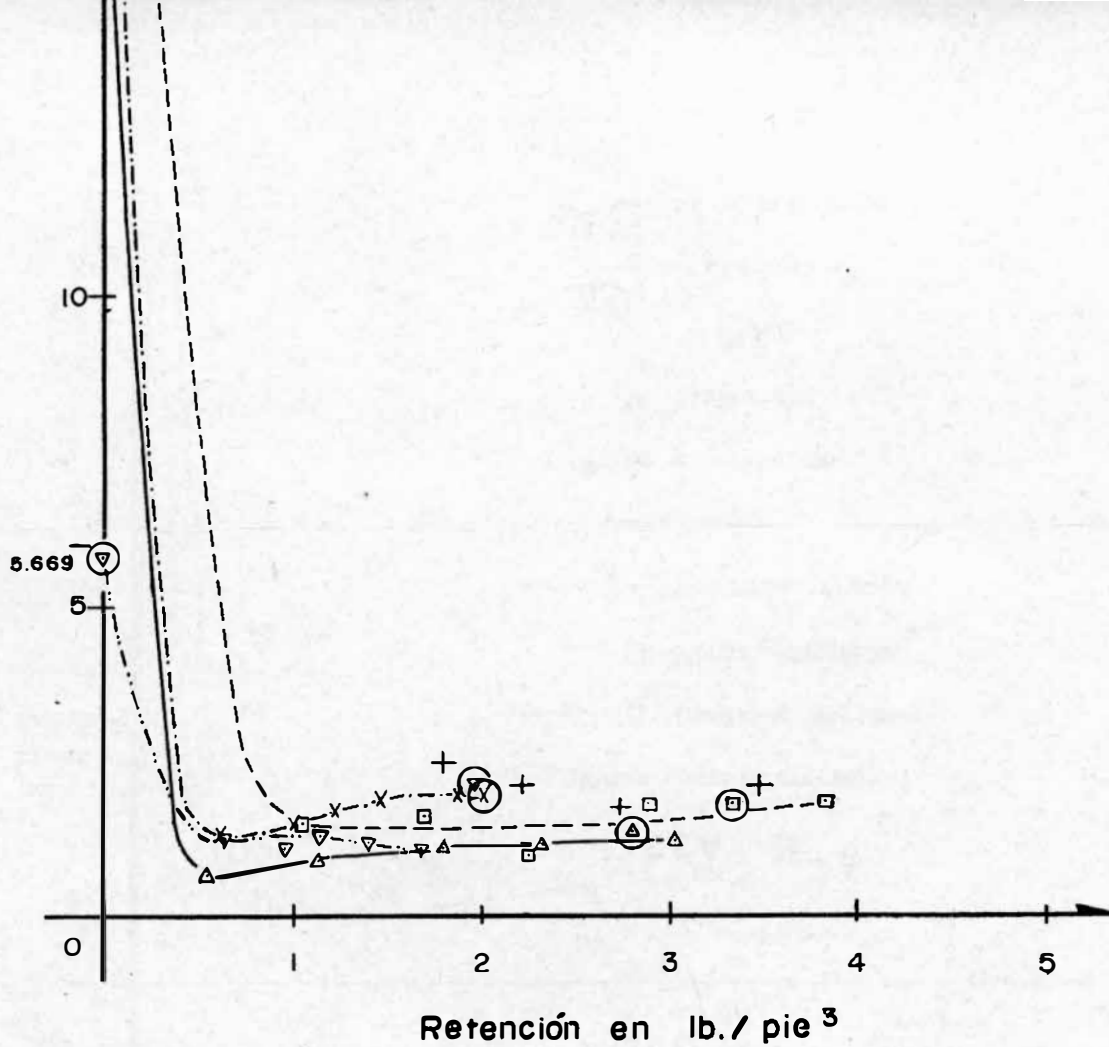
- · - · × *Lenzites trabea*

- · - · ∇ *Peniophora*

Testigos:

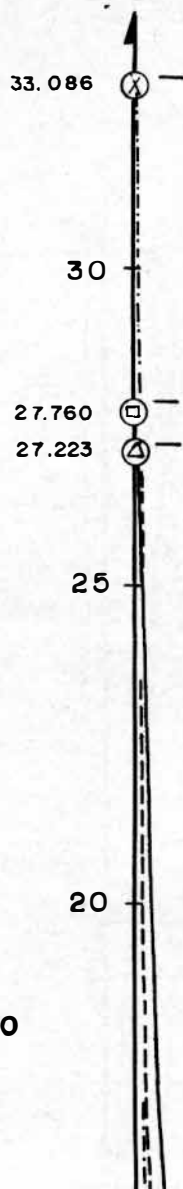
+ ○ impregnados

- ○ no impregnado



Gráfica 3. Pérdidas de peso obtenidas a distintas retenciones de CCA-A durante 82 días de exposición a pudrición. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones con excepción de los testigos que representan 2 repeticiones. Los puntos situados sobre la línea de las "Y", son los testigos no preservados. Las diferentes líneas muestran las curvas estimadas para cada hongo.

Pérdida
de peso
en %



CCA B

Pinus pseudostrobus

— Δ *Lentinus lepideus*

- - - □ *Poria monticola*

- · - · X *Lenzites trabea*

○ Testigos

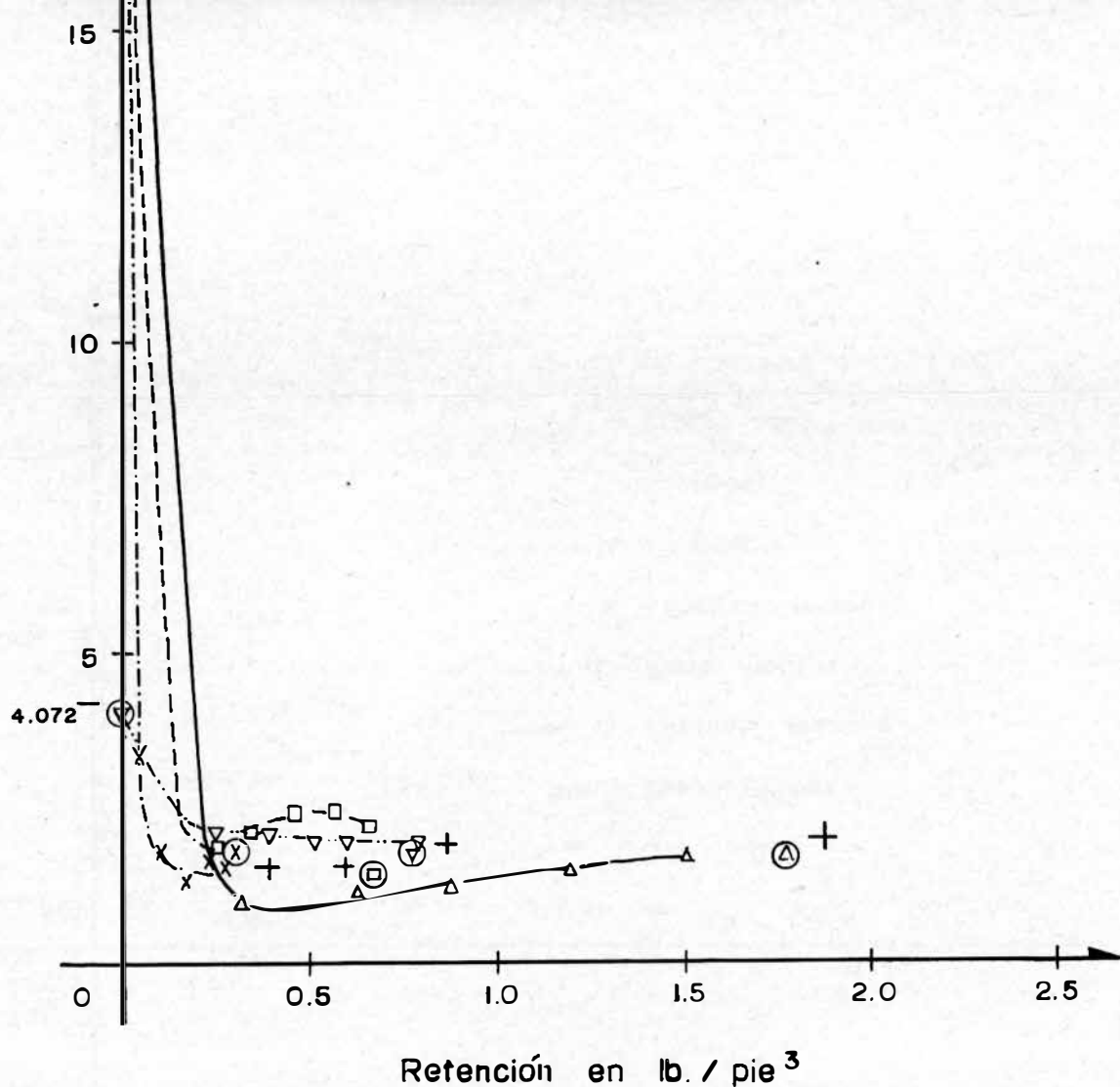
Pinus douglasiana

· · · · ∇ *Peniophora* sp.

Testigos :

+ ○ impregnados

- ○ no impregnados



Gráfica 4. Pérdidas de peso obtenidas a distintas retenciones de CCA-B durante 82 días de exposición a pudrición. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones con excepción de los testigos que representan 2 repeticiones. Los puntos situados sobre la línea de las "Y" son los testigos no preservados. *Peniophora* sp. con sus respectivos testigos, fue ensayado sobre *Pinus douglasiana*. Las diferentes líneas muestran las curvas estimadas para cada hongo.

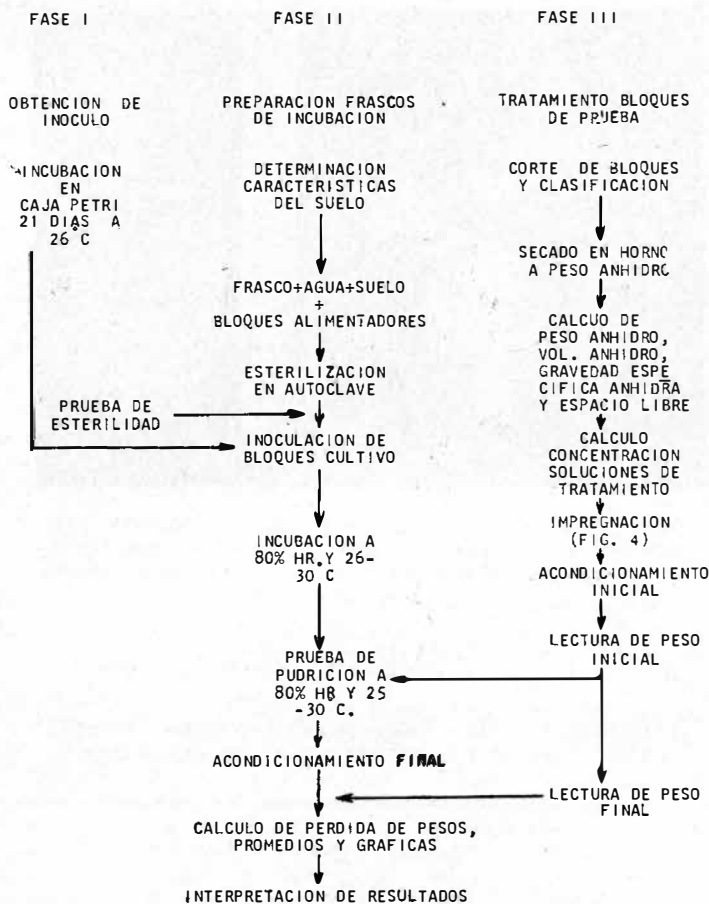


Fig. 3. Diagrama de flujo del método seguido.

umbral de *Poria monticola* está alrededor de 1.80-2.00 lb/pie³. El umbral del *Lenzites trabea* parece estar a retenciones menores que las ensayadas. Con *Peniophora* sp. no se determinó umbral.

A partir de las 2.50-3.00 lb/pie³ de retención, hubo incremento en la pérdida de peso atribuido a lixiviación del preservador.

El hongo más dañino a los testigos no preservados fue *Lenzites trabea* y le siguen en orden decreciente *Lentinus lepideus* y *Poria monticola*. *Peniophora* sp. no mostró virulencia significativa en los testigos sin preservador, por el contrario, observó un pequeño aumento de peso

(0.15%) aceptable como margen de error en las lecturas de pesos.

Pentaclorofenol (Tabla 3 y Gráfica 2)

El valor umbral para el hongo *Lentinus lepideus* se puede situar entre 1.40-1.50 lb/pie³. Para los tres restantes hongos ensayados no se determinó umbral alguno. En cuanto a los testigos sin preservador, perdieron en peso 30.45% enfrentados a *Lenzites trabea*, 22.27% con *Poria monticola*, 15.77% con *Lentinus lepideus* y la menor pérdida de peso con *Peniophora* sp. Por otro lado, se apreciaron incrementos progresivos en pérdi-

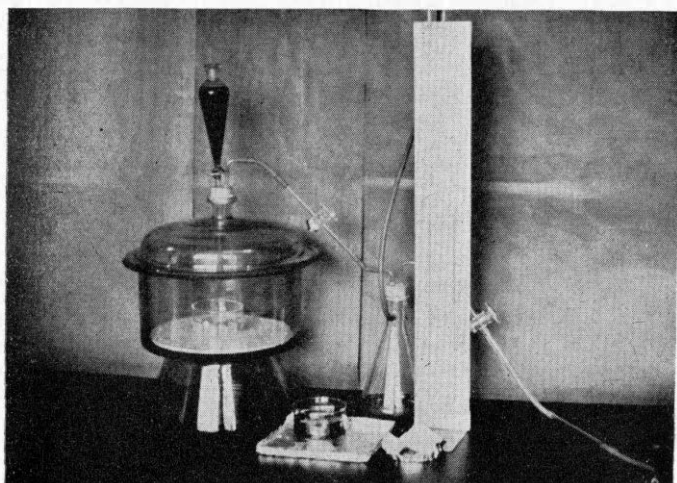


Fig. 4. Aparato impregnador, constituido por: desecador para vacío, embudo de separación para la solución de tratamiento, manómetro de mercurio, válvulas y conexión para bomba neumática.

TABLA 2

PÉRDIDAS DE PESO OBTENIDAS CON CADA HONGO A CINCO DISTINTAS RETENCIONES DE CREOSOTA *

| <i>Lentinus lepideus</i> | | <i>Poria monticola</i> | | <i>Lenzites Trabea</i> | | <i>Peniophora sp.</i> | |
|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|
| Retención lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Retención lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Retención lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Retención lb/pie ³ | Pérdida de peso % |
| 2.47 | 4.02 | 0.94 | 15.58 | 1.38 | 0.72 | 2.49 | 0.59 |
| 2.92 | 2.14 | 1.19 | 7.04 | 1.92 | 0.67 | 2.98 | 1.20 |
| 3.29 | 2.15 | 1.48 | 1.72 | 2.44 | 0.67 | 3.27 | 2.00 |
| 3.75 | 1.34 | 1.81 | 1.02 | 2.94 | 1.40 | 4.21 | 3.02 |
| 4.47 | 1.94 | 2.22 | 1.16 | 3.34 | 1.67 | 4.62 | 3.23 |
| 5.01** | 1.26** | 2.27** | 0.68 | 2.98** | 1.69 | 4.16** | 1.17 |
| *** | 25.66 | *** | 23.02 | *** | 33.36 | *** | -0.15 |

* Promedios de 10 repeticiones, excepto los testigos de 2 repeticiones; solvente, tolueno; madera, *Pinus pseudostrobus*; acondicionamiento, 21 días a 26° C y 80% H. R.; exposición a pudrición, 82 días.

** Testigos impregnados pero sin someterse al ataque por hongos.

*** Testigos tratados con solvente y sometidos al ataque por hongos.

das de peso a partir de 1.00 y 2.00 lb/pie³ de retención en los bloques sometidos a *Poria monticola* y *Lenzites trabea* respectivamente. Comparados los valores de estas dos tendencias con los de testigos

impregnados del mismo grupo, pero no enfrentados al hongo, indican que esta pérdida de peso es ocasionada por eliminación del preservador. Se comprobó que durante el acondicionamiento, (seca-

do en horno a 60° C) de bloques tratados con pentaclorofenol, hubo pérdida de preservador que se encontró depositado en las paredes del horno. Caso contrario fueron los bloques sometidos a *Peniophora* sp., ya que no presentaron

variaciones significativas en pérdida de peso a todas las retenciones ensayadas ni en los dos tipos de testigos.

CCA Tipo A (Tabla 4 y Gráfica 3)

En el tratamiento realizado con este

TABLA 3

PÉRDIDAS DE PESO OBTENIDAS CON CADA HONGO
A CINCO DISTINTAS RETENCIONES DE PENTAFLOROFENOL *

| <i>Lentinus lepideus</i> | | <i>Poria monticola</i> | | <i>Lenzites trabea</i> | | <i>Peniophora</i> sp. | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % |
| 0.68 | 3.99 | 0.89 | 0.37 | 2.00 | 1.78 | 2.06 | 0.66 |
| 0.94 | 0.47 | 1.26 | 0.85 | 2.47 | 1.89 | 2.55 | 0.41 |
| 1.26 | 0.39 | 1.91 | 0.92 | 3.03 | 3.25 | 3.03 | 0.46 |
| 1.43 | 0.25 | 2.52 | 1.52 | 3.37 | 2.66 | 3.41 | 0.28 |
| 1.76 | 0.36 | 3.02 | 1.84 | 4.10 | 3.66 | 4.06 | 0.30 |
| 1.66** | 0.54 | 2.86** | 2.16 | 4.21** | 3.05 | 4.44** | 0.54 |
| *** | 15.78 | *** | 22.28 | *** | 30.45 | *** | 0.59 |

* Promedios de 10 repeticiones, excepto los testigos de 2 repeticiones; solvente, tolueno; madera, *Pinus pseudostrabus*; acondicionamiento, secado en horno a 60° C., hasta peso constante; exposición a pudrición, 88 días.

** Testigos impregnados pero sin someterse al ataque por hongos.

*** Testigos tratados con solvente y sometidos al ataque por hongos.

TABLA 4

PÉRDIDAS DE PESO OBTENIDAS CON CADA HONGO
A CINCO DISTINTAS RETENCIONES DE CCA TIPO A *

| <i>Lentinus lepideus</i> | | <i>Poria monticola</i> | | <i>Lenzites trabea</i> | | <i>Peniophora</i> sp. | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % |
| 0.55 | 0.66 | 1.06 | 1.45 | 0.64 | 1.26 | 0.64 | 1.13 |
| 1.14 | 0.84 | 1.72 | 1.52 | 1.03 | 1.41 | 0.98 | 1.08 |
| 1.81 | 1.08 | 2.27 | 0.96 | 1.24 | 1.69 | 1.17 | 1.25 |
| 2.34 | 1.13 | 2.92 | 1.76 | 1.49 | 1.82 | 1.43 | 1.14 |
| 3.03 | 1.19 | 3.92 | 1.82 | 1.90 | 1.94 | 1.71 | 1.00 |
| 2.82** | 1.33 | 3.36** | 1.78 | 2.03** | 1.91 | 1.99** | 2.03 |
| *** | 19.02 | *** | 31.81 | *** | 25.62 | *** | 5.67 |

* Promedios de 10 repeticiones, excepto los testigos de 2 repeticiones; solvente, agua destilada; madera, *Pinus pseudostrabus*; acondicionamiento, secado en horno a 60° C hasta peso constante; exposición a pudrición, 82 días.

** Testigos impregnados pero sin someterse al ataque por hongos.

*** Testigos tratados con solvente y sometidos al ataque por hongos.

preservador no se determinó ningún umbral. Parece ser que también en este caso los valores umbrales se encuentran en retenciones menores a las ensayadas (la más baja fue de 0.55 lb/pie³). Los testigos sometidos a pudrición tuvieron pérdidas en peso de 15.77% con *Lentinus lepideus*, 31.81% con *Poria monticola*, 30.45% con *Lenzites trabea* y 5.67% con *Peniophora* sp. Se observó también una tendencia al incremento en pérdida de peso a medida que aumentó la retención. Este incremento no fue tan pronunciado como en los casos anteriores y podría adjudicarse al azar y error experimental principalmente. El grado de lixiviación de este preservador se consideró mínimo porque está caracterizado como producto de alto poder residual, cuya lixiviación ocurre solamente poco después de la im-

pregnación cuando la madera está en condiciones muy húmedas (Wallace, 1968).

CCA Tipo B (Tabla 5 y Gráfica 4)

Pudo apreciarse umbral para *Lenzites trabea* a 0.18 lb/pie³ de retención. Para los otros tres hongos ensayados no se logró determinar. Aparentemente, estos valores están situados en retenciones menores a 0.32 lb/pie³ para *Lentinus lepideus*, 0.26 lb/pie³ para *Poria monticola* y 0.26 lb/pie³ para *Peniophora* sp.

En general, los bloques ensayados presentaron poca tendencia a incrementar la pérdida de peso al aumentar el grado de retención. Esta pérdida puede atribuirse al azar, error experimental y muy poca lixiviación.

TABLA 5

PÉRDIDAS DE PESO OBTENIDAS CON CADA HONGO
A DISTINTAS RETENCIONES DE CCA - TIPO B *

| <i>Lentinus lepideus</i> | | <i>Poria monticola</i> | | <i>Lenzites trabea</i> | | <i>Peniophora</i> sp.**** | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % |
| 0.32 | 0.94 | 0.26 | 1.89 | 0.06 | 3.35 | 0.26 | 2.09 |
| 0.64 | 1.15 | 0.37 | 2.02 | 0.12 | 1.87 | 0.40 | 2.04 |
| 0.89 | 1.23 | 0.47 | 2.41 | 0.18 | 1.32 | 0.53 | 1.95 |
| 1.21 | 1.49 | 0.58 | 2.45 | 0.23 | 1.61 | 0.66 | 1.98 |
| 1.52 | 1.78 | 0.67 | 2.25 | 0.28 | 1.55 | 0.81 | 1.91 |
| 1.79** | 1.74 | 0.68** | 1.47 | 0.31** | 1.87 | 0.79** | 1.76 |
| *** | 27.22 | *** | 27.76 | *** | 33.09 | *** | 4.07 |

* Promedios de 10 repeticiones, para los testigos 2 repeticiones; solvente, agua destilada; madera, *Pinus pseudostrobus*; acondicionamiento, secado en horno a 60°C hasta peso constante; exposición a pudrición, 82 días.

** Testigos impregnados pero sin someterse al ataque por hongos.

*** Testigos tratados con solvente y sometidos al ataque por hongos.

**** Para *Peniophora* sp. se empleó madera de la especie *Pinus douglasiana*.

DISCUSIÓN

De acuerdo con los resultados antes expuestos, puede considerarse lo siguiente:

En primer lugar, la madera de la es-

pecie *Pinus pseudostrobus* presentó la mayor susceptibilidad frente a *Lenzites trabea*, pues los testigos tratados solamente con solvente y sometidos a este

hongo, presentaron el máximo porcentaje en pérdida de peso (promedio 30.63%). Esto se reafirmó también al observar su grado de fructificación sobre la madera (Fig. 5). El segundo lugar en patogenicidad lo ocupó *Poria monticola* y el tercero *Lentinus lepideus*. El hongo menos dañino a la madera de esta especie fue *Peniophora* sp., lo que también se pudo apreciar por su desarrollo sobre los bloques durante el ensayo. La resistencia o susceptibilidad relativa de *Pinus douglasiana* hacia los cuatro hongos, no pudo ser comparada, puesto que sólo se enfrentó a *Peniophora* sp., con el cual mostró un promedio de pérdida de peso de 4.07% y, en consecuencia, resistencia comparable a la de *Pinus pseudostrobus* con 2.03% en promedio. Estos datos sugieren que *Peniophora* sp., no tuvo influencia significativa como hongo causante de pudrición en ambas especies de pinos, y por lo tanto no se le determinó ningún umbral. Esta susceptibilidad de las especies de madera empleadas

no se considera en sentido estricto como "natural", ya que los testigos fueron tratados con solventes, que en alguna forma pudieron permanecer en la madera en muy pequeña proporción aun después del acondicionamiento, sobre todo en el caso de tolueno.

En el tratamiento con creosota, se situó el umbral de *Lentinus lepideus* entre 3.70-3.80 lb/pie³. En la literatura, Leach (1964) reporta como valores umbrales para este hongo entre 6.1-7.9 lb/pie³, que representan casi el doble de los valores aquí encontrados (3.70-3.80 lb/pie³), y en otro trabajo, Duncan (1958) estableció su umbral entre 3.5-6.0 lb/pie³, rango que incluye al umbral encontrado aquí. *Poria monticola* tuvo un umbral de 1.8-2.0 lb/pie³, valores muy cercanos a los encontrados en este trabajo. *Lenzites trabea* posiblemente tenga un umbral menor a 1.38 lb/pie³, que fue la retención más baja ensayada. Duncan (1958) reporta el umbral para este hongo entre 2.0-3.0, estimado en 2.4 lb/pie³,



Fig. 5. Fructificación de *Lenzites trabea* sobre bloques testigo no preservados.

valores que son mayores a los que posiblemente tenga este hongo según lo aquí observado. Leach (1964) consideró que el umbral para *Lenzites trabea* fue de 4.7-6.5 lb/pie³ que también son retenciones muy altas con respecto al presente trabajo. A *Peniophora* sp. no se le determinó umbral y tampoco se encontraron datos al respecto en la bibliografía.

Debe tomarse en cuenta que en México sólo existe un tipo de creosota, mientras que en otros países se dispone de productos con diversos grados de destilación y diferencias en su toxicidad (Baechler y Gjovik, 1965), aun dentro de ciertas especificaciones. Esto hace que la comparación arriba mencionada sea más relativa que la que sigue a continuación con preservadores de composición más constante.

En cuanto al tratamiento con pentaclorofenol, Duncan (1958) encontró valores umbrales para *Lentinus lepideus* de 0.7-1.3 lb/pie³, utilizando petróleo como solvente. Estas cifras son menores a las encontradas en este trabajo siendo de 1.40-1.50 lb/pie³, con tolueno como solvente. El mismo trabajo reportó como umbral para *Poria monticola* 1.3-2.2 lb/pie³, mientras que en este caso, a retención de 0.89 lb/pie³ se obtuvo el valor más bajo en pérdida de peso (0.37%), cifra que no puede considerarse umbral sin tener puntos de referencia a menores retenciones. Caso semejante al anterior fue el de *Lenzites trabea* en donde a la retención más baja (2.00 lb/pie³) se obtuvo la menor pérdida de peso (1.78%). Tampoco se puede afirmar que éste sea el punto umbral, aunque a 2.47 lb/pie³ hubo pérdida de peso aproximada (1.89%) y Duncan (1958) encontró el umbral entre 2.2 y 3.6 lb/pie³, siendo estos dos valores 2.00-2.47 lb/pie³ y 2.2-3.6 lb/pie³ muy cercanos entre sí.

Para CCA tipa A, el único informe localizado (Suen, 1969) menciona como

valor umbral para *Lenzites trabea*, retenciones de 0.25-1.00 lb/pie³. En el presente trabajo no se localizó umbral para este hongo ensayando retenciones de 0.64 lb/pie³ y otras mayores, que por ser más altas a 0.25 lb/pie³, dan lugar a suponer que el umbral se localice a retenciones más bajas que las ensayadas. De *Lentinus lepideus* y *Peniophora* sp., no se tienen datos con respecto a este preservador. *Poria monticola* y otras especies de este género, se consideran como resistentes a las fórmulas CCA (Wallace, 1968); pero de acuerdo con este ensayo, el umbral para dicho hongo podría situarse a retenciones menores que 1.0 lb/pie³ con CCA tipo A mientras que con creosota, el umbral se determinó a 1.81 lb/pie³. Esto indica que *Poria monticola* fue más resistente a la creosota que a la CCA-tipo A.

Los valores umbrales de CCA tipo B encontrados para *Lentinus lepideus* y *Poria vaporaria* en madera de *Pinus sylvestris* fueron de 0.56-0.138 lb/pie³ para el primero y de 0.138-0.288 lb/pie³ para el segundo (AWPA, 1963). Aunque la especie de *Poria* es distinta, por falta de información bibliográfica puede considerarse representativa del género. Para *Lentinus lepideus* la menor retención ensayada fue de 0.32 lb/pie³, retención más alta a la anterior citada. De *Poria monticola* tampoco se determinó umbral aun cuando la retención más baja ensayada (0.26 lb/pie³) está dentro del rango encontrado para *P. vaporaria*.

Tomando en cuenta el total de resultados, sólomente se obtuvieron dentro de un rango esperado, o sea lo reportado en la literatura, los siguientes valores:

| Preservador | Hongo | Umbral (lb/pie ³) | |
|-------------|--------------------------|-------------------------------|-----------|
| | | Esperado | Observado |
| Creosota | <i>Lentinus lepideus</i> | 3.50-7.90 | 3.70-3.80 |
| Creosota | <i>Poria monticola</i> | 1.30-2.00 | 1.80-2.00 |

De otros valores no se pudo comprobar si están o no dentro de los límites encontrados en la literatura, porque podría estar a retención menores a las ensayadas aquí pero aun dentro de esos límites, éstos son:

| Preservador | Hongo | Umbral en lb/pie ³ | |
|-------------|--------------------------|-------------------------------|-----------|
| | | Esperado | Observado |
| CCA - A | <i>Lenzites trabea</i> | 0.250-1.000 | <0.64 |
| CCA - B | <i>Lentinus lepideus</i> | 0.056-0.138 | <0.32 |
| CCA - B | <i>Poria monticola</i> | 0.138-0.288 | <0.26 |

El resto de los valores quedó definitivamente fuera de los límites esperados.

Como se ve, del total de casos, sólo en dos de ellos se confirmó alguna correspondencia con los datos encontrados en la bibliografía. Las diferencias con los valores encontrados en este trabajo pudieron deberse a múltiples causas. En primer lugar, debe tomarse en cuenta que se trabajó con especies de hongos y maderas nativos de nuestro país, cuyas propiedades biológicas (variación) pueden ser muy distintas a las de especies originarias de otras latitudes. En segundo lugar, los preservadores empleados posiblemente difieran cualitativa o cuantitativamente a los productos utilizados en otros países. Además, algunos factores que no fueron regulados durante el experimento pudieron influir sobre los organismos, tales como la patogenicidad de las cepas de hongos, (factores ambientales) del lugar de ensayo, etcétera.

Por otra parte, debe destacarse que el mayor grado de lixiviación (demostrado por los testigos tratados sin someterse a hongo), se observó en los preservadores oleaginosos: creosota y pentaclorofenol; y el menor porcentaje de lixiviación se encontró en los preservadores hidrosolubles: CCA tipo A y CCA tipo B. Esto último está de acuerdo con lo encontrado en la bibliografía (AWPA, 1963; Mc-

Mahon, *et al.* 1942; Wallace, 1968). La explicación que se puede aportar es que los preservadores oleaginosos penetran en la madera ocupando los lúmenes y espacios intercelulares, siendo además por su naturaleza química, sustancias relativamente volátiles. En cambio, los productos hidrosolubles se depositan reaccionando químicamente con las paredes celulares y sustancia intercelular de la madera y son, además, sales minerales no volátiles.

Lo anteriormente expuesto se puede sintetizar en los siguientes ocho puntos:

1. De los hongos ensayados, *Lenzites trabea* fue el más dañino a la madera de *Pinus pseudostrobus*.
2. La patogenicidad de *Peniophora* sp. hacia las dos especies de madera fue similar y muy baja.
3. Se determinaron los siguientes umbrales:

| Preservador | Hongo | Reten. lb/pie ³ |
|-----------------|--------------------------|----------------------------|
| Creosota | <i>Lentinus lepideus</i> | 3.70-3.80 |
| Creosota | <i>Poria monticola</i> | 1.80-2.00 |
| Pentaclorofenol | <i>Lentinus lepideus</i> | 1.40-1.50 |
| CCA tipo B | <i>Lenzites trabea</i> | 0.18 |

4. *Lentinus lepideus* fue el hongo más resistente a la creosota, los más susceptibles fueron *Lenzites trabea* y *Peniophora* sp. *Poria monticola* posiblemente fue el hongo más sensible al pentaclorofenol. En cuanto a CCA tipo A y CCA tipo B, no se determinó qué hongos fueron más resistentes o sensibles.
5. Tomando en cuenta las cuatro especies de hongos, se consideran eficaces para cada preservador las siguientes retenciones:

| | |
|-----------------|---------------------------------------|
| Creosota | De 2.50-3.00 lb/pie ³ |
| Pentaclorofenol | A partir de 2.50 lb/pie ³ |
| CCA tipo A | Desde 1.70 lb/pie ³ |
| CCA tipo B | Un mínimo de 0.50 lb/pie ³ |

6. A partir de las retenciones anteriores, se incrementó el grado de lixiviación del preservador conforme aumentó la retención.
7. Se encontraron pocas similitudes y muchas diferencias con respecto a los datos citados por autores extranjeros. Esto sugiere la necesidad de obtener información más completa acerca de los umbrales que no pudieron ser determinados en este ensayo, por medio de pruebas suelo-bloque empleando retenciones menores a las aquí ensayadas. Información más amplia se obtendrá añadiendo fases de lixiviación e intemperismo a los bloques tratados. Se considera también que con nuevos trabajos empleando otras especies mexicanas de maderas (gimnospermas y angiospermas) y hongos, por medio de ensayos suelo-bloque, estado en parcelas, etcétera, y búsqueda de datos sobre la resistencia natural y evaluación de preservadores, se dispondrá de bases suficientes que permitirán actualizar los métodos de preservación para madera a las condiciones de nuestros medios.
8. Por último, debe aclararse que aunque todos los trabajos sobre evaluación experimental de preservadores emplean el concepto de retención como libras de preservador (solute) por pie cúbico de madera, en algunas plantas impregnadoras se acostumbra expresar la retención como libras de solución preservadora (solute más solvente) por pie cúbico de madera. Y como la concentración de esa solución puede variar, la retención real de preservador (solute), se desconoce. Por ello, se sugiere que se conceda mayor atención y se revisen los métodos de preparación de soluciones, así como los de determinación de retenciones en los tratamientos comerciales de madera.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su reconocimiento a las siguientes compañías, instituciones y personas: Asarco Mexicana, S. A., Resistol, S. A., Koppers de México, S. A. y Osmose Mexicana, S. A. de C. V., por la aportación de muestras de los preservadores ensayados. A la Unidad Industrial de Explotación Forestal Michoacana de Occidente S. de R. L., que donó la madera ensayada. A la Oficina de Postes y He-

rrajes de la Comisión Federal de Electricidad y al Laboratorio de Patología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales que realizaron el análisis químico de la creosota y aportaron cepas de los hongos ensayados, respectivamente. También al doctor Ramón Riba y Nava Esparza y al biólogo Javier Valdés Gutiérrez por la revisión y corrección del manuscrito.

APÉNDICE

A partir de 1969, todas las formulaciones de preservadores hidrosolubles se expresan como mezclas de productos óxidos, independientemente de la forma química real de ellos. Esto tiene como finalidad establecer bases uniformes que

permitan comparar entre sí a los diversos productos comerciales sin alterar su actual manufacturación, ya que se considera a los componentes óxidos como los ingredientes activos. De la misma forma, todas las retenciones de tratamiento serán

expresadas de acuerdo con base en su forma oxidada. *

De acuerdo con esto, la CCA-A tendrá la siguiente composición de óxidos:

| | |
|---|-------|
| Trióxido de cromo (Cr O ₃) | 65.5% |
| Oxido de cobre (Cu O) | 18.1% |
| Pentóxido de arsénico (As ₂ O ₅) | 16.4% |

Y la composición de la CCA-B será:

| | |
|---|-------|
| Trióxido de cromo (Cr O ₃) | 35.3% |
| Oxido de cobre (Cu O) | 19.6% |
| Pentóxido de arsénico (As ₂ O ₅) | 45.1% |

Las antiguas retenciones expresadas en libras de preservador comercial por volumen de madera, pueden ser transformadas fácilmente a libras de preservador en base a componentes óxidos por volumen de madera multiplicándolas por un factor de conversión a óxidos que para

* AWWA, 1969. Report of comitee P-4, water-borne systems. *Proc. A.W.P.A.* 65:82-84.

CCA-A es de 0.58 y para CCA-B de 0.76. Este factor se obtiene dividiendo el peso molecular de cada componente expresado como óxido, entre el peso molecular del mismo componente en su forma comercial; el valor obtenido se multiplica por el porcentaje de su proporción en la mezcla, y la suma de los valores resultantes es el factor de conversión al óxido buscado.

En el presente trabajo, se utilizaron los valores de retención como libras de preservador comercial por pie cúbico de madera, ya que los trabajos incluidos en la revisión bibliográfica están expresados en los mismos términos.

Se incluye este apéndice como información complementaria para aquellas personas interesadas en establecer comparaciones con trabajos que reporten valores de retención en base a los óxidos correspondientes.

Las tablas I y II de este apéndice, muestran las equivalencias en óxidos de los valores presentados en las tablas 4 y 5.

TABLA I

PÉRDIDAS DE PESO OBTENIDAS CON CADA HONGO A CINCO DISTINTAS RETENCIONES DE CCA TIPO A. EXPRESADAS EN BASE A LA FORMA OXIDADA *

| <i>Lentinus lepideus</i> | | <i>Poria monticola</i> | | <i>Lenzites trabea</i> | | <i>Peniophora</i> sp. | |
|--------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|
| Retención | Pérdida | Retención | Pérdida | Retención | Pérdida | Retención | Pérdida |
| lb/pie ³ | de peso % | lb/pie ³ | de peso % | lb/pie ³ | de peso % | lb/pie ³ | de peso % |
| .32 | 0.66 | .61 | 1.45 | .37 | 1.26 | .37 | 1.13 |
| .66 | 0.84 | 1.00 | 1.52 | .60 | 1.41 | .57 | 1.08 |
| 1.05 | 1.08 | 1.32 | 0.96 | .72 | 1.69 | .68 | 1.25 |
| 1.36 | 1.13 | 1.69 | 1.76 | .86 | 1.82 | .83 | 1.14 |
| 1.76 | 1.19 | 2.27 | 1.82 | 1.10 | 1.94 | .99 | 1.00 |
| 1.64** | 1.33 | 1.95** | 1.78 | 1.18** | 1.91 | 1.15 | 2.03 |
| *** | 19.02 | *** | 31.81 | *** | 25.62 | *** | 5.67 |

* Promedios de 10 repeticiones, excepto los testigos de 2 repeticiones; solvente, agua destilada; madera, *Pinus pseudostrobus*; acondicionamiento, secado en horno a 60° C hasta peso constante; exposición a pudrición, 82 días.

** Testigos impregnados pero sin someterse al ataque de hongos.

*** Testigos tratados con solvente y sometidos al ataque de hongos.

TABLA II

PERDIDAS DE PESO OBTENIDAS CON CADA HONGO A CINCO DISTINTAS
RETENCIONES DE CCA TIPO B, EXPRESADAS EN BASE
A LA FORMA OXIDADA *

| <i>Lentinus lepideus</i> | | <i>Poria monticola</i> | | <i>Lenzites trabea</i> | | <i>Peniophora</i> sp. **** | |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % | Reten- ción lb/pie ³ | Pérdida de peso % |
| .24 | 0.94 | .20 | 1.89 | .05 | 3.35 | .20 | 2.09 |
| .49 | 1.15 | .28 | 2.02 | .09 | 1.87 | .30 | 2.04 |
| .68 | 1.23 | .36 | 2.41 | .14 | 1.32 | .40 | 1.95 |
| .92 | 1.49 | .44 | 2.45 | .17 | 1.61 | .50 | 1.98 |
| 1.16 | 1.78 | .51 | 2.25 | .21 | 1.55 | .62 | 1.94 |
| 1.36** | 1.74 | .52** | 1.47 | .24** | 1.87 | .60** | 1.76 |
| *** | 27.22 | *** | 27.76 | *** | 33.09 | *** | 4.07 |

* Promedios de 10 repeticiones, para los testigos 2 repeticiones; solvente, agua destilada; madera, *Pinus pseudostrabus*; acondicionamiento, secado en horno a 60° C hasta peso constante; exposición a pudrición, 82 días.

** Testigos impregnados pero sin someterse al ataque por hongos.

*** Testigos tratados con solvente y sometidos al ataque por hongos.

**** Para *Peniophora* sp. se empleó madera de la especie *Pinus douglasiana*.

LITERATURA

- ASTM, 1961. Standard method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures. ASTM Designation: D 1413-61.
- ASTM, 1964. Standard specifications for creosote. ASTM Designation: D 390-64.
- AWPA, 1963. Chromated copper arsenate type B (Boliden salt K-33). *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 59:54-59.
- AWPA, 1971. Revised standard method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures. AWPA M 10-71. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 67:75-82.
- BAECHLER, R. H. y L. R. GJOVIK, 1965. Relation between distillation pattern of creosote and its effectiveness as determined by the soil-block method. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 61:130-137.
- DUNCAN, C. G., 1958. Evaluating wood preservatives by soil-block tests: 10. Effect of species of wood on preservative threshold values. *Proc. Amer. Wood. Pres. Ass.* 54:172-176.
- GARCÍA CARMONA, G., 1948. *Resistencia relativa de algunas maderas tropicales mexicanas a los hongos xilófagos*. Tesis, Fac. Química, UNAM México, 65 p.
- GILLESPIE, T., H. P. SEDZIAK y J. KRZYZEWSKI, 1969. The analysis of service life experiment on wood treated with preservatives. *Wood Sci.* 2(2):73-76.
- GÓMEZ NAVA, M. S., R. ECHENIQUE-MANRIQUE y R. SALINAS QUINARD, 1969. Índices de laboratorio sobre resistencia de la madera a la pudrición en once especies forestales mexicanas. *Bol. téc. Inst. Nac. Invest. For. México.* 31.
- GUZMÁN DEL PROO, S. A., 1963. *Efecto del alquitran de coyol (Scheelea liebmanii Becc.) contra algunos hongos xilófagos*. Tesis, ENCB, IPN, México, 50 p.
- HERRERA HERRERA, B., 1972. *Incidencia y desarrollo de la mancha azul de la madera de pino (Pinus montezumae) bajo condiciones de laboratorio*. Tesis, ENA, Chapingo, 50 p.
- HUNT, G. M. y G. M. GARRAT, 1953. *Wood preservation*. McGraw Hill Book Company, Inc. Madison, 417 p.
- LEACH, C. W., 1964. 1958 cooperative creosote project: I. Laboratory soil-block test. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 60:165-170.
- MCMAHON, W., C. M. HILL y F. C. KOCH, 1942. Greensalt, a new preservative. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 38:334-348.
- OBREGÓN ARCEO, M. C., 1971. *Cultivo e identificación de hongos habitantes en la madera*. Tesis, Fac. Ciencias, UNAM, México, 74 p.
- PINZÓN-PICASEÑO, LUIS M., 1972. *Ensayo de preservadores para madera contra hongos que causan la pudrición*. Tesis, Fac. Ciencias, UNAM, México, 74 p.

- SALINAS QUINARD, R., R. ECHENIQUE-MANRIQUE y L. GÁLVEZ, 1971. Observaciones acerca de la inducción de resistencia al ataque de hongos productores de pudriciones en maderas tratadas con niveles variables de radiaciones gamma. *Rev. lat.amer. Microbiol.* 13:45-58.
- SUEN, R. Y., 1969. Soil-block tests comparing CCA type A with the new recommended CCA standard. Appendix B. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 65:87-89.
- WALLACE, E. M., 1968. The copper-chrome-arsenate preservatives and their use in modern wood preservation. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 64:50-56.