

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**



**BIBLIOTECA  
INSTITUTO DE ECOLOGIA  
UNAM**

**ENSAYO DE PRESERVADORES PARA MADERA  
CONTRA HONGOS QUE CAUSAN LA PUDRICION.**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PRESENTA**

**LUIS MANUEL PINZON PICASEÑO**

**PARA OBTENER EL TITULO DE**

**B I O L O G O**

**1972**

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado con todo respeto a las siguientes personas:

Al Dr. Ramón Echenique-Manrique por su eficaz asesoramiento y -- oportuna estimulación durante el desarrollo de esta tesis.

A los señores, Dr. Teófilo Herrera Suárez.

Q.B.P. Rodolfo Salinas Quinard

Dr. Ernesto Moreno Martínez

Biól. Javier Valdés Gutiérrez

por sus valiosos consejos en la revisión y corrección del manuscrito.

A mis Maestros, cuyos conocimientos y capacidad me han servido de ejemplo.

A mis Padres, porque gracias a sus muchos esfuerzos ha sido posible alcanzar esta meta.

Con cariño a Tere, la compañera de mi vida, por su apoyo, comprensión y paciencia admirables.

También quiero expresar mi reconocimiento a todas aquellas personas, instituciones y compañías que aportaron auxilio material y - moral para la realización de este trabajo.

Septiembre de 1972.

## CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN .....	4
INTRODUCCION .....	6
Origen Orgánico de la Madera .....	6
Agentes que Deterioran la Madera .....	6
Concepto y Tipos de Pudrición .....	7
Condiciones Requeridas por los Hongos Xilófagos .....	8
Susceptibilidad y Resistencia Natural de las Maderas a la pudrición .....	9
Cómo Proteger la Madera .....	10
Preservadores .....	10
Impregnación, Retención y penetración .....	11
Tipos de Tratamiento .....	12
Determinación de la Efectividad Preservadora .....	15
Pruebas de Toxicidad .....	15
OBJETIVOS Y FINALIDADES .....	18
ANTECEDENTES .....	19
Trabajos Relacionados en México .....	19
Trabajos Sobre Hongos Xilófagos .....	21
Origen y Desarrollo de los Ensayos Suelo-Bloque .....	27
Valores Umbrales Reportados en la Literatura .....	28
MATERIALES Y METODOS .....	31
Hongos .....	31
Preservadores .....	32
Madera .....	35
Suelo .....	36
Norma .....	37
RESULTADOS .....	47
DISCUSION .....	60

BIBLIOGRAFIA .....	68
--------------------	----

Lista de Figuras, Tablas y Gráficas.

Fig. No. 1 Bloques de prueba y alimentadores .....	44
Fig. No. 2 Aparato Impregnador .....	44
Fig. No. 3 Cámaras de pudrición: creosota - <u>L. lepideus</u> ....	45
Fig. No. 4 Cámaras de pudrición: pentaclorofenol <u>P. monticola</u> .....	45
Fig. No. 5 Cámaras de pudrición: CCA - A <u>L. lepideus</u> .....	46
Fig. No. 6 Cámaras de pudrición: CCA - B <u>L. trabea</u> .....	46
Tabla No. 1 Creosota .....	52
Tabla No. 2 Pentaclorofenol .....	53
Tabla No. 3 CCA - A .....	54
Tabla No. 4 CCA - B .....	55
Gráfica No. 1 Creosota .....	56
Gráfica No. 2 Pentaclorofenol .....	57
Gráfica No. 3 CCA - A .....	58
Gráfica No. 4 CCA - B .....	59

## RESUMEN

En este trabajo se evaluó la toxicidad relativa de los principales preservadores para madera disponibles en el país, contra hongos xilófagos aislados en México. La metodología estuvo de acuerdo a las normas ASTM (American Society for Testing and Materials) D 1413 - 61 y AWPA (American Wood Preservers' Association) M 10 - 71, para ensayos por el procedimiento denominado de "suelo bloque". Se emplearon Lentinus lepideus Fr., Poria monticola - - Murr., Lenzites trabea Pers ex Fr. y Peniophora sp., como agentes xilófagos; creosota de hulla, pentaclorofenol y dos tipos de sales a base de arsénico, cobre y cromo (CCA - Tipo A y CCA - Tipo B), como preservadores; y como substrato, madera de las especies Pinus douglasiana Martínez y pinus pseudostrobus Lindl. Los resultados señalaron a Lenzites trabea como el hongo más dañino a pinus pseudostrobus sin preservar; a peniophora sp. similarmente poco dañina tanto a la madera de p. pseudostrobus como a la de p. douglasiana no tratadas. Los umbrales encontrados en este trabajo fueron, para L. lepideus con creosota, 3.70-3.80 lb/pie<sup>3</sup>; con pentaclorofenol, 1.40 - 1.50 lb/pie<sup>3</sup>; en p. monticola con creosota, - 1.80 - 2.00 lb/pie<sup>3</sup>, y para L. trabea con CCA - B, de 0.18 lb/pie<sup>3</sup>. Para los demás casos no se pudieron determinar valores umbrales. De los valores encontrados, algunos fueron similares a los reportados en la literatura. Se determinó también que al aumentar la retención, se incrementó el grado de lixiviación de los preserva-

dores, siendo mayor en cresota y pentaclorofenol.

## INTRODUCCION

Origen Orgánico de la Madera.

La madera es uno de los productos de origen orgánico más importante que existe en la naturaleza, pues su uso ha favorecido enormemente el desarrollo tecnológico del hombre en muchos aspectos. Debido a propiedades tales como el poseer estructuras celulares en un arreglo vertical con ultraestructura y constitución química propias bien definidas, tiene en consecuencia un alto grado de resistencia mecánica por unidad de peso y presenta comportamiento físico apropiado, además de considerable valor estético para muchas aplicaciones en la industria, vivienda y campo.

Agentes que Deterioran Madera.

La madera como muchos otros materiales, puede ser deteriorada por agentes físicos o químicos, pero además, es susceptible al ataque de agentes bióticos. Entre los organismos destructores de madera pueden citarse en orden de importancia a los hongos xilófagos principalmente basidiomicetos, hongos imperfectos como especies del género Ceratocystis causantes del "manchado azul"; algunos insectos de los grupos coleópteros como Hylotrupes llamado "escarabajo cornudo doméstico", isópteros que incluye a los termitas como Neotermes que atacan madera seca, himenópteros como las "hormigas carpinteras", y lepidópteros entre los que se encuentran algunas mariposas y polillas perforadoras; también los común

mente llamados barrenadores o perforadores marinos de los grupos-  
moluscos como Teredo, Bankia, Martesia, y crustáceos como Limnoria,  
Sphaeroma, Chelura. También se han reportado bacterias pero con me-  
nor importancia destructura (Davidson, 1960; Findlay, 1967; ----  
Tsoumis, 1968).

### Concepto y Tipos de Pudrición.

Los hongos más dañinos son los causantes de pudriciones. Cuando un hongo destruye madera, se alimenta de las sustancias - que constituyen la pared celular, principalmente de la celulosa, - lignina, o de ambas, induciendo cambios físicos y químicos en la madera, conocidos como pudriciones. Esta actividad del hongo se - debe a la acción que ejercen exoenzimas secretadas por sus hifas- y que actúan libremente. Entre estas enzimas se encuentran la lig- nasa, celulasa y hemicelulasa (Zeller, 1916 y Findlay, 1967).

Según el efecto producido por el hongo, algunos autores- consideran tres tipos principales de pudrición: "pudrición suave" (Findlay, 1967), "pudrición blanca" y "pudrición morena" (Wilcox, 1968).

El tipo llamado "pudrición suave", es causada por hongos destructores de celulosa, pertenecientes a los grupos ascomicetos y hongos imperfectos. Se caracteriza por ser superficial, degra- dando la madera hasta adquirir una consistencia caseosa, de color obscuro. Se encuentra con mayor frecuencia en maderas de angiosper- mas (Findlay, 1967).

Los hongos causantes de la "pudrición blanca", son aquéllos



que destruyen todos los componentes de la madera (lignina y carbohidratos). Las células son atacadas por una trama de hifas causando la descomposición total pero en forma lenta y no uniforme. Dentro de las paredes celulares se forman cavidades. El material residual no se encuentra en una condición desmenuzable ni contraída, sino semejando un esqueleto de madera sin coloración oscura (Wilcox, 1968.).

El tercer grupo comprende a los hongos de la "pudrición morena o roja", que descomponen a la celulosa y sus pentosas asociadas, afectando poco o nada a la lignina. Estos hongos atacan a las células de la madera por hifas solitarias pero sin alterar su estructura durante toda la pudrición que es rápida y uniforme. La parte atacada se contrae formando hendiduras perpendiculares u oblicuas que dan una apariencia cubicada a la madera podrida (pudrición cúbica), generalmente deleznable en un material pulverulento de coloración oscura (Wilcox, 1968).

Ambos tipos de pudrición son causados por hongos basidiomicetos.

#### Condiciones Requeridas por los Hongos Xilófagos.

La madera solamente puede ser atacada por hongos cuando reúne las siguientes condiciones que son favorables para el desarrollo de éstos (Christensen, 1961; Panshin, et al. 1964; Findlay, 1967 y Tsoumis, 1968):

1.- Temperatura entre 20° y 36°C. es requerida por los hon-

gos, aunque pueden resistir temperaturas más bajas y en cambio -- ser más sensibles a temperaturas mayores.

2.- Humedad, cuando la madera contiene entre 20 y 50% en peso de agua, está expuesta al ataque de hongos. El límite inferior es el mínimo apropiado para el transporte de exoenzimas y el límite superior es el máximo que permite una buena aereación para el hongo. Estos valores dependen también de qué tan alto o bajo sea el punto de saturación de la fibra en cada especie de madera.

3.- Oxígeno suficiente para proporcionar al hongo una buena acreación, calculada entre 80 y 50% del total de espacio libre en la madera, porcentajes que dependen del contenido de humedad en la misma.

4.- Sustancias nutritivas para el hongo, o sea la madera -- propiamente constituida por lignina, celulosa y hemicelulosas, -- que además contiene vitamina B<sub>1</sub>, fierro, zinc, cobre, fósforo, potasio y sodio en muy pequeñas cantidades.

5.- Un medio más bien ácido es requerido por el hongo, con pH de 4.5 a 5.5. Al efectuar su actividad el hongo, aumenta en -- cierto grado la acidez del medio, formando así un ambiente favorable para su metabolismo.

Cuando alguno de estos requisitos no es satisfactorio, la -- madera no está en condiciones de ser atacada por hongos.

#### Susceptibilidad y Resistencia Natural de las Maderas a la Pudrición.

Aunque las maderas de muchas especies de árboles, especial-

mente pináceas, son susceptibles al ataque de hongos causantes de pudriciones, otras especies presentan resistencia natural a algunos de ellos, por ejemplo Manilkara zapota y Cordia dodecandra -- (Gómez, et al. 1969), esta cualidad se debe a la presencia y grado de concentración de algunas sustancias contenidas en la madera como los taninos, pero intervienen además otros factores desconocidos, concurrentes durante la formación de la madera: como el estado fisiológico del árbol o concernientes a influencias ecológicas y genéticas.

#### Cómo proteger la Madera.

Analizadas las condiciones anteriores, es posible considerar a qué nivel se debe efectuar la prevención o el control del ataque por hongos: la temperatura de la madera no es factible de controlar; alterar la aereación y el pH requeriría procedimientos muy costosos; mantener la madera a bajo contenido de humedad es un buen método, pero cuando está expuesta al contacto directo del suelo es muy difícil mantenerla en esa condición. Es consecuencia, si la madera constituye la fuente alimenticia para los hongos, es factible combatirlos tratando químicamente a la madera en forma conveniente y costeable a gran escala. Este es el método más generalizado y por ello la mayoría de las investigaciones sobre preservación de la madera se han realizado en este sentido.

#### Preservadores.

Los productos químicos preservadores para madera se agrupan,

según su tipo de solvente (Cockroft, 1971), como preservadores solubles en aceites de petróleo (oleaginosos) y preservadores solubles en agua (hidrosolubles). La elección del producto dependerá del tipo de servicio a que esté destinada la madera por tratar. - En general deben reunir las siguientes características (Hunt y Ga rrat, 1953):

- 1o.- Ser altamente tóxicos a los organismos destructores de la madera, en concentraciones mínimas.
- 2o.- Poseer alta capacidad de penetración en la madera.
- 3o.- Que puedan permanecer durante largo tiempo inalterados (poder residual) y ser poco lixiviables por intemperismo u otros-agentes.
- 4o.- Ser seguros de manipular y usar sin peligro a la salud.
- 5o.- No dañar a la madera ni a los metales.
- 6o.- Ser accesibles y económicos tanto en el mercado como - en sus métodos de aplicación.

Para propósitos específicos, deben ser además: limpios, incoloros, compatibles con pinturas y barnices, que no hinchen a la madera, que presenten resistencia al fuego o repelencia al agua.

#### Impregnación, Retención y Penetración.

Cuando una madera contiene preservador, se dice que está impregnada y el grado de impregnación, llamado retención, indica -- qué cantidad en peso de preservador está contenido en un volumen-determinado de madera.

Este contenido (retención) puede expresarse en gramos de -- preservador por centímetro cúbico de madera, en kilogramos por metro cúbico, o más frecuentemente en libras por pié cúbico. Se entiende por penetración a la profundidad que alcanza el preservador en la madera. Estos términos son muy empleados en preservación de madera, por lo que conviene tenerlos bien definidos.

### Tipos de Tratamiento.

Los tratamientos preservadores para madera son muchos y muy variados. Algunos requieren de plantas de impregnación, otros no requieren de equipos tan complicados y los hay aún de aplicación doméstica.

A continuación se exponen brevemente los principales tipos de tratamiento actualmente en uso (Cartwright y Findlay, 1958; y Cockroft, 1971).

- 1.- Procesos a presión
  - a) Célula llena
  - b) Célula vacía
- 2.- Proceso de doble vacío
  - a) Inmersión
  - b) Baño
- 3.- Procesos sin presión
  - c) Aplicación con brocha
  - d) Aspersión
- 4.- Difusión en madera verde.

## 1.- Procesos a presión:

a) Célula llena.- En este método, la madera se coloca en un cilindro o autoclave induciéndole vacío. Se llena entonces el cilindro con una solución preservadora hasta alcanzar presión hidráulica. Este paso se mantiene el tiempo suficiente para obtener el grado de tratamiento deseado. Después se drena el cilindro y se aplica finalmente vacío que limpia la superficie de la carga para facilitar su manejo. En este proceso se emplean generalmente preservadores hidrosolubles.

b) Célula vacía.- Existen dos modalidades de este método. El proceso Rueping consiste en colocar la carga en el cilindro e inyectar aire a presión, después se aplica la solución hasta alcanzar presión hidráulica y por último se efectúa el vacío final. La segunda modalidad recibe el nombre de proceso Lowry y es semejante al anterior con la excepción de que al principio del tratamiento no se inyecta aire a presión. Se restringen estos procesos a tratamientos con creosota y preservadores oleosos.

2.- Proceso de doble vacío.- La carga de madera en este proceso se coloca en el autoclave y se somete a un corto período de vacío. Al introducir solución preservadora, se libera el vacío obteniendo penetración moderada de solución en la albura. Después de drenar el cilindro, se aplica una segunda fase de vacío, proporcionando un cierto control sobre la absorción. Esto hace posible que la retención de la carga sea adecuada pero no excesiva. Por economizar solución preservadora, este proceso es adecuado en el em---

pleo de preservadores con solvente orgánico cuyo costo es relativamente alto.

### 3.- Procesos sin presión.

a) Inmersión.- Este proceso no requiere autoclave ni equipo de presión o vacío. Se emplea solamente una cuba de tratamiento - en donde se sumergen cargas de madera durante algunos minutos. En este caso se utilizan también preservadores con solvente orgánico, especialmente preservadores insecticidas.

b) Baño.- Aquí, es necesario el empleo de un túnel de tratamiento a través del cual se impulsan mecánicamente piezas individuales de madera y durante el trayecto son rociadas con preservador. Se emplean preservadores con solvente orgánico. La impregnación por este método retiene poco preservador.

c) Aplicación por brocha o aspersion.- Estos tratamientos - brindan protección muy limitada y solo se emplean para tratamientos "in situ", es decir, como mantenimiento.

4.- Difusión en madera verde.- Son varios los procesos que se aplican en madera recién cortada sin sazonar, en el aserradero. La ma dera se sumerge en las soluciones preservadoras y se apila estrechamente durante un período que permita la difusión total del o - los preservadores en toda la madera antes de que ésta se seque. - Por último, se sazona la madera. Estos métodos emplean preservado res hidrosolubles a base de Boro.

### Determinación de la Efectividad preservadora.

Así como se han desarrollado métodos para el tratamiento de la madera y preservadores 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).

### Pruebas de Toxicidad.

Están directamente relacionadas con la protección contra pudriciones. Se caracterizan porque se sitúa al hongo en un sistema con las condiciones óptimas para su desarrollo en madera, con la excepción del preservador presente en la prueba. Estas pruebas tienen como finalidad obtener datos acerca de las sustancias ensayadas, como es el punto letal, considerado como la retención mínima de preservador capaz de matar al hongo ensayado; el punto de inhibición total que es la retención mínima que previene el crecimiento del hongo sin matarlo.

Estas pruebas presentan algunas modalidades en sus técnicas, como son:

Pruebas en Malta - Agar.- Emplea medio de cultivo Malta - Agar conteniendo diferentes concentraciones del preservador. El medio se coloca en cajas Petri o pequeños matraces Erlenmeyer en --



donde se inocula el hongo.

Pruebas de Malta - Agar - Bloque.- Se emplean pequeños bloques de madera de albura tratados con diferentes retenciones del preservador que se colocan sobre hongos previamente desarrollados sobre Malta - Agar en frascos Köllé u otros equivalentes.

Pruebas de Suelo - Bloque.- Consisten en colocar bloques -- tratados a distintas retenciones, sobre micelio del hongo desarrollado en bloques no tratados de madera de albura que actúan como medio de cultivo y éstos, a su vez, colocados sobre suelo apropiado con un contenido de agua determinado, todo dentro de frascos - convenientes.

La evaluación del preservador en el primer tipo de prueba, - se determina por el grado de desarrollo del hongo en el Agar (Hunt y Garrat, 1953); y en las dos últimas, mediante la pérdida de peso sufrida por los bloques durante el ensayo (A.S.T.M., 1961; --- A.W.P.A., 1971).

Hay otras modificaciones de las pruebas anteriores que utilizan, para la evaluación de la toxicidad del preservador, la actividad respiratoria del hongo (Halabisky e Ifju, 1968), o también, alteraciones en las propiedades físicas de la madera como - su resistencia a la flexión estática (Lab. Nac. Engen. Civil., -- 1958). También pueden usarse combinaciones de estos métodos de -- evaluación (Smith, 1969).

Existen además, algunas pruebas sobre madera tratada, como-

durmientes o postes, que han estado en servicio (Gillespie, et al., 1969).

## OBJETIVOS Y FINALIDADES

Este trabajo se realizó para obtener datos cuantitativos -- acerca de la toxicidad relativa que ejercen cuatro sustancias -- preservadoras para madera, de uso comercial, contra cuatro especies importantes de hongos que causan pudrición, por medio de -- pruebas Suelo - Bloque de acuerdo con la norma de la "American -- Wood Preservers' Association" Designación M 10 - 71; y su equivalente de la "American Society for Testing and Materials" D 1413-61, para ensayos de este tipo (A.S.T.M., 1961; A.W.P.A., 1971).

El seguir esta norma tuvo como fin qué trabajos similares -- realizados por cualquier investigador en otras partes del mundo, -- al reproducirse bajo las mismas condiciones, sean comparables y -- puedan tener validez semejante.

Como objetivos se tuvieron: encontrar las retenciones mínimas para cada preservador capaces de evitar deterioros en la madera por el hongo más resistente (umbrales), determinar la resistencia o susceptibilidad de los hongos hacia los preservadores empleados, y por último, saber a cuáles de estos organismos son más susceptibles o presentan mayor resistencia natural las maderas de las especies de árboles estudiadas.

Las conclusiones obtenidas aquí, permitirán hacer comparaciones con los reportes de otros países, y es finalidad de este -- trabajo que se utilicen como base para elaborar recomendaciones -- en los tratamientos de madera a gran escala.

## ANTECEDENTES

Trabajos Relacionados en México.

En realidad es poca la literatura que sobre durabilidad natural de madera sometida a hongos xilófagos y preservación de la misma, existe en nuestro país. Esto a pesar de la importancia económica que representan dichos temas para la industria maderera y en la conservación de los productos forestales.

El trabajo más antiguo que se logró localizar en México (García, 1948), fue una tesis profesional de químico que trató sobre resistencia natural de maderas de angiospermas contra hongos xilófagos. Al ensayar con Lenzites trabea y poria incrassata por pruebas bloque Malta - Agar, se llegó a la conclusión de que este último hongo fue el más dañino y se consideró a Chlorophora tinctoria (mora), la especie más resistente de las maderas ensayadas.

El primer intento de realizar un ensayo sobre evaluación de preservadores para madera contra hongos xilófagos (Guzmán del Proo, 1963), analizó la posibilidad de emplear el alquitrán obtenido como un subproducto a partir del fruto de la palma del coyol (Scheelea liebmanni Becc.), comparándolo con pentaclorofenol y creosota de hulla.

Más recientemente (Gómez, et al. 1969), se realizó otro estudio acerca de la resistencia natural de especies forestales mexicanas a la pudrición. Este trabajo comparó la resistencia de especies angiospermas de regiones cálido húmedas y especies de piná

ceas, encontrándose que la mayoría de las primeras se comportaron como más resistentes que las especies de pináceas ensayadas.

Por otra parte, se ha ensayado la irradiación gamma de madera, con el fin de observar su influencia sobre la resistencia contra pudriciones por hongos (Salinas, et al. 1971). Al ser irradiada madera de Quercus barbinervis Benth. (encino), aumentó su resistencia contra Polyporus sanguineus L. ex Fr., sucediendo lo mismo pero en menor grado en pinus rudis Endl. y solo espontáneamente en Abies religiosa H. B. K.

El tema hongos y maderas ha llevado a la formación de un sistema para el cultivo e identificación de hongos habitantes en madera (Obregón, 1971), adaptado a las especies y condiciones de nuestros medios. Este trabajo puede servir de referencia para futuros estudios sobre biología, prevención y combate de hongos destructores de madera.

Aunque los trabajos realizados en nuestro país sobre hongos de las maderas se han enfocado principalmente a los hongos xilófagos, también se ha tomado en cuenta a los hongos del "manchado azul". El "manchado azul" reviste importancia económica no tanto por alterar las propiedades físicas de la madera, sino por afectar su estética con monoscabo de su valor. Es posible que la incidencia o desarrollo de los hongos causantes del "manchado azul", pueda evitarse almacenando en condiciones apropiadas la madera verde. Esto es, protegiéndola de lluvia, contacto con suelo desnudo

do, evitando altibajos en contenido de humedad y, de ser necesario, tratamiento con productos químicos (Herrera, 1972).

Trabajos Sobre Hongos Xilófagos.

Lenzites trabea fue citado por primera vez en México como una especie nueva (Gloeophyllum trabeiforme) sobre madera muerta no identificada, en Xuchiles, Méx. (Murrill, 1912).

Una buena descripción de la especie Lenzites trabea Pers. ex Fries, la proporcionó Overholts, (Overholts, 1953), quien al hablar sobre hábitats de esta especie, mencionó que se encuentra comúnmente sobre madera muerta de Acer sp. (arce), Betula sp. (abedul), Castanea sp. (castaño), Fagus sp. (haya), Fraxinus sp. (fresno), Juglans sp. (nogal), Liriodendron sp. (álamo amarillo), Platanus sp. (álamo blanco), Populus sp. (alamillo), Prunus sp. (sasafrás, cereso, capulín), Pyrus sp., Quercus sp., Tilia sp. (tilia), y Ulmus sp. (olmo); también ocasionalmente sobre madera de coníferas como Abies sp. (oyamel), Cupressus sp. (cedro blanco), Juniperus sp. (enebro), Picea sp. (abeto), Pinus sp. (pino), Pseudotsuga sp., Taxodium sp. (ahuehuete), Thuja sp. (cedro rojo), y Tsuga sp. Este autor concidera que Lenzites trabea es una especie de menor importancia económica que Lenzites saepiaria, pero que, aún así, se encuentra cerca del primer lugar en la lista de hongos que pudren madera.

Al tratar sobre el género Lentinus, Singer (Singer, 1962) consideró que de todas sus especies, Lentinus lepideus Fr. es el

destructor de madera más dañino, encontrándose comúnmente en durmientes, puentes de madera, casas y todos los tipos de madera usados en minas.

También se han realizado trabajos para proporcionar listas de hongos asociados con pudriciones en postes de madera (Esllyn, 1970), citándose entre los hongos más frecuentes, en orden decreciente de importancia destructora a Lentinus lepideus en pinus sp. y Thuja plicata; Poria monticola Murr. en pinus sp. (pino), pseudotsuga sp. y Thuja plicata (cedro rojo); Lenzites trabea Pers. ex Fries en pino, cedro rojo y pseudotsuga; y Peniphora sp. en pinus y Pseudotsuga. Otro hongo muy frecuente pero solo en pseudotsuga-sp. fue Poria carbonica Overh.

Los hongos más frecuentes y dañinos encontrados en postes de madera de coníferas en México, fueron (Obregón, 1971): Lentinus lepideus Fr., hongo de amplia distribución y gran tolerancia a creosota, que ataca principalmente al duramen causando pudrición; morena Polyporus mollis Pers. ex Fr. y Poria monticola Murr., ambos causantes también de pudrición morena.

El estudio de los hongos habitantes en madera, se ha enfocado principalmente desde un punto de vista individual, dándole menor importancia a estudios poblacionales. Pero cada vez tiene más auge el concepto de que estos organismos deben ser entendidos tanto como individuos como parte de un ecosistema. Con base en esto, se han realizado trabajos encaminados a estudiar la ecología de hongos habitantes en madera.

Uno de estos trabajos (Butcher, 1968 a), encontró que durante la infección de estacas de albura de pinus radiata sin tratar, en terradas en una parcela, hubo una verdadera sucesión ecológica de microorganismos que varió en las tres zonas estudiadas: sobre, en y debajo de la línea de tierra. Sobre la línea de tierra, predominaron hongos transportados por aire, aparecieron en primer lugar mohos (Tuberculariaceae), después hongos del manchado que fueron otra vez sucedidos por mohos (Moniliaceae y Dematiaceae). En la línea de tierra la secuencia fue: mohos primarios (Tuberculariaceae y Moniliaceae), hongos de la pudrición suave, mohos secundarios (Mucorales) y basidiomicetos, presentándose en primer lugar los causantes de pudrición blanca y después los de pudrición morena. Bajo la línea de tierra, la sucesión fue más lenta y restringida a mohos, sobre todo los habitantes del suelo, y hongos causantes de pudrición suave por contener mayor humedad la madera. Los factores que más influyeron en estas sucesiones fueron humedad y fuente de infección.

En un trabajo semejante empleando madera tratada con arsénico - cobre - cromo (Butcher, 1968b), se encontró una sucesión similar a la de madera no tratada, pero mucho más lenta. Indudablemente, el factor limitante fue el preservador. La microflora fue similar por arriba y abajo de la línea de tierra, siendo menos activa en esta última. Los microorganismos colonizadores primarios fueron Moniliaceae y Dematiaceae. Siguió un estado prolongado de pudrición suave representado por Cephalosporium sp. (Moniliaceae).



El papel de los basidiomicetos fue insignificante arriba y abajo y nulo en la línea de tierra.

Como se ve, aún la madera tratada puede, a través del tiempo, estar en condiciones de ser habitada y aún atacada por hongos. En cuanto a madera tratada con pentaclorofenol y pentaclorofenato de sodio, se ha encontrado que este preservador es susceptible -- (dependiendo de la concentración) a sufrir biodegradación por actividad de Trichoderma viride Pers. ex Fries (Moniliaceae) y Coniophora puteana (Schum. ex Fr.) Karst. Esta actividad de los hongos fue notoria hasta retenciones de 5.8 Kg/m<sup>3</sup>. Trichoderma viride mostró crecimiento vigoroso y abundancia de esporas, factores que junto con su relativa frecuencia en madera tratada con pentaclorofenol puesta en servicio, sugieren la posibilidad de que este organismo sea pionero y preceda en la sucesión a los hongos -- sensibles a este preservador. También se encontraron diferencias notorias en el comportamiento de los hongos ensayados frente al pentaclorofenol, al ensayar con métodos de placa en Malta - Agar y suelo - bloque. Estas variaciones pudieron deberse a diferencias de pH en los substratos y a que la presencia de un substrato no tóxico (bloque alimentador) en la técnica suelo - bloque, dió oportunidad al hongo de adaptación y producción de enzimas (polifenoloxidasas intracelular) que actuaron sobre el pentaclorofenol. (Unligil, 1968).

En estudios realizados para observar las alteraciones microscópicas de la madera durante su pudrición, se encontró que en

la pudrición blanca hubo adelgazamiento característico y progresivo de la pared celular, empezando desde la capa  $S_3$  hacia afuera. Este adelgazamiento fue irregular en liquidámbar y uniforme en pino. La pudrición morena difirió de la anterior, comenzando en la  $S_2$  y causando eventualmente que la  $S_3$  se separara. La capa  $S_1$  fue muy atacada y la  $S_3$  relativamente poco dañada en liquidámbar. En pino también hubo gran adelgazamiento de la  $S_2$  y solamente un poco en las otras capas, provocando que las células se vieran más pequeñas en sección transversal. Se comprobó que las muestras sufrieron colapso en las fibras y encogimiento, después del secado (Wilcox, 1968).

Aunque no se ha establecido claramente la composición química de la lignina, es bien conocido que algunos hongos inducen cambios en las paredes celulares lignificadas, esta actividad se lleva a cabo por flúidos activos producidos por el hongo. Estos flúidos pudieron ser extraídos tanto de madera atacada como de micelio, y se comprobó que se trataba de una enzima, que más tarde recibió el nombre de ligninasa (Zeller, 1916).

A partir de estudios sobre ligninasa, se obtuvieron conocimientos incidentales sobre la celulasa, o sea la enzima que degrada la celulosa. Primero se observó que la celulosa desaparecía de la pared celular, lo cual se asoció a la acción de una enzima. Después, por medios experimentales se comprobó la existencia de una verdadera celulasa (Zeller, 1916).

También se encontró una enzima que hidroliza las hemicelulosas y no a la verdadera celulosa; esta enzima recibió el nombre de hemicelulasa. Mas tarde se vió que así como existen varias hemicelulosas, existen también varias hemicelulasas. (Zeller, 1916).

Según lo anterior, algunos hongos xilófagos son capaces de despolimerizar o hidrolizar celulosa por medio de la enzima celulasa. Recientemente se ha comprobado que algunos de ellos pueden sintetizar celulasa aún en ausencia de substratos como glucosa, celobiosa y otros carbohidratos. Esto supone aparentemente que la síntesis de esta enzima depende de un control metabólico, aunque puede ser reprimida por concentraciones relativamente altas de cualquier fuente de carbono rápidamente utilizable. Quizá el metabolito limitante en la producción de esta enzima sea el oxígeno. (Hulme y Stranks, 1970).

Como se ha mencionado, la tiamina o vitamina B<sub>1</sub> es un constituyente menor de la madera. Es además, un metabolito esencial para la mayoría de los basidiomicetos xilófagos. Se ha encontrado que destruyendo la tiamina con tratamiento alcalino a elevada temperatura, es posible alterar en cierto grado la susceptibilidad de algunas maderas hacia hongos causantes de pudrición morena como Poria monticola y Lentinus lepideus impidiendo su ataque, mientras que hongos causantes de pudrición blanca como Polyporus versicolor y Polyporus anceps fueron capaces de atacar esas maderas y en algunos casos parecieron ser más dañinos (Higley, 1970).

Se sabe que la resistencia natural de la madera depende de-

su contenido en sustancias. Pero además existe una relación entre el envejecimiento de la madera y su pérdida de resistencia relativa contra pudriciones. Se supone que esto se debe a cambios químicos en dichas sustancias por la vía de formación de polímeros con uniones éteres (Anderson, et al. 1962).

#### Origen y Desarrollo de los Ensayos Suelo - Bloque.

Uno de los pioneros en el uso y desarrollo de los ensayos suelo - bloque fue Leutritz, quien en 1939 introdujo el uso de suelo como medio para acelerar pruebas toximétricas. En su método, usó bloques alimentadores, bloques de pruebas y frascos herméticamente cerrados. Estas cámaras de pudrición inoculadas, se colocaban en estufa a temperatura constante durante cierto tiempo. En este método, los bloques de prueba tratados no se esterilizaban. Posteriormente, se añadió un medio de esterilización superficial de los bloques tratados flameándolos con mechero Bunsen. Más tarde, se introdujo la esterilización de ellos con vapor a la presión atmosférica (Leutritz, 1939).

Algunas variaciones a este método fueron proporcionadas por Sedziak (1949), que consistieron en emplear bloques tratados enterados casi totalmente en suelo tamizado dentro de frascos; el sistema se esterilizaba a presión en autoclave y posteriormente se inoculaba. Entonces, se colocaban los recipientes en estufa herméticamente cerrados y controlando únicamente la temperatura (Sedziak, 1949).

En el año de 1956, la American Society for Testing and materials publicó una norma tentativa con la designación D 1413 - 56-T (A.S.T.M., 1956), para ensayar preservadores para madera por el método de laboratorio suelo - bloque. Esta norma fue aprobada y adoptada en 1961 con las siglas D 1413 - 61 (A.S.T.M., 1961 y --- 1967). Este método sigue los lineamientos del procedimiento Leu-- tritz empleando bloques alimentadores y esterilización de bloques tratados con vapor corriente. Pero además incluye especificaciones para el tipo de suelo e incubación a humedad relativa constante con las tapas de los frascos aflojadas un cuarto de vuelta, y fases de intemperismo así como de lixiviación.

Una variación en los frascos cámara de pudrición fue dado por Smith (1968), quien adaptó unos tubos de vidrio o metal de -- 3.8 cm. de largo por 1.3 cm. de diámetro y pegados con resina -- "epoxy" o soldados respectivamente. Los tubos se tapan con un fil-- tro de algodón no absorbente, y sirven para eliminar el uso de ta-- pas aflojadas un cuarto de vuelta evitándose así fuertes de conta-- minación (Smith, 1968).

El método ASTM D 1413 - 61 fue revisado y adoptado con modi-- ficaciones insignificantes por la American Wood Preservers' Asso-- ciation (A.W.P.A., 1971), el año de 1971 con la denominación M 10 71.

#### Valores Umbrales Reportados en la Literatura.

En un ensayo realizado con el método suelo - bloque, emplea

do Lentinus lepideus, Lenzites trabea, Poria monticola, entre - - otros hongos; y creosota de bajo residuo, así como pentaclorofenol en petróleo además de otros preservadores, se encontraron diferencias en los valores umbrales de varias especies de maderas - ensayadas con un mismo hongo y preservador (Duncan, 1958). En este trabajo se citan valores umbrales en bloques de varias especies de pinus spp. tratados con pentaclorofenol en petróleo sometidos a condicionamiento, siendo los siguientes: Lentinus lepideus 0.7 - 1.3 lb/pie<sup>3</sup>; Lenzites trabea 2.2 - 3.6 (umbral estimado como 3.5 lb/pie<sup>3</sup>); y para Poria monticola 1.3 - 2.2 lb/pie<sup>3</sup>. - En cuanto a creosota de bajo residuo, se encontraron para Lentinus lepideus, umbrales de 3.5-6.0 lb/pie<sup>3</sup>; para Lenzites trabea - 2.0 - 3.0 (estimado en 2.4 lb/pie<sup>3</sup>); y para Poria monticola 1.3 - 2.0 lb/pie<sup>3</sup>.

Otro ensayo, de acuerdo con la norma ASTM D 1413 para ensayos suelo - bloque, empleando creosota con las características de la norma ASTM D 390 y creosota de otros grados, indicó valores umbrales para Pinus sp. y creosota normal de 6.1 - 7.9 lb/pie<sup>3</sup> para Lentinus lepideus, y de 4.7 - 6.5 lb/pie<sup>3</sup> para Lenzites trabea (Leach, 1964).

La evaluación de creosota por medio de ensayos suelo - bloque ha tenido diversas finalidades. Entre ellas, se han buscado - las fracciones o mezclas de fracciones más eficaces contra pudriciones. Un trabajo de este tipo (Baechler y Gjovik, 1965), em----

pleando comparativamente creosotas de mediano y bajo residuo, señala que para creosota de mediano residuo, la fracción más efectiva contra Lentinus lepideus y Lenzites trabea fue la destilada entre 315 - 355°C.

En Canadá se ha empleado también el método suelo - bloque - para ensayar preservadores. Un trabajo realizado para comparar la efectividad de la CCA - Tipo A con una nueva fórmula denominada - CCA - Tipo C, indicó para Pinus resinosa enfrentado a Lenzites trabea, en bloques lixiviados y no lixiviados, un umbral de 0.25-1.0 lb/pie<sup>3</sup>. No se presentaron diferencias significativas de efectividad en las fórmulas A y C, así como tampoco en los bloques lixiviados con respecto a los no lixiviados (Suen, 1969).

Trabajos realizados en Suecia y recopilados para información sobre nuevos preservadores (A.W.P.A., 1963), indican que siguiendo el método suelo - bloque, se encontraron los siguientes umbrales al ensayar Pinus sylvestris tratado con sal Boliden K-33 (o sea CCA - B): Lentinus lepideus 0.056 - 0.138 lb/pie<sup>3</sup> (comparándola con creosota, sin especificar tipo o características, que fue de 1.88 - 4.4 lb/pie<sup>3</sup>) y en Poria vaporaria 0.138 - 0.288 lb/pie<sup>3</sup> (creosota 1.13 - 2.12 lb/pie<sup>3</sup>).

## MATERIALES Y METODOS

Hongos.

Lentinus lepideus Fr. (Sin. Lentinus squamosus (Schaeff. -- Quel.)). Fungi, Basidiomycetae, Agaricales, Polyporaceae. Es un hongo distribuido mundialmente en bosques. Causa pudrición morena atacando principalmente al duramen. Relativamente frecuente en madera de coníferas colocadas en contacto directo con suelo. Tolera bajas concentraciones de creosota. Rara vez ataca duramen de pinos vivos, pero cuando lo hace no se restringe a ninguna porción particular del tronco (Gómez, et al., 1969; Singer, 1962; Kauffman, 1971). La cepa empleada aquí fue proporcionada por el Laboratorio de patología del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales con número de registro 136-5400 de su colección de cultivos.

Poria monticola Murr. (Sin. Poria microspora Over.). Fungi, Basidiomycetae, Agaricales, Polyporaceae. Hongo causante de pudrición morena en coníferas, especialmente en pseudotsuga menziesii (Douglas fir), pinus spp. y en Thuja plicata (cedro rojo), (Obregón, 1971). Tiene un micelio con aspecto blanco algodonoso. En general, el grupo poria spp. es relativamente tolerante a los preservadores a base de arsénico, cobre y cromo (Wallace, 1968).

Lenzites trabea Pers. ex Fries (Sin. Agaricus trabeus Pers., Daedalea trabea Fr., Gloeophyllum trabeum (Pers. ex Fr.) Murr., Lenzites vialis Peck). Fungi, Basidiomycetae, Agaricales, Polypora--



ceae. Como se ha mencionado, es una especie causante de pudrición morena y con alto significado económico. Habita sobre madera de muchas especies angiospermas y gimnospermas, prefiriendo las primeras (Overholts, 1953).

Peniophora sp. Cooke. Fungi, Basidiomycetae, Agaricales, -- Thelephoraceae. Hongo frecuente en postes de Pinus spp., Thuja plicata y pseudotsuga sp. (Esllyn, 1970). Causa pudrición blanca, sobre todo en la albura. Es un hongo que requiere alto contenido de humedad en la madera. En ocasiones se desarrolla y fructifica en madera malazonada o almacenada, dificultando la penetración del preservador durante el tratamiento (Cartwright) y Findlay, 1958).

Cultivos de estos tres últimos hongos fueron proporcionados por la Oficina de Maderas de la Comisión Federal de Electricidad.

#### Preservadores.

Creosota.- Es un subproducto obtenido a partir del carbón de hulla. Está formada por muchos compuestos orgánicos (Hunt y Garrat, 1953): ácidos de alquitrán (fenoles, cresoles, xilenoles, naftoles), bases de alquitrán (piridinas, quinolinas, acridinas), e hidrocarburos (benceno, tolueno, xileno, naftaleno, acenafteno, fenantreno, antraceno, fluoreno). La creosota ensayada fue donada por Asarco Mexicana, S.A. Su análisis realizado por la Sección -- Química de la Comisión Federal de Electricidad, mostró la siguiente composición:

Material insoluble en Benceno	0.2 %
Residuo de Coke (% en peso)	3.0 % *
Densidad (Grav. Especifica 38/15.5°C	1.06
Agua (% en volumen)	0.12 %

Destilación de Creosota Libre de Agua:

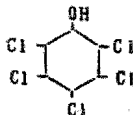
Producto obtenido hasta 210°C	0.3 %
Producto obtenido hasta 235°C	22.6 %
Producto obtenido hasta 270°C	51.5 %
Producto obtenido hasta 350°C	89.4 % *
Residuo	10.6 % *

Gravedad específica de las fracciones:

Dest. de 235°C a 315°C (a 38/15.5)	1.033
Dest. de 315°C a 355°C (a 38/15.5)	1.11

Los puntos marcados con asterisco indican variaciones ligeras con respecto a las especificaciones de la Norma ASTM D 390 - 64 (A.S.T.M., 1964).

Pentaclorofenol.- Es un fenol clorinado derivado del benceno, con fórmula  $C_6H_5Cl_5OH$  con peso molecular de 266.29. Tiene reconocido efecto tóxico contra hongos destructores de madera. Su forma comercial es una sal cristalina. Muestra de esta sal fue proporcionada por Resistol, - S.A.



Tanto la cresota como el pentaclorofenol se usan ampliamente y son hasta la fecha, en México, los únicos preservadores para

tratamientos de postes y durmientes. Para ambos preservadores se utilizó tolueno como solvente.

CCA - Tipo A.- Es un preservador formado por una mezcla compleja de varios compuestos:

Dicromato de potasio	$K_2Cr_2O_7$	55 %
Sulfato de cobre	$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	33 % y
Anhídrido arsénico	$As_2O_5 \cdot H_2O$	11 %

Esta fórmula recibe también el nombre comercial de Greensalt K (McMahon, et al., 1942). Es una mezcla soluble en agua. Al poner en contacto madera con una solución preservadora de esta sal, ocurren una serie de reacciones químicas, cuyos productos son precipitados insolubles que se depositan y fijan en aquella (Wallace, 1968). Este preservador fue proporcionado por Koppers de México, S.A.

CCA - Tipo B.- Este preservador también es una sal compleja hidrosoluble que reacciona químicamente con la madera, se compone de:

Acido crómico	$H_2CrO_4$	27 %
Oxido de Cobre	$CuO$	15 %
Acido arsénico	$H_3AsO_4$	42 % e
Ingredientes inertes	---	16 %

En su forma comercial, este preservador no es una sal seca, sino una pasta conteniendo 24 % de agua y 76 % de la composición seca en la proporción anterior.

Se le conoce comercialmente como sal Boliden K-33 (A.W.P. - A., 1963). La muestra empleada en este ensayo, fue donada por Osmose Mexicana, S.A. de C.V.

La fórmula CCA - Tipo B difiere del Tipo A en que posee ácido crómico en vez de dicromato, óxido de cobre por sulfato de cobre y ácido arsenioso en lugar de anhídrido arsénico.

#### Madera.

Para esta prueba se utilizó madera aserrada de las especies Pinus douglasiana Martínez con pocos canales resiníferos y anillos de crecimiento angostos y uniformes (crecimiento lento), Pinus pseudostrobus Lindl. con canales resiníferos más abundantes y anillos de crecimiento más anchos (crecimiento rápido). Las muestras fueron colectadas en marzo de 1971 en Uruapan, Michoacán y no se sometieron a baño fungicida (técnica acostumbrada en aserraderos). Esta madera fue donada por la Unidad Industrial de Explotación Forestal Michoacana de Occidente, S. de R.L.

Para los ensayos con creosota, pentaclorofenol y CCA - A, se emplearon bloques de madera de la especie P. pseudostrobus. En el caso de CCA - B, se utilizaron para Lentinus lepideus, Poria monticola y Lenzites trabea, madera de la especie P. pseudostrobus, y para Peniophora sp. la especie P. douglasiana. Los bloques de madera que sirvieron como base y medio de cultivo fueron de P. douglasiana.

El procedimiento para cortar y clasificar los bloques fue el

siguiente: para los bloques de prueba, las muestras de madera en forma de tablas se cepillaron hasta 2.0 cm. de grosor y se cortaron en porciones de 41.6 cm. de largo. De estas porciones se obtuvieron tiras de la misma longitud y de 2.0 cm. de ancho. Por último, fueron cortándose en bloques de 2.0 cm. por lado (fig. 1). -- Conforme se fueron obteniendo los bloques, se fueron rotulando, de tal manera que más tarde pudieron reconstruirse las porciones originales. Cuatro porciones sirvieron para cada preservador, de las cuales, cada una se enfrentó a diferente especie de hongo. -- Cada hilera de bloques fue sometida al mismo tratamiento, constituyendo sus bloques repeticiones. Los bloques centrales de cada hilera se seleccionaron como testigos, de los cuales hubo dos tipos: unos sometidos a tratamiento preservador y no enfrentados a hongo; y otros enfrentados a hongo pero sin impregnación con preservador sino tratados únicamente con solvente. Los bloques de -- cultivo o base, fueron cortados simplemente a las medidas 2.0 x 3.5 x 0.4 cm., cuidando que la medida más larga siguiera cualquier plano longitudinal de la madera (fig. 1).

#### Suelo.

Para este ensayo, se requería de un suelo arenoso con capacidad de retención de agua de 20 a 40 % y pH entre 5 y 7. Un volumen de 118 cm<sup>3</sup>. de suelo (la mitad de la capacidad de los frascos de cultivo), secado al aire, tamizado y compactado ligeramente, -- no debería pesar menos de 90 g.

Suelo con las características anteriores se encontró cerca del "Xitle" en la Sierra del Ajusco, a una altitud de 3,000 m.s.n.m. y se extrajo del horizonte 0-20. Su capacidad de retención de agua fue de 34 % en base seca al horno. Tuvo un pH de 6.2, medido con potenciómetro, y el peso de 118 cm<sup>3</sup>. fue de 139.6 g.

Para conocer la capacidad de retención de agua del suelo, se utilizó el siguiente procedimiento (A.S.T.M., 1961; A.W.P.A., 1971): El suelo secado al aire y tamizado, se secó después en horno y se obtuvo su peso anhidro. Más tarde se colocó en un embudo Büchner tapado con un disco de papel filtro No. 613. El embudo con filtro y suelo se colocó en un vaso de precipitados al cual se le añadió poco a poco agua destilada humedeciendo al suelo por capilaridad. permaneció el suelo en remojo durante 12 hrs. Entonces, se extrajo el agua del vaso y se colocó el sistema en un desecador aplicándole vacío durante 15 min. Se pesó el suelo y la cantidad retenida se convirtió a porcentaje con base en suelo anhidro.

#### Norma.

En este trabajo, se siguió el método dado en la norma ASTM designación D 1413 - 61 y su equivalente AWPA M 10 - 71 (A.S.T.M., 1961; A.W.P.A., 1971).

Para llevar a cabo el ensayo, se organizó una secuencia cronológica dividida en tres marchas de trabajo correspondientes a la preparación de hongos, preparación de frascos de incubación

y tratamiento de bloques. Este plan se siguió independientemente para cada uno de los cuatro preservadores.

Como primera fase, se requirió tener una cantidad suficiente de inóculo. Para ello, se incubaron en placa cultivos de los hongos durante 21 días, empleando Extracto de Malta-Agar como medio de cultivo. Al cabo de este tiempo, estuvieron listos para inocular los frascos cámara de pudrición.

La segunda fase consistió en preparar las cámaras de incubación o pudrición. Se emplearon para esto frascos para conserva de 235 ml. de capacidad y 6 cm. de diámetro, con tapadera de rosca sin empaque de cartón o plástico. A estos frascos se les añadieron 58 ml. de agua destilada que proporcionaron un 130 % de la capacidad de retención de agua del suelo (con base en el 34 %). Después, se agregaron 139 g. (= 118 cm<sup>3</sup>.) de suelo secado al aire tamizado por un tamiz del No. 10 (2mm.).

Se nivelaron las superficies del suelo y se colocaron directamente encima dos bloques alimentadores. Ya preparados los frascos, con sus tapas aflojadas un cuarto de vuelta, se esterilizaron los frascos a 15 lb/pul<sup>2</sup> de presión durante 60 min. en autoclave.

Una vez preparados los frascos, se inocularon con un centímetro cuadrado del hongo desarrollado en placa durante 21 días, sobre cada bloque alimentador. Los frascos inoculados se colocaron en un cuarto de temperatura constante entre 25° - 30°C., dentro de bolsas de plástico conteniendo charolas con solución satu-

tada de cloruro de sodio - cloruro de potasio que proporciona--  
ron en el interior humedad relativa de 80 por ciento a esa tempera-  
tura. Permanecieron así por un período variable de incubación has-  
ta que los bloques alimentadores fueron cubiertos por micelio. En  
tonces, estos frascos estuvieron listos para recibir a los blo-  
ques de prueba.

El tratamiento de los bloques de prueba se llevó a cabo en-  
la forma siguiente. Los bloques rotulados se colocaron en horno -  
a 105°C. durante 24 horas, al cabo de este tiempo se pesaron obté-  
niéndose su peso anhidro o  $T_1$ , su volumen anhidro y su gravedad -  
específica anhidra. La gravedad específica se calculo como

$$g = \frac{\frac{VA}{PA}}{1} \dots (1)$$

Después se colocaron en desecadores con pentóxido de fósforo don-  
de permanecieron hasta el momento de la impregnación. Para reali-  
zar ésta, se colocaron los bloques para una misma retención en un  
vaso de precipitados de capacidad suficiente dentro del aparato -  
impregnador (fig. 2), con pesas de vidrio para evitar flotación.-  
En el embudo de separación superior, se colocó la solución de tra-  
tamiento de concentración específica para obtener la retención es-  
perada.

La concentración de la solución preservadora se calculó en-  
la forma siguiente:

Con los datos gravedad específica (g), gravedad específica-  
de la substancia maderada determinada en helio ( $g_0 = 1.46$ ) y volu--



men anhídrido de los bloques; se calculó el espacio libre ( $v^1$ ) de cada bloque siguiendo la fórmula (Stamm, 1964):

$$v^1 = 1 - g \left( \frac{1}{g_0} \right) VA \dots\dots\dots (2)$$

Este valor determina la cantidad teórica de solución que puede entrar en cada bloque. Suponiendo una solución al 5 % de una sal, - por cada centímetro cúbico de espacio libre en el bloque de madera, entrarán 0.05 g. de soluto, que multiplicado por el espacio - libre total y dividido entre el volumen del bloque, nos dan su re - ten - ción en g./cm<sup>3</sup>. Con base en esta dato teórico, es posible esta - ble - cer una proporción que nos dé la concentración buscada:

$$\frac{\text{reten. teórica calculada}}{\% \text{ de la solución teor. } = 5 \%} = \frac{\text{ret. que se desea obtener}}{\% \text{ de la solución buscada}}$$

de donde,

$$\% \text{ de la sol. buscada} = \frac{5 \% \times \text{retención deseada}}{\text{ret. teórica calculada}} \dots\dots\dots (3)$$

Por último, se calculó el valor c que corresponde a los gramos de soluto en cada 100 g. de solución. Este valor se utilizó para cal - cular la retención real de los bloques ya tratados, por lo que pa - ra preparar las soluciones se empleó el método gravimétrico.

El siguiente paso de la impregnación, fue inducir en el apa - rato un vacío de 10.9 mm. de mercurio durante 30 minutos mediante una bomba neumática. En seguida, se interrumpió el vacío y se per - mitió el paso de la solución del embudo. Se restableció la pre - --- sión atmosférica en el desecador. Se extrajo el vaso de precipita

dos manteniéndose a los bloques en la solución durante otra media hora.

Después se extrajeron los bloques individualmente de la solución, se secaron superficialmente y se pesaron obteniéndose el peso  $T_2$ .

La retención real de cada bloque se calculó con la fórmula:

$$\text{Ret. lb/pie}^3 = \frac{GC (62.4)}{100 \times VA} \dots\dots\dots(4)$$

en donde:

G = gramos de solución absorbida o sea  $T_2 - T_1$

C = gramos de preservador en cada 100 g. de solución

62.4 = factor para convertir a  $\text{lb/pie}^3$

VA = volumen anhidro del bloque

Una vez realizada la impregnación, se procedió al acondicionamiento de los bloques, o sea su preparación para someterlos al hongo. Estos procedimientos fueron diferentes para los bloques -- creosotados, de aquellos tratados con los otros preservadores.

En el tratamiento con creosota, los bloques impregnados permanecieron en charolas durante 3 días mínimo a condiciones ambientales de laboratorio. Después se colocaron durante 21 días a 80% de H.R. y 26 - 30°C. de temperatura. Este método tuvo como finalidad evaporar el solvente de la solución impregnante con pérdida mínima de creosota y además mantener los bloques en condiciones estables de humedad y peso.

para el resto de los preservadores, el acondicionamiento --

consistió simplemente en un período de tres días de secado inicial en condiciones ambientales de laboratorio y un período de secado en horno a 60°C. hasta peso constante.

Concluido el período de acondicionamiento, se pesaron los bloques obteniéndose su peso  $T_3$  que fue el peso inicial del experimento, o sea el peso del bloque antes de someterse al hongo.

Ya pesados los bloques, se colocaron por grupos de igual retención en frascos herméticamente cerrados. Estos frascos se colocaron en autoclave a corriente de vapor de 100°C. a la presión atmosférica durante 20 minutos.

El paso subsecuente fue la prueba de pudrición, para lo cual se colocaron los frascos en el cuarto de acondicionamiento a 80 % de H.R. y 25° - 30°C., con sus respectivos bloques de prueba que se colocaron en condiciones de asepsia con una de sus caras transversales dirigidas hacia el micelio del hongo desarrollado sobre el bloque alimentador. Esta prueba duró 82 días para creosota, CCA - A y CCA - B, y 88 días para pentaclorofenol.

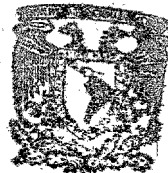
Los testigos que fueron impregnados se sometieron a todas las fases de tratamiento, acondicionamiento y esterilización con la excepción de que se colocaron en frascos sin hongo. Por el contrario, los testigos no tratados se sometieron a todas las fases incluyendo al hongo, pero su impregnación se realizó con el solvente, tolueno o agua destilada según el caso.

Al concluir el período de sometimiento a pudrición (Figs. 3 - 6), se sacaron los bloques de los frascos, se les cepilló el

micelio superficial y se colocaron en acondicionamiento similar - al inicial. Terminando éste, se obtuvo su peso final o  $T_4$  que sirvió para evaluar la pérdida de peso.

Disponiéndose de todos estos datos, se calculó en porcentaje el peso perdido por el bloque después de sometido al hongo, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{peso perdido en \%} = \frac{100 (T_3 - T_4)}{T_3} \dots\dots\dots (5)$$



**BIBLIOTECA**  
**INSTITUTO DE ECOLOGIA**  
**UNAM**

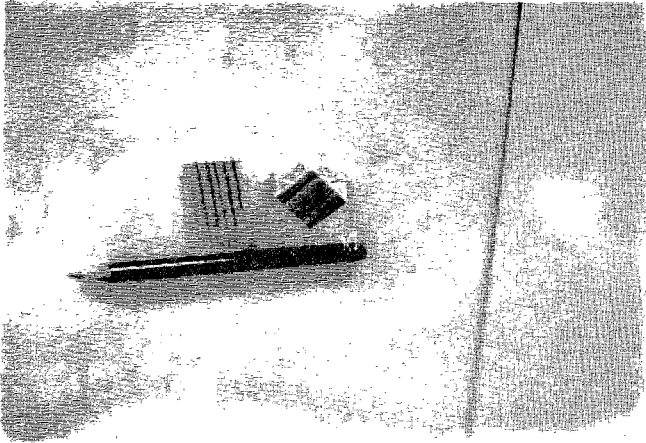


Fig. 1.- Bloques de prueba de 2.0 cm. por lado y bloques alimentadores de 2.0 x 3.5 x 0.4 cm.

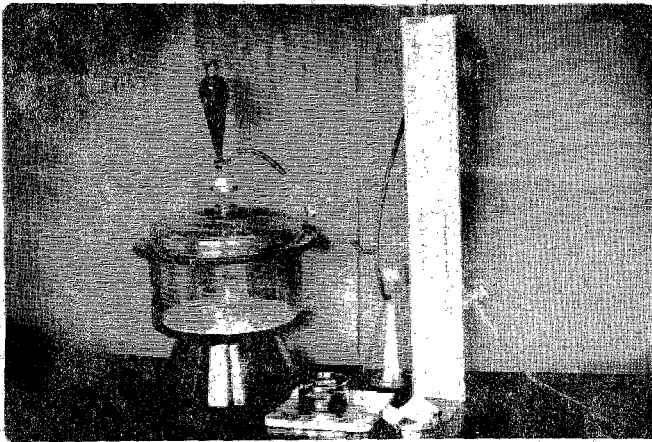


Fig. 2.- Aparato impregnador constituido por desecador - para vacío, embudo de separación para la solución de tratamiento, manómetro de mercurio, valvulas y conexión para bomba.



Fig. 3.- Aspectos de las cámaras de pudrición después de incubación durante 82 días con Lentinus lepideus Fr. y tratamiento con creosota. A la izquierda se muestran bloques impregnados a 4.47 - lb/pie<sup>3</sup>, en el centro testigos impregnados sin someterse a hongo y a la derecha testigos tratados solamente con solvente pero sometidos al hongo.



Fig. 4.- Impregnación con pentaclorofenol, bloques enfrentados a Poria monticola Murr. Tiempo de incubación 88 días. A la izquierda bloques impregnados a 3.02 lb/pie<sup>3</sup>, en el centro testigos impregnados pero sin someterse a hongo y a la derecha testigos tratados con solvente y sometidos a hongo.

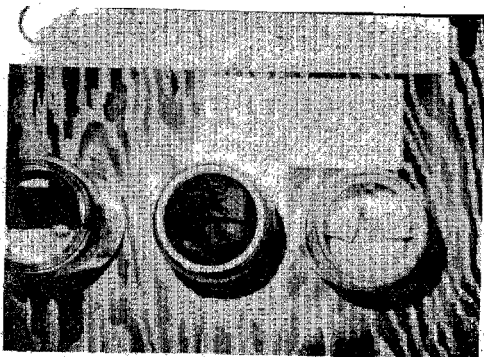


Fig. 5.- Bloques tratados con CCA-A y sometidos a Lentinus lepidus Fr. durante 82 días. A la izquierda bloques impregnados a 3.03 lb/pie<sup>3</sup> y sometidos a hongo, en el centro testigos impregnados sin someter a hongo y a la derecha testigos tratados con solvente e inoculados con hongo.



Fig. 6.- Tratamiento con CCA-B y Lenzites trabea Pers. ex Fr. durante 82 días de incubación. A la izquierda bloques impregnados a 0.28 lb/pie<sup>3</sup> y sometidos a pudrición, en el centro testigos impregnados sin someterse a hongo y a la derecha testigos tratados con solvente y sometidos a pudrición.

## RESULTADOS.

En las siguientes cuatro tablas y gráficas, se resumen -- los datos obtenidos en este ensayo. Cada cifra corresponde al promedio de 10 repeticiones con excepción de los testigos que representan 2 repeticiones.

Creosota (Tabla No. 1 y Gráfica No. 1).

De acuerdo con la tabla No. 1 y la gráfica No. 1, se puede considerar a Lentinus lepideus como el hongo más resistente a la creosota, entre los ensayados, pues la inclinación de la pendiente no es muy pronunciada aun a retenciones tan altas como --- 2.50 - 3.00 lb/pie<sup>3</sup>. Probablemente a retenciones menores ocurriría un descenso más brusco en la pendiente. El punto umbral podría situarse por las 3.70 - 3.80 lb/pie<sup>3</sup>. Los testigos tratados con solvente y sometidos a pudrición presentaron una pérdida de peso de 25.66 por ciento.

En el caso de Poria monticola, se observa que en los testigos tratados con solvente, hubo pérdida de peso de 23.02 por--- ciento, mientras que a una retención de 0.94 lb/pie<sup>3</sup> hubo disminución en la pérdida de peso a 15.58 por ciento. A 1.19 lb/pie<sup>3</sup>, la pérdida decreció a 7.04 por ciento y a 1.81, disminuyó hasta 1.02 por ciento, valor muy cercano al testigo tratado sin hongo, el que perdió solo 0.68 por ciento en peso. Puede suponerse que se requieren retenciones alrededor de 1.80 - 2.00 lb/pie<sup>3</sup> para evitar dete



rioros por este hongo.

En cuanto a Lenzites trabea y Peniophora sp., parece que sus umbrales se encuentran a retenciones menores que las ensayadas. A partir de las 2.50 lb/pie<sup>3</sup> de retención (gráfica No. 1), -- hay incremento en la pérdida de peso debida posiblemente a lixiviación del preservador. Lenzites trabea, además de ser muy dañino a esta especie de madera, con pérdida de peso de 33.36 por ciento en los testigos sin creosota, parece ser muy sensible a la creosota.

Al parecer, Peniophora sp. no causó pérdida de peso en -- los bloques testigo sin tratamiento, pues se observó un pequeño -- aumento de peso (0.15 por ciento) en los pesos finales, que podría atribuirse al margen de error en las lecturas de pesos.

#### Pentaclorofenol (Tabla No. 2 y Gráfica No. 2).

El exámen de la tabla No. 2 y de la gráfica No. 2, indica que el umbral para Lentinus lepideus con pentaclorofenol, se puede situar entre 1.40 y 1.50 lb/pie<sup>3</sup>. También se observa que esta especie de hongo es más susceptible a este preservador que a la -- creosota. Los testigos sometidos a pudrición pero sin tratamiento, perdieron 15.77 por ciento de peso.

Se aprecia que Poria monticola y Lenzites trabea incrementan en pérdida de peso a partir de 1.00 y 2.00 lb/pie<sup>3</sup> de retención respectivamente. Estas dos tendencias comparadas con sus respectivos testigos impregnados no enfrentados a hongo, indican que

la pérdida de peso es ocasionada por eliminación del preservador. Se comprobó que durante el acondicionamiento (secado en horno a 60°C.) de los bloques tratados con pentaclorofenol, hubo pérdida de preservador que se depositó en las paredes del horno. Los bloques testigo sometidos a Poria monticola perdieron en peso 22.27 por ciento y los enfrentados a Lenzites trabea 30.45 por ciento.

Por el contrario, los bloques sometidos a Peniophora sp. no presentan variaciones significativas en pérdida de peso a todas las retenciones, ni en los dos tipos de testigos. Esto indica que dicho hongo no solo carece de resistencia al preservador, sino que tampoco tiene efecto significativo sobre la madera de Pinus pseudostrobus no impregnada, que perdió 0.59 por ciento en peso.

#### CCA - Tipo A (Tabla No. 3 y Gráfica No. 3).

En el tratamiento realizado con CCA - Tipo A (Greensalt), no se determinó ningún umbral como se aprecia en la tabla No. 3 y gráfica No. 3. Parece ser que también en este caso los valores -- umbrales se encuentran en retenciones menores a las ensayadas (la menor fué de 0.55 lb/pie<sup>3</sup>). Se observa también una tendencia al incremento en pérdida de peso al ir aumentando la retención. Este incremento no fué tan pronunciado como en los casos anteriores y podría adjudicarse al azar y error experimental principalmente. La pérdida de preservador en este caso se consideró mínima puesto que el producto está considerado ser de gran permanencia y su li-

xiviación ocurre solamente poco después de la impregnación cuando la madera está en condiciones muy húmedas (Wallace, 1968).

Los testigos sometidos a pudrición tuvieron pérdidas en peso de 15.77 por ciento con Lentinus lepideus, 31.81 por ciento -- con Poria monticola, 30.45 por ciento con Lenzites trabea y 5.67 -- por ciento con Peniophora sp.

CCA - Tipo B (Tabla No. 4 y Gráfica No. 4)

El comportamiento de la CCA - Tipo B (o Boliden K-33), como se ve en la tabla No. 4 y gráfica No. 4, fué el siguiente. Para Lentinus lepideus no se logró determinar umbral que debe estar situado a retenciones más bajas que la menor ensayada para este hongo (0.32 lb/pie<sup>3</sup>). Los bloques enfrentados al hongo presentaron poca tendencia a aumentar la pérdida de peso conforme se -- aumentó la retención, pérdida que puede atribuirse a las mismas -- causa que en el caso anterior (azar, error experimental y poca lixiviación), lo que se confirma observando sus testigos sin hongo -- pero con la retención mas alta de 1.79 lb/pie<sup>3</sup>. Los testigos en -- frentados al hongo perdieron 27.22 por ciento en peso.

Para Poria monticola tampoco se encontró un punto umbral -- aunque la menor retención fué de 0.26 lb/pie<sup>3</sup>. Se muestra en la -- gráfica No. 4 una pequeña fluctuación en la pérdida de peso, in -- cluyendo los testigos sin hongo, probablemente debidas al azar. -- Sus testigos sometidos a hongo perdieron 27.76 por ciento de su pe -- so.

Pudo apreciarse umbral para Lenzites trabea a 0.18 lb/pie<sup>3</sup> de retención; después de este punto se observó alguna fluctuación en la pérdida de peso, pero sin encontrarse alguna tendencia por faltar puntos a mayores retenciones. Este hongo causó en los testigos sin tratamiento pérdida de peso de 33.09 por ciento.

Por último, Peniophora sp. fue ensayado en madera de la especie Pinus douglasiana tratada con CCA - B. No se determinó umbral y la pérdida de peso se mantuvo casi estable a todas las retenciones, incluso en los testigos sin hongo. Los testigos sin tratamiento y con hongo tuvieron pérdida de peso de 4.07 por ciento.

Siguiendo el método empleado por Gómez (Gómez et al. 1969), se pudo evaluar la resistencia de las dos especies de madera hacia los hongos ensayados, obteniendo los promedios en pérdida de peso de todos los testigos sin preservador y sometidos a pudrición. Pinus pseudostrobus fué resistente a Lentinus lepideus (pérdida de peso 22.17 por ciento), moderadamente resistente a Poria monticola y Lenzites trabea (26.22 y 30.63 por ciento respectivamente), y altamente resistente a Peniophora sp. (6.11 por ciento). Pinus douglasiana se comportó como altamente resistente (4.07 por ciento) frente a Peniophora sp.

Tabla No. 1.- Pérdidas de peso obtenidas para cada hongo a distintas retenciones. Promedios de 10 repeticiones, excepto los testigos que representan 2 repeticiones.- Preservador, creosota; solvente, tolueno; madera, Pinus pseudostrobus; acondicionamiento, - 21 días a 26°C. y 80% H.R.; exposición a pudrición, 82 días.

<u>L. lepideus</u>		<u>P. Monticola</u>		<u>L. Trabea</u>		<u>Peniophora sp.</u>	
Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd. peso %	Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd. Peso %	Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd. Peso %	Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd. 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

\* Testigos impregnados peso sin someterse al hongo.

\*\* Testigos tratados con solvente y sometidos a hongo.

Tabla No. 2.- Pérdidas de peso obtenidas para cada hongo a distintas retenciones. Promedios de 10 repeticiones, excepto los testigos que representan 2 repeticiones.- Preservador, pentaclorofenol; solvente, tolueno; madera, Pinus pseudostrobus; acondicionamiento, secado en horno a 60°C. hasta peso constante; exposición a pudrición, 88 días.

<u>L. lepideus</u>		<u>P. monticola</u>		<u>L. trabea</u>		<u>Peniophora sp.</u>	
Ret. <u>lb</u> <sub>3</sub> Pie <sup>3</sup>	Pérd. Peso %	Ret. <u>lb</u> <sub>3</sub> pie <sup>3</sup>	Pérd. Peso %	Ret. <u>lb</u> <sub>3</sub> pie <sup>3</sup>	Pérd. Peso %	Ret. <u>lb</u> <sub>3</sub> pie <sup>3</sup>	Pérd. 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

\* Testigos impregnados pero no expuestos a hongo.

\*\* Testigos tratados con solvente y expuestos a hongo.

Tabla No. 3.- Pérdidas de peso obtenidas para cada hongo a distintas retenciones, Promedios de 10 repeticiones, excepto los testigos que representan 2 repeticiones.- Preservador, CCA - A; solvente, agua destilada; madera, Pinus pseudostrobus; acondicionamiento, secado en horno a 60°C. hasta peso constante; exposición a pudrición, 82 días.

<u>L. lepideus</u>		<u>P. monticola</u>		<u>L. trabea</u>		<u>Peniophora sp</u>	
Ret.	Pérd.	Ret.	Pérd.	Ret.	Pérd.	Ret.	Pérd.
$\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Peso %	$\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Peso %	$\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Peso %	$\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	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

\* Testigos impregnados pero sin ser sometidos a hongo.

\*\* Testigos tratados con solvente y sometidos a hongo.

Tabla No. 4.- Pérdidas de peso obtenidas para cada hongo a distintas retenciones. Promedios de 10 repeticiones excepto los testigos que representan 2 repeticiones.- Preservador, CCA - B; solvente, agua destilada; madera, Pinus pseudostrobus y Pinus douglasiana; acondicionamiento, secado en horno a 60°C. hasta peso constante; exposición a pudrición, 82 días.

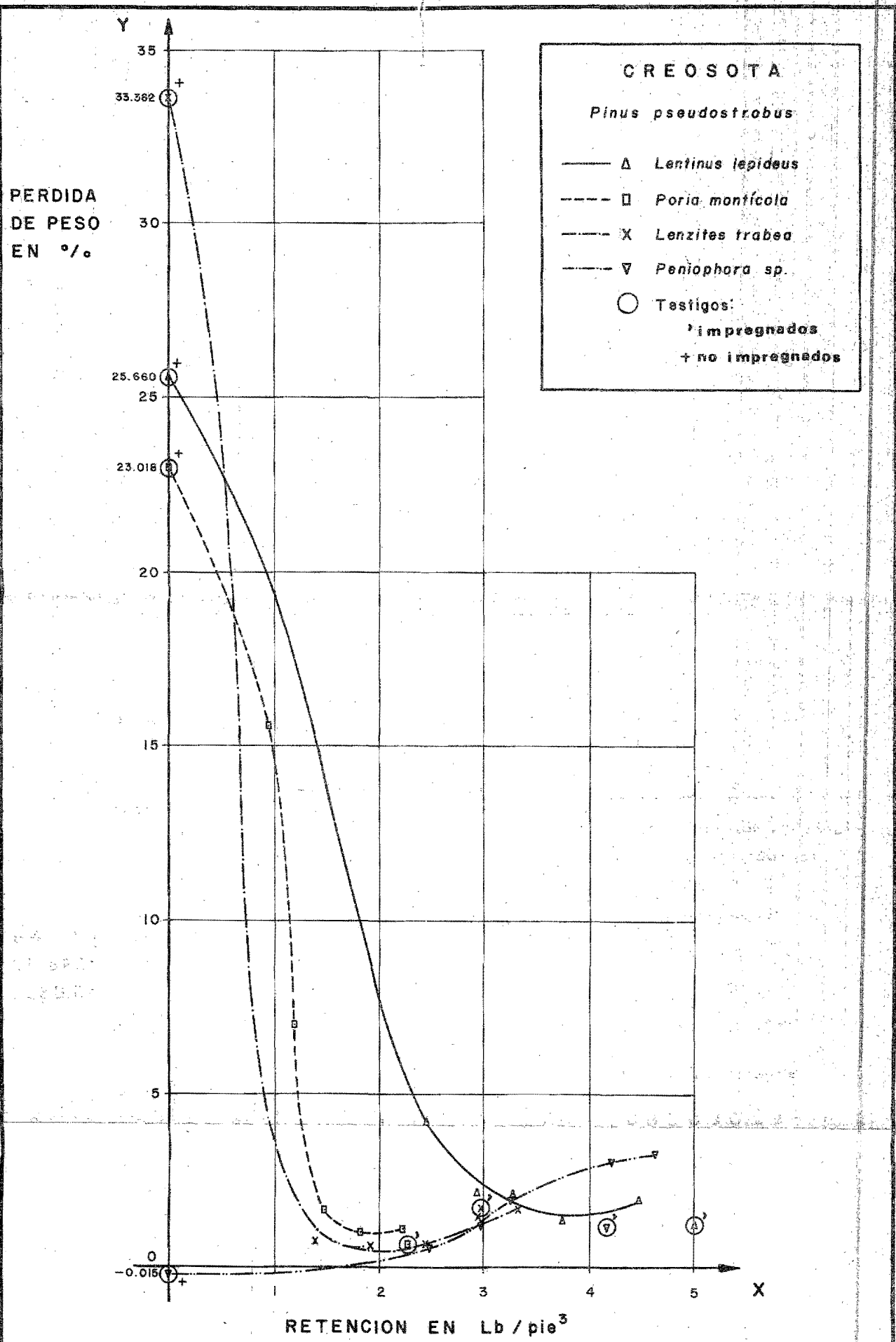
<u>L. lepideus</u>		<u>P. monticola</u>		<u>L. trabea</u>		<u>Peniophora sp.*</u>	
Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd. Peso %	Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd. Peso %	Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd Peso %	Ret. $\frac{\text{lb}}{\text{pie}^3}$	Pérd. Peso %
0.32	0.94	0.26	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	1.94
1.79**	1.74	0.68**	1.47	0.31**	1.87	0.79**	1.76
***	27.22	***	27.76	***	33.09	***	4.07

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

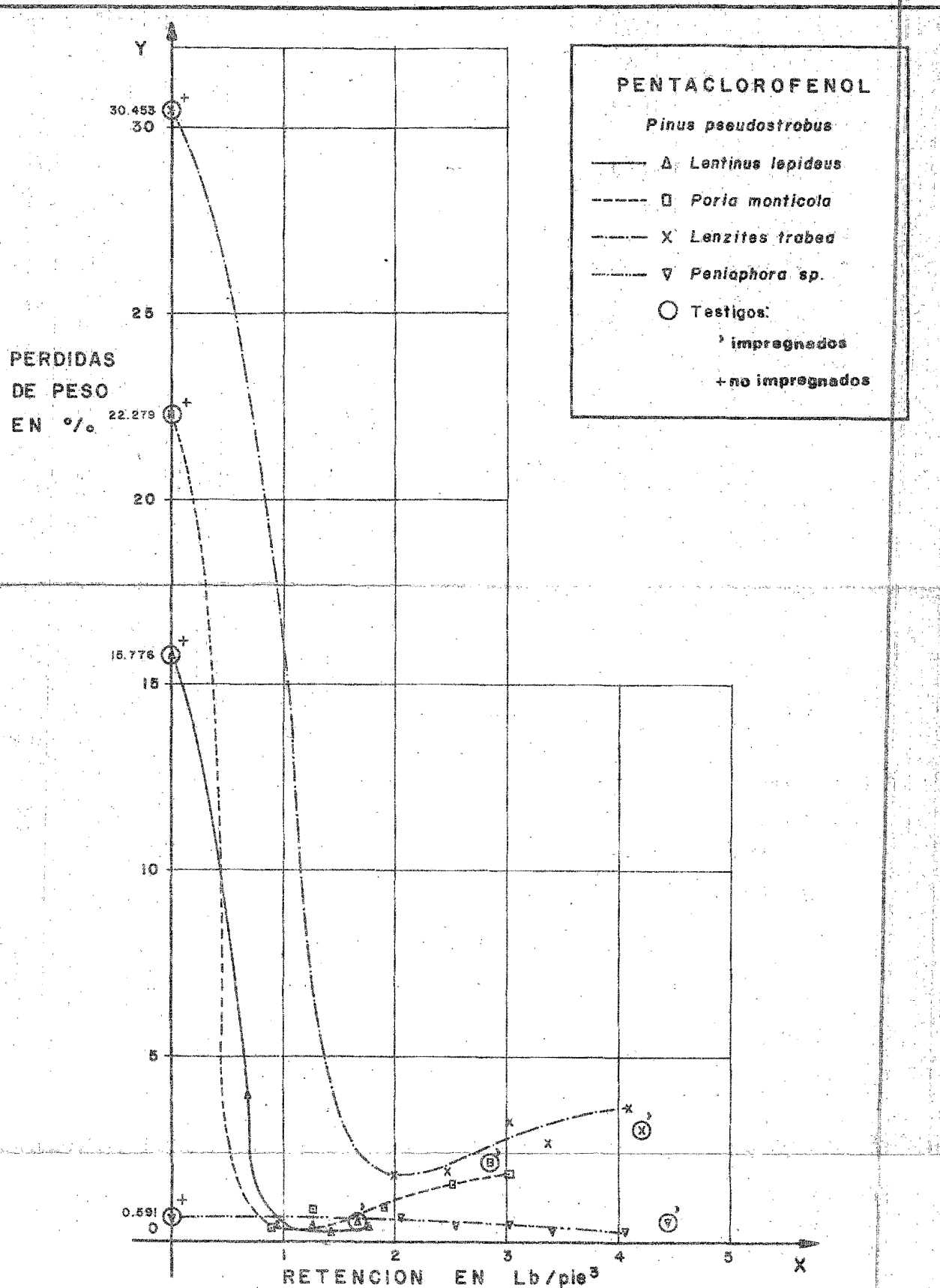
\*\* Testigos impregnados pero sin enfrentarse a hongo.

\*\*\* Testigos tratados con solvente y enfrentados a hongo.

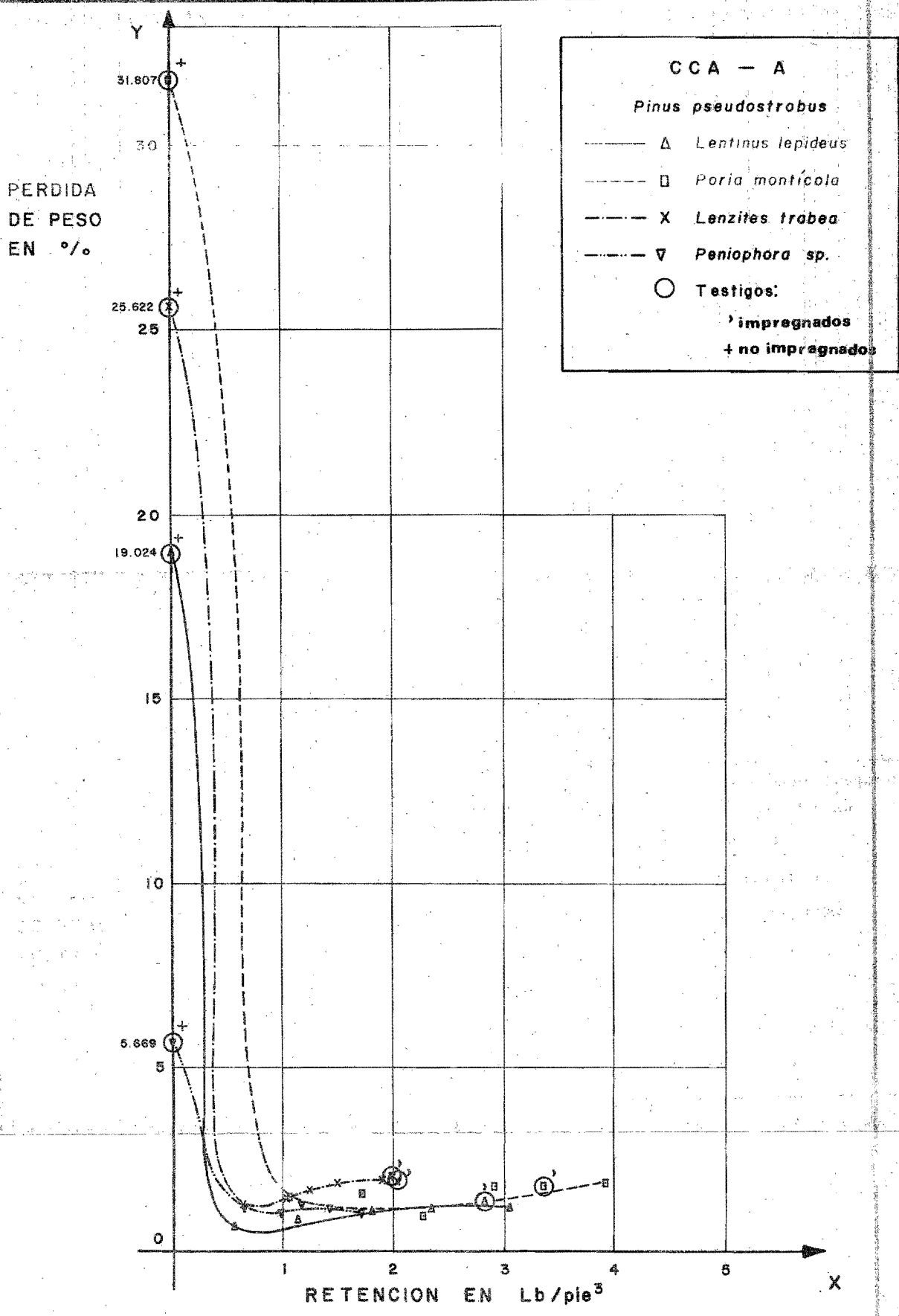




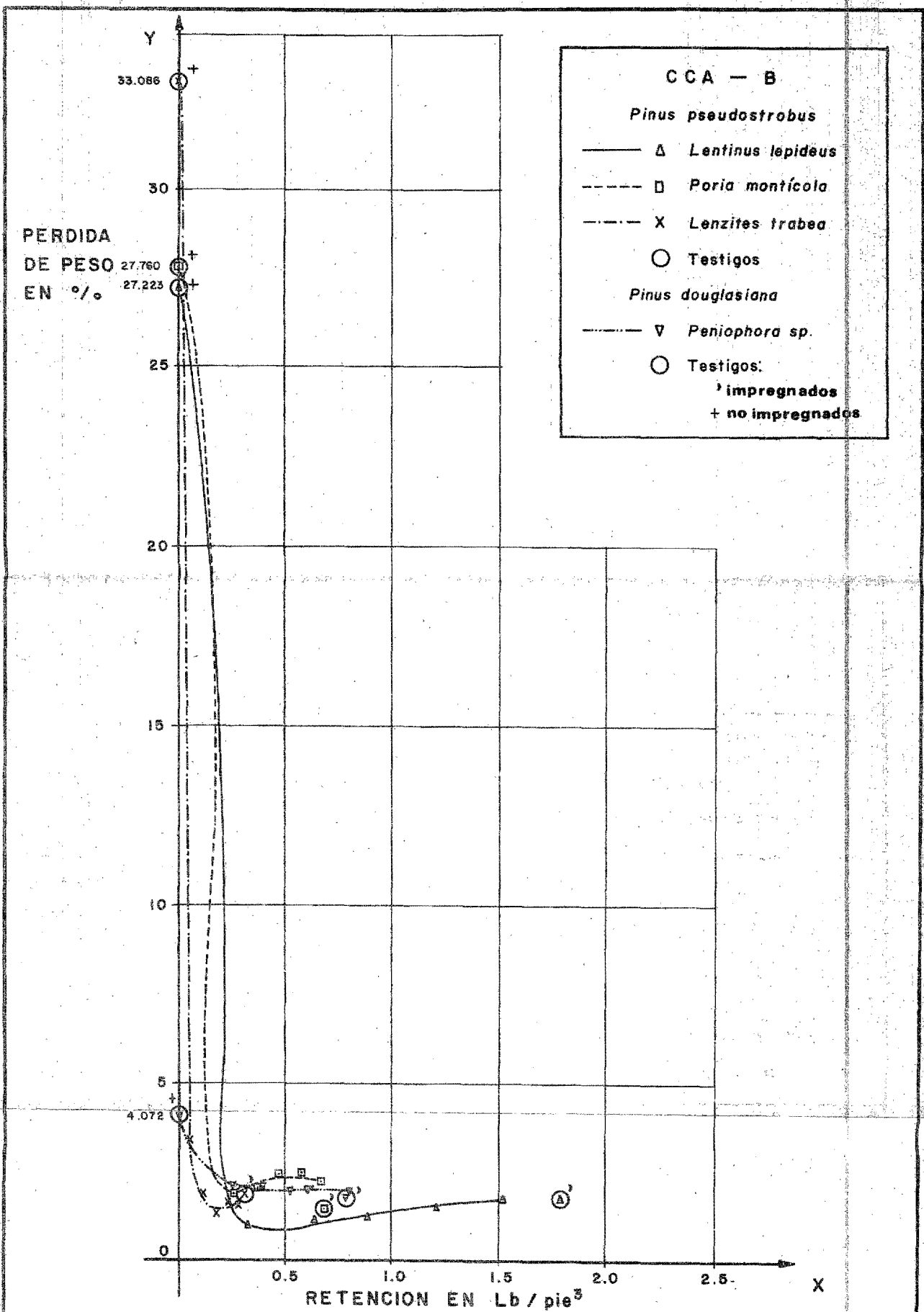
**GRAFICA Nº 1.** — Pérdidas de peso obtenidas a distintas retenciones de creosota durante 82 días de exposición a pudrición. Cada punto representa el promedio de 10 repeticiones con excepción de los testigos que representan 2 repeticiones. — Los puntos situados sobre la línea de las "y" son los testigos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



GRAFICA Nº 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 con excepción de los testigos que representan 2 repeticiones. Los puntos situados sobre la línea de las "y", son los testigos impregnados únicamente con solvente. Las diferentes líneas muestran las curvas estimadas para cada hongo.



GRAFICA N° 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 impregnados unicamente con solvente . Las diferentes líneas muestran las curvas estimadas para cada hongo .



GRAFICA N° 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 impregnados únicamente en solvente. *Peniophora sp.* con sus respectivos testigos, fue ensayada sobre *Pinus douglasiana*. Las diferentes líneas muestran las curvas estimadas para cada hongo.

## DISCUSION

De acuerdo con los resultados expuestos, pudo apreciarse en este trabajo que la madera de la especie Pinus pseudostrobus fue más susceptible 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 por su grado de fructificación sobre la madera (fig. 6). El segundo lugar en virulencia lo ocupó Poria monticola y el tercero Lentinus lepideus (figs. 4 y 3). El hongo menos dañino a esta especie de madera fué 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 estos hongos, no pudo ser comparada puesto que solo se enfrentó a Peniophora sp. y por los resultados de peso perdido en sus testigos (4.07%), pudo considerarse que su comportamiento fue comparable al de Pinus pseudostrobus enfrentadas ambas maderas a este hongo.

Esta susceptibilidad de las especies de madera empleada, no se considera en un sentido estricto como "natural", ya que los testigos fueron tratados con solvente (tolueno o agua destilada), que en alguna forma pudo ya sea permanecer en la madera aunque en muy pequeña proporción (sobre todo en el primer caso), o alterar a las sustancias contenidas en ella, por medio de reacciones óxido-reductoras, solubilidad o simple efecto mecánico como arrastre

y cambios dimensionales (hinchamiento-encogimiento) de la madera, especialmente en el segundo caso. En cuanto a esto, y de acuerdo con las gráficas 1 a 4, Poria monticola y Peniophora sp. posiblemente fueron afectados por el tolueno de los testigos enfrentados a ellos, Lenzites trabea en menor grado, y en cambio, Lentinus lepideus no. Esta relación se tomó de las pérdidas de peso sufridas por los bloques testigos tratados con tolueno con respecto a los tratados con agua destilada.

En este ensayo, en el caso de creosota, se situó el umbral para Lentinus lepideus entre 3.70 - 3.80 lb/pie<sup>3</sup>. En la literatura, Leach (1964) reporta como valores umbrales para este hongo entre 6.1 - 7.9 lb/pie<sup>3</sup>, que representan casi el doble de los valores aquí encontrados (3.70 - 3.80 lb/pie<sup>3</sup>). Y en otro trabajo, Duncan (1958) estableció su umbral entre 3.5 - 6.0 lb/pie<sup>3</sup>. Rango que incluye a los umbrales encontrados aquí. Poria monticola tuvo un umbral de 1.80 - 2.00 lb/pie<sup>3</sup>, mientras que Duncan (1958), lo situó entre 1.3 - 2.00 lb/pie<sup>3</sup>, valores muy cercanos a los encontrados en este trabajo. Lenzites trabea posiblemente tenga un umbral menor a 1.38 lb/pie<sup>3</sup> que fué la retención más baja ensayada. Duncan (1958), reporta el umbral para este hongo entre 2.0 - 3.0, estimado en 2.4 lb/pie<sup>3</sup>, valores que son mayores a los que posiblemente tenga este hongo según lo aquí observado. Leach (1964), consideró que el umbral para Lenzites trabea fué de 4.7 - 6.5 --- lb/pie<sup>3</sup> que también son retenciones muy altas con respecto a lo--

aquí encontrado. También, de acuerdo con los resultados antes presentados, Peniophora sp. no tuvo influencia alguna como hongo causante de pudrición en Pinus pseudostrobus, por lo tanto, no se le determinó ningún umbral y tampoco se encontraron datos al respecto en la bibliografía.

Debe tomarse en cuenta que en México existe solo un tipo de creosota a diferencia de lo que ocurre en otros países en los que se dispone de productos con diversos grados de destilación y que difieren en su toxicidad (Baechler y Gjovik, 1965). Esto hace que la comparación arriba mencionada sea más relativa que la del resto de los preservadores.

En cuanto a pentaclorofenol, empleando petróleo como solvente, Duncan (1958) encontró valores umbrales para Lentinus lepideus de 0.7 - 1.3 lb/pie<sup>3</sup>, cifras que son menores a las encontradas en este trabajo y que fueron de 1.40 - 1.50 lb/pie<sup>3</sup>, con tolueno como solvente. Para Poria monticola, en el trabajo antes mencionado, se reportó su umbral en 1.3 - 2.2 lb/pie<sup>3</sup>, mientras que en este caso, a retención de 0.89 lb/pie<sup>3</sup>, se obtuvo el valor mínimo en pérdida de peso (0.37%), valor que no puede considerarse umbral por carecerse de puntos a menores retenciones, en donde posiblemente sí se pudiera encontrar el valor buscado. Caso semejante al anterior es el de Lenzites trabea en donde a retención de 2.00 lb/pie<sup>3</sup> hubo la menor pérdida de peso de 1.78 por ciento. Tampoco se puede considerar que éste sea el punto umbral pues fue la menor retención ensayada aunque a 2.47 lb/pie<sup>3</sup> hubo pérdida de

peso de 1.89 por ciento, valor muy cercano al anterior y Duncan -- (1958) reporta el umbral a 2.2 - 3.6 lb/pie<sup>3</sup>. Estos dos valores - 2.00 - 2.47 lb/pie<sup>3</sup> y 2.2 - 3.6 lb/pie<sup>3</sup> son muy cercanos entre sí

Para CCA - A, solo se localizó un reporte (Suen, 1969) -- que menciona como valor umbral para Lenzites trabea, retenciones de 0.25 - 1.0 lb/pie<sup>3</sup>. En el presente trabajo no se localizó umbral ensayando retenciones de 0.64, 1.03 lb/pie<sup>3</sup> y otras mayores, que siendo más altas a 0.25 lb/pie<sup>3</sup>, dan lugar a suponer que el umbral para Lanzites trabea se localice a retenciones más bajas - que las ensayadas. De Lentinus lepideus y Peniophora sp., no se tienen reportes 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 a lo encontrado en este ensayo, el umbral para este hongo podría situarse a retenciones menores a 1.0 lb/pie<sup>3</sup>. Lo anterior contrasta con el umbral obtenido para Poria monticola con creosota, que fué de 1.81 lb/pie<sup>3</sup>. Esto indica que Poria monticola fué más resistente a creosota que a CCA - A. Los valores umbrales con CCA - B reportados para Lentinus lepideus y Poria vaporaria en madera de Pinus sylvestris, son de 0.056 - 0.138 lb/pie<sup>3</sup> para el primero y de 0.138 - 0.288 lb/pie<sup>3</sup> para el segundo (A.S.T.M., 1963). Aunque se trata de una especie de Poria distinta a la aquí empleada, siendo la única del género reportada con este preservador, podemos considerarla representativa del género. Para Lentinus lepideus la retención más baja ensayada fué de 0.32 lb/pie<sup>3</sup>, pero sin determinar umbral y para Poria



monticola de 0.26 lb/pie<sup>3</sup> en las mismas condiciones, aunque la retención más baja para Poria monticola está dentro del rango reportado P. vaporaria.

De todos los resultados, los valores que se obtuvieron -- dentro del rango esperado o sea lo reportado en la literatura, -- fueron los siguientes:

		Umbral (Ret. lb/pie <sup>3</sup> ).	
Preservador	Hongo	Esperado	Observado
Creosota	<u>Lentinus lepideus</u>	3.5 - 7.9	3.70 - 3.80
Creosota	<u>Poria monticola</u>	1.3 - 2.0	1.80 - 2.00

Hubo otros valores de los cuales existe duda de si se encuentran dentro del rango reportado en la literatura o no, porque los umbrales podrían estar a retenciones menores que las ensayadas pero dentro de ese rango, tales son:

		Umbral (lb/pie <sup>3</sup> ).	
Preservador	Hongo	Esperado	Observado
CCA - A	<u>Lenzites trabea</u>	0.25 - 1.0	< 0.64
CCA - B	<u>Lentinus lepideus</u>	0.056 - 0.138	< 0.32
CCA - B	<u>Poria monticola</u>	0.138 - 0.288	< 0.26

El resto de los valores quedó fuera de los rangos esperados.

Como se ve, del total de casos, solo en dos de ellos se confirmó correspondencia con los datos reportados en la bibliografía.

ffa. Las diferencias en los valores encontrados en este trabajo - pudieron ser debidos a muchas causas. En primer lugar, debe tenerse en cuenta que se trabajó con especies de hongos y de maderas - nativos de nuestro país, cuyas propiedades biológicas pueden ser muy distintas a las que posean especies de otras latitudes. En segundo lugar, los preservadores empleados posiblemente difieran -- cualitativa o cuantitativamente a los producidos en otros países. En adición a lo anterior, algunas condiciones ambientales que no fueron controladas durante el experimento, pudieron influir sobre los organismos, tales como la época de corte de la madera, origen de las cepas de hongos, altitud y latitud del lugar de ensayo, -- etc.

Por otra parte, debe destacarse que el mayor grado de lixiviación (comprobado 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 - A y CCA - B. Esto está de acuerdo con lo reportado en la bibliografía (A.W.P.A., 1963; - McMahon, et al. 1942; Wallace, 1968), y se puede explicar porque los preservadores oleaginosos penetran en la madera ocupando los - lúmenes y espacios intercelulares, siendo además por su naturaleza química sustancias relativamente volátiles. En tanto que los - productos hidrosolubles se depositan reaccionando químicamente - con las paredes celulares y sustancia intercelular de la madera - siendo además sustancias no volátiles por ser de origen mineral.

De lo anteriormente expuesto se pueden resumir los siguientes puntos:

1.- De los hongos ensayados, Lenzites trabea fué el más dañino a la madera de Pinus pseudostrobus.

2.- La resistencia de Pinus douglasiana hacia Peniophora sp., fue comparable a la de P. pseudostrobus con el mismo hongo.

3.- Se encontraron los umbrales siguientes:

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

4.- El hongo mas resistente a creosota fué Lentinus lepideus con un umbral de 3.70 - 3.80 lb/pie<sup>3</sup>. Los más susceptibles - al parecer, Lenzites trabea y Peniophora sp. Para pentaclorofenol, posiblemente el hongo más sensible fue Poria monticola. En cuanto a CCA - A y CCA - 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, 2.50 - 3.00 lb/pie<sup>3</sup>; pentaclorofenol a partir de - 2.50 lb/pie<sup>3</sup>; CCA - A desde 1.70 lb/pie<sup>3</sup> y para CCA - B un mínimo de 0.50 lb/pie<sup>3</sup>.

6.- A partir de las retenciones anteriores, se incrementó

el grado de lixiviación del preservador conforme aumentó la reten  
ción.

7.- Se encontraron algunas diferencias y similitudes --  
con respecto a los datos citados por autores extranjeros. Esto su  
giere la necesidad de obtener información más completa acerca de  
los umbrales que no pudieron ser determinados en este ensayo, por  
pruebas suelo-bloque empleando retenciones menores a las aquí en  
sayadas. Información más amplia se obtendrá añadiendo fases de --  
lixiviación a los bloques tratados. Se considera también que con  
más trabajos empleando otras especies mexicanas de maderas (gim--  
nospermas y angiospermas) y hongos, por medio de ensayos suelo---  
bloque, estacado en parcelas, etc., buscando información sobre re  
sistencia natural y evaluación de preservadores, se dispondrá de  
datos que permitirán actualizar los métodos de preservación para  
madera a las condiciones de nuestros medios.

8.- Por último, debe aclararse que aunque todos los traba  
jos sobre evaluación experimental de preservadores emplean el con  
cepto de retención como libras de preservador (solute) por pie cú  
bico de madera, en las plantas impregnadoras se acostumbra, a ve  
ces, expresar la retención como libras de solución preservadora -  
(solute más solvente) por pie cúbico de madera. Y como la concen  
tración de esa solución puede variar, la retención real de prese  
rvador (solute) se desconoce. Por ello, se sugiere que se conceda  
atención y se revisen los métodos de preparación de soluciones y  
determinación de retenciones en los tratamientos de madera comer  
cial.

## BIBLIOGRAFIA

1. Anderson, A.B., & T.C. Scheffer., 1962. Chemistry of decay of heartwood on ageing in incense cedar (Libocedrus decurrens Torrey). Nature. 194 (4826): 410.
2. A.S.T.M., 1956. Tentative method of testing wood preservatives by laboratory soil - block cultures. ASTM Designation D 1413 - 56T.
3. A.S.T.M., 1961. Standard method of testing wood preservatives by laboratory soil - block cultures. ASTM Designation: D 1413 - 61.
4. A.S.T.M., 1964. Standard specifications for creosote. ASTM Designation: D 390 - 64.
5. A.S.T.M., 1967. Book of standards. Structural sandwich constructions, wood, adhesives. Part 16. Philadelphia.
6. A.W.P.A., 1963. Chromated copper arsenate - type B (Boliden -- salt K - 33). Proc. Amer. Wood Pres. Ass. 59: 54 - 59.
7. A.W.P.A., 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.
8. Baechler, R.H. & 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.
9. Butcher, J.A., 1968 a. The ecology of fungi infecting untreated sapwood of Pinus radiata. Canadian J. Bot. 46 (12): 1577-1589.
  10. Butcher, J.A., 1968 b. The ecology of fungi infecting untreated and preservative-treated sapwood of Pinus radiata D. Don. For. Res. Inst., Rotorua, N. Zealand. Pág. 444 - 459. (Reprint No. 343).
  11. Cartwright, K. St. G., & W.P.K. Findlay., 1958. Decay of timber and its prevention. Her Majesty's Stationery Office. 332-pp.
  12. Christensen, C.M., 1961. The molds and man. University of Minnesota Press. 284 pp.
  13. Cockcroft, R., 1971. Timber preservatives and methods of treatment. Timberlab papers. 46, 6 pp.
  14. Davidson, R.W., 1960. The cause and prevention of deterioration in wood. Proc. Wood Pole Inst. 11 pp.
  15. 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.

16. Eslyn, W.E., 1970. Pole decay - Part II: Basidiomycetes associated with decay in poles. Wood Sci. and Tech. 4 (2): 97.
17. Findlay, W.P.K., Timber pests and diseases. Pergamon Press -- Ltd., Italy. 280 pp.
18. García Carmona, G., Resistencia relativa de algunas maderas - tropicales mexicanas a los hongos xilófagos. Tesis, Fac. Química. UNAM.
19. Gillespie, T.; H.P. Sedziak; and J. Krzyzewski., 1969. The -- analysis of service life experiments on wood treated with preservatives. Wood Sci. 2 (2): 73 - 76.
20. Gómez Nava, M.S.; R. Echenique-Manrique; y R. Salinas Quinard., 1969. Indices de laboratorio sobre resistencia de la madera a la pudrición en once especies forestales mexicanas. Bol. téc. Inst. Nac. Invest. For. México. 31.
21. Guzmán del Proo, S.A., 1963. Efecto del alquitrán de coyol -- (Scheela liebmanii Becc.) contra algunos hongos xilófagos. Tesis, ENCB. IPN.
22. Halabisky, D.D.; & G. Ifju., 1968. Use of respirometry for -- fast and accurate evaluation of wood preservatives. Proc. --- Amer. Wood Pres. Ass. 64: 215 - 223.
23. Herrera Herrera, B., 1972. Incidencia y desarrollo de la man-

- cha azul de la madera de pino (Pinus montezumae) bajo condiciones de laboratorio. Tesis, ENA.
24. Higley, T.L., 1970. Decay resistance of four species treated - to destroy thiamine. *Phytopathology*. 60 (11): 1660 - 1661.
25. Hulme, M.A.; & D.W. Stranks., 1970. Induction and the regulation of production of cellulase by fungi. *Nature*. 226 (5244): 469 - 470.
26. Hunt, G.M.; & G.A. Garrat., 1953. Wood preservation. Mc Graw-Hill Book Co., Inc.
27. Kauffman, C.H., 1971. The gilled mushrooms (Agaricaceae) of Michigan and the great Lakes region. Vol. I. Dover Publications, Inc. 552 pp.
28. Laboratorio Nacional de Engenharia Civil. Ministerio das Obras Públicas., 1958. Productos preservadores da madeira. Ensaio - de toxicidade para fungos. Especificações E - 42 - 1956. -- Lisboa.
29. Leach, C.W., 1964. 1958 cooperative creosote project: I. Laboratory soil - block test. *Proc. Amer. Wood Pres. Ass.* 60: 165-170.
30. Leutritz, J., Jr., 1939. Acceleration of toximetric tests of wood preservatives by use of soil as a medium. *Phytopathology*.



- 29: 901 - 903.
31. McMahon, W.; C.M. Hill; & F.C. Koch., 1942. Greensalt, a new-preservative. Proc. Amer. Wood Pres. Ass. 38: 334 - 348.
32. Murril, W.A., 1912. The Polyporaceae of México. Bul. New York Bot. Gar. 8 (28): 137 - 153.
33. Obregón Arceo, M.C., 1971. Cultivo e identificación de hongos habitantes en la madera. Tesis, Fac. Cien. UNAM.
34. Overholts, L.O., 1953. The Polyporaceae of the United States, Alaska and Canada. University of Michigan Press. 446 pp.
35. Panshin, A.J.; C. de Zeeuw; & H.P. Brown., 1964. Textbook of-wood technology. Vol. I. Mc. Graw Hill Book Co. 643 pp.
36. Salinas Quinard, R.; R. Echenique-Manrique; & 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.
37. Sedziak, H.P., 1949. Accelerated testing of wood preservati--ves including wood block soil technique. For. Prod. Lab. Canada. 5 pp.
38. Singer, R., 1962. The agaricales in modern taxonomy. J. Cra--mer Publisher. 915 pp.

39. Smith, R.S., 1968. A new type of soil jar lid for use in mycological tests. Can. J. of Plant Sci. Vol. 48.
40. Smith, R.S., 1969. Wood preservative toxicity evaluation using wood weight loss and fungal respiration methods. Wood Sci. 2 - (1): 44 - 53.
41. Stamm, A.J., 1964. Wood and cellulose science. The Ronald Press Co. 549 pp.
42. Suen, R.Y., 1969. Soil - block tests comparing CCA - Type A - with the new recommended CCA standard. Proc. Amer. Wood Pres.- Ass. 65: 87 - 89.
43. Tsoumis, G., 1968. Wood as a raw material. Pergamon Press Ltd. 276 pp.
44. Unligil, H.H., 1968. Depletion of pentaclorofenol by fungi. -- For. Prod. J. 18 (2): 45 - 50.
45. Wallace, E.M., 1968. The cooper - chrome - arsenate preservatives and their use in modern wood preservation. Proc. Amer.- Wood Pres. Ass. 64: 50 - 56.
46. Wilcox, W.W., 1968. Changes in wood microstructure through progressive stages of decay. U.S. For. Ser. Res. Paper No. 70. 45 pp.

47. Zeller, S.M., 1916. Studies in the physiology of fungi II. --  
Lenzites saepiaria Fries, with special reference to enzyme ac  
tivity. Ann. Miss. Bot. Gar. 3 (4): 439 - 513.