

TA424.4
38

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES / FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

CENTRO DE ESTUDIOS FORESTALES DE POSTGRADO

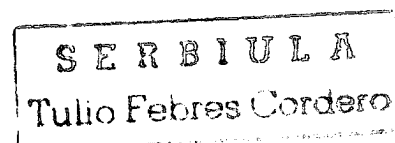
**TRATAMIENTO DE POSTES DE MADERA VERDE
CON PRESERVATIVOS POR EL METODO DE
DOBLE DIFUSION**

Por

HECTOR IGNACIO CASAS JIMENEZ

Profesor Guía: Dr. JORGE A. DURAN P., Ph. D.

Tesis presentada como requisito parcial para
optar al Grado de Magister Scientiae (M. Sc.).



SERBIULA - TULIO FEBRES CORDERO



TA424.4 C38

MERIDA, OCTUBRE DE 1979.

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

D E D I C A T O R I A

A mi madre impulsora de mi formación académica.

A mi esposa e hijas por su cariño, resignación y apoyo moral.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

AGRADECIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a las Directivas del Instituto Nacional de Los Recursos Naturales Renovables (INDERENA), por la Comisión de Estudios que le fue concedida y que permitió su asistencia al Curso de Postgrado.

A la Fundación Gran Mariscal de Ayacucho por la beca, otorgada a través del Convenio Andrés Bello, para su permanencia en Venezuela.

Al Profesor Jorge A. Durán, Presidente de Tesis, por sus sugerencias y orientaciones para la realización de esta investigación.

Al Profesor Luc Ninin S., Director del Laboratorio Nacional de Productos Forestales, por el respaldo económico a este estudio.

Al Profesor Jesús Conejos, Jefe de la Sección de Preservación, por el apoyo logístico del personal a su cargo.

Al Profesor Guido Ochoa, Jefe del Laboratorio de Suelos de la Escuela de Geografía de la Universidad de Los Andes, y especialmente al Sr. Luis Antonio Amaya, técnico del mismo laboratorio, por su valiosa colaboración en los análisis de absorción atómica.

Al Profesor José R. Rodríguez S., por su ayuda en el análisis estadístico de los Resultados.

Al Profesor Aníbal Luna Lugo, Director del Centro de Estudios Forestales de Postgrado.

A la Srta. Doromilda Paredes M., por su colaboración en el trabajo de mecanografía.

A todas aquellas personas que contribuyeron en una u otra forma a la feliz culminación de este estudio.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION	1
1.1 OBJETIVOS	2
2. REVISION DE LITERATURA	3
2.1 MODIFICACIONES EN EL PROCESO	4
2.1.1 Tratamiento de tincaus	4
2.2 SELECCION DE QUIMICOS	5
2.2.1 Concentraciones	5
2.3 HORARIOS DE TRATAMIENTO	6
2.4 PRE-TRATAMIENTO	7
2.5 ADSORCION	7
2.6 PENETRACION Y DIFUSION	7
2.7 DISTRIBUCION	9
2.8 RETENCION	10
2.9 FIJACION DE SALES	12
2.10 POST-TRATAMIENTO	12
2.11 EFECTO DE LAS ESPECIES	13
3. MATERIALES Y METODOS	
3.1 MATERIALES	15
3.1.1 Tincaus	15
3.1.2 Productos químicos	15
3.1.3 Equipo	16
3.2 METODOS	
3.2.1 Pre-tratamiento	16
3.2.2 Tratamiento	16
3.2.3 Determinación cualitativa y cuantitativa	22
3.2.4 Análisis de retención	24

	<u>Página</u>	
3.2.3.2	Ensayo de exposición a basidiomicetos	27
3.2.4	Análisis estadístico	29
4.	RESULTADOS	30
5.	DISCUSION	61
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
7.	BIBLIOGRAFIA	73
8.	A N E X O S	78

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

INDICE DE CUADROS

<u>Nº</u>	<u>Contenido</u>	<u>Página</u>
1	Variables en el tratamiento	18
2	Densidad de las soluciones	19
3	Densidades de las especies estudiadas	30
4	Datos generales de los postes de teca	31
5	Datos generales de los postes de melina	32
6 y 6-A	Promedios de retención por tratamiento para teca y melina	34
7	Resultados del análisis del agua de lixiviado	35
8 y 8-A	Penetración de preservativos determinada por colorimetría en teca y melina.	46
9 y 9-A	Coefficientes de correlación entre variables de teca y melina	47
10	Resumen del análisis de varianza	48
11	Resumen de las regresiones calculadas	52
12 y 12-A.	Evaluación de resultados del ensayo de exposición a basidiomicetos, en teca y melina.	53
13 y 13-A.	Pérdida de peso de los bloques de control de melina y de teca.	55
A-1 y A-2	Promedios de retención por tratamiento y nivel para teca y melina.	78

INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>		<u>Página</u>
1	Diagrama de flujo para los postes de teca	17
2	Diagrama de flujo para los postes de melina	17
3	Tanque empleado en el tratamiento	20
4	Forma de envolver los postes durante la difusión	20
5	Posiciones de corte de las series de discos.	21
6	Toma de muestra para análisis de retención	21
7 y 8	Retención de óxido de cobre en teca	36
9 y 10	Retención de óxido de cobre en melina	37
11 y 12	Retención de óxido de boro en teca	38
13 y 14	Retención de óxido de boro en melina	39
15 y 16	Retención total de sales en teca	41
17 y 18	Retención total de sales en melina	42
19	Comparación de retenciones por tratamiento en teca	43
20	Comparación de retenciones por tratamiento en melina	43
21 y 21-A.	Variaciones de retención a lo largo y alrededor del poste en teca.	44
22 y 22-A.	Variaciones de retención a lo largo y alrededor del poste en melina.	45
23	Influencia de las interacciones de las variables en melina	49
24	Retención en función de horario en melina	50
25	Retención función de concentración en teca	51
26	Retención en función de horario en teca	51
27 y 28.	Penetración transversal de preservativos en melina	56
29 y 30.	Penetración transversal de preservativos en teca.	57

Figura		<u>Página</u>
31 y 32	Penetración longitudinal de preservativos en teca.	58
33	Contraste entre bloques de control y los de tratamiento 5 de melina, expuestos al hongo <u>Polyporus sanguineus</u> .	59
34	Contraste entre los bloques de control y los del tratamiento 4 de melina, expuestos al hongo <u>Polyporus versicolor</u> .	59
35	Contraste entre bloques de control y los del tratamiento 2 de melina expuestos al hongo <u>Lenzites trabea</u>	60
36	Grietas en la base de los bloques de control atacados por <u>Lenzites trabea</u> .	60

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

-v-

RESUMEN

Se ensayó el método de doble - difusión para la preservación de madera verde de las especies Tectona grandis y Gmelina arborea, con variación de concentraciones de las sales, horarios de tratamiento y período de difusión. La Tectona grandis respondió mejor al tratamiento de sulfato de cobre al 6 ‰, seguido por bórax al 7 ‰, en inmersiones de tres días en cada solución. La Gmelina arborea dió mejores resultados en las soluciones de sulfato de cobre al 8 ‰, y bórax al 9 ‰, en inmersiones de tres días en cada solución. Los ensayos de exposición a los hongos Polyporus sanguineus, Polyporus versicolor y Lenzites trabea no causaron pérdidas significativas de peso en ninguna de las retenciones alcanzadas en los diferentes tratamientos.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

SUMMARY

Double - diffusion method was applied to green poles of Tectona grandis and Gmelina arborea using copper sulfate and borate at two concentrations with different periods of treatment and diffusion. The best treatment for Tectona grandis was with a solution of CuSO_4 at 6 ‰ followed by borax at 7 ‰ with the poles being dipped for a period of 3 days in the respective solutions. Gmelina arborea gave best results with CuSO_4 at 8 ‰ and borax at 9 ‰ with 3 days soaking in each solution. Soil - block test of the treated poles with Polyporus sanguineus, Polyporus versicolor, and Lenzites trabea did not show any significant losses in weight in any of the retentions achieved in the present work.

1. INTRODUCCION

La madera es un producto natural susceptible al deterioro que causan numerosos agentes destructores, por lo cual requiere de tratamientos especiales que buscan prolongar su vida útil. Estos procedimientos son aún más necesarios cuando la madera está expuesta a la intemperie y en contacto con el suelo, como en el caso de los postes para cerca.

En nuestros países no son muchas las plantas de preservación existentes, debido posiblemente a la alta inversión que una instalación de esta clase demanda. Por lo tanto se deben buscar métodos de tratamiento que concilien tres importantes aspectos: adecuada protección a la madera, sencillez en su aplicación, y bajo costo.

La impregnación de la madera por difusión puede ser uno de estos tratamientos. El sistema se originó en Australia, empleando principalmente compuestos de boro. Tenía el inconveniente de que las sales eran fácilmente lixiviadas en contacto con el agua. Alrededor de 1940 las investigaciones llevaron al denominado: método de doble - difusión, en el cual se aplican consecutivamente dos soluciones, las que al reaccionar entre sí forman precipitados estables, que protegen suficientemente la madera.

El método de doble difusión no pretende superar la efectividad de los métodos a presión, aunque algunas veces, durámenes y alburas refractorios a los métodos a presión, son más profundamente penetrados por el sistema de difusión.

Cuando el tiempo que se emplea en el tratamiento no es importante, la doble-difusión puede ser un medio apropiado para tratar la madera.

Entre las ventajas del sistema se encuentran: la sencillez del equipo utilizado, el precio relativamente bajo de los productos químicos empleados, la madera tratada es limpia, inodora, fácil de pintar y además, no requiere de secado previo de la madera, ni mayor experiencia del personal que lo aplica.

1.1 OBJETIVOS

El presente estudio persigue los siguientes objetivos:

- Determinar la aptitud del método de doble - difusión para las especies melina y teca bajo las condiciones de los diferentes tratamientos.
- Determinar si las sales empleadas son retenidas a niveles tóxicos adecuados para la protección de la madera contra agentes destructores.
- Buscar una utilización racional para las entresacas de las plantaciones forestales.

2. REVISION DE LITERATURA

El método de difusión es uno de los sistemas de impregnación más práctica de que dispone la industria de la preservación de la madera (Torres 1978), la idea básica es someter a muchas modificaciones los químicos - empleados y el procedimiento usado en su aplicación (Baechler 1964). Sobre la base de observaciones de penetración y análisis químicos, la doble-difusión parece ofrecer muchas promesas como método de tratar ciertas maderas duras.

El principio físico es que cuando dos sustancias disímiles se mezclan, - hay una tendencia de una a moverse dentro de la otra. Esto es afectado por la temperatura, tiempo, distancia y concentración (Behr 1964).

Este proceso difiere de los tratamientos de presión e inmersión en que no depende del flujo del fluido bajo la influencia de la aplicación de una fuerza externa. Depende de la difusión de iones, (por la tendencia de los iones a tener igual distribución a través de un medio líquido) (Banks 1972).

Una combinación de absorción capilar y difusión está involucrada en el - proceso de doble-difusión, al tratar con preservativos postes de madera verde, fresca, pelados (Kollman 1975).

El método de impregnación por difusión descansa esencialmente en el principio de la ósmosis. Los tejidos de la madera están constituidos por células, las cuales poseen la propiedad llamada diálisis, según la cual sus membranas semi-permeables dejan penetrar en su interior, por diferencias de presión osmótica, las soluciones salinas concentradas hasta alcanzar

un equilibrio entre las presiones internas y externas, (Quillón 1969)

2.1 MODIFICACIONES EN EL PROCESO

Los tratamientos empleados han sido básicamente dos:

a) Completa inmersión en tanques, b) inmersión de una parte de ellos en barriles, en posición vertical (Bechler 1964). La regla general es que el método de inmersión es superior al método del barril, pero hay excepciones. La diferencia en la efectividad es debida a diferencias en la distribución del producto químico dentro de la madera. Por el método del barril la distribución de los cromatos, especialmente el de sodio, es pobre (Bechler 1953). El efecto de un receso entre las dos aplicaciones podría ser provechoso para la distribución.

Algunos refinamientos han sido hechos para acortar el tiempo de tratamiento y favorecer la penetración de especies refractarias, tales como elevar la temperatura de la primera solución, acondicionamiento parcial, e incisiones en el material (G Jovik 1972).

2.1.1 Tratamiento en tanques

Es un método práctico, que permite inclusive manejar los postes en haces y generalmente resulta en una distribución más uniforme del preservativo. Los postes pueden ser pasados del tanque con la primera solución al otro con la segunda solución, ó estas pueden ser bombeadas desde tanques de almacenamiento, sin necesidad de mover la madera (Bechler 1964).

2.2 SELECCION DE QUIMICOS

La selección de químicos se ha hecho en base a su efectividad contra insectos y hongos y también por el costo de los compuestos. Sin embargo hay que tener en cuenta la toxicidad residual, que puede afectar a los animales domésticos y al hombre, en su contacto con los postes. Un tratamiento de postes de pino con fluoruro de sodio seguido por sulfato de cobre, parece constituir una alternativa práctica entre los mutuos objetivos antagónicos de bajo costo del químico, simplicidad del procedimiento y larga vida de servicio (Baechler 1964). Los iones de fluoruro y de bórax contribuyen a la toxicidad y parecen ser aceptables para uso en las granjas. El sulfato de cobre tiene el inconveniente de que corroe el acero y son necesarios recipientes de madera o de concreto (Baechler 1953).

El sulfato de cobre casi puro, aplicado primero a la superficie descortezada, seguido a los 6 a 13 días por bórax dió una vida estimada de 19 años, en postes para cerca. Este tratamiento fue el segundo mejor entre los diferentes ensayos (Behr 1977).

El sulfato de cobre está entre los medios más aceptables para el control de termitas, en donde la madera no está expuesta a lixiviado. Los compuestos de boro son usados frecuentemente como retardantes del fuego en la madera, pero en Australia se encontró que estas sales son un tratamiento eficiente contra Lyctus y Anobium, (Broese 1952).

2.2.1 Concentraciones

Las concentraciones de las soluciones son controladas durante el proceso con un hidrómetro. Cuando las soluciones se usan continuamente en un proceso comercial, necesitan ser fortificadas periódicamente, entre cargas, para reemplazar los químicos absorbidos por las cargas -

para reemplazar los químicos absorbidos por las cargas precedentes. Es conveniente tener la segunda solución más concentrada que la primera (Baechler 1954).

El control de la solución debe hacerse continuamente, porque el agua de la madera reduce la fortaleza de la misma (Forest Products - Laboratory 1959). Una solución de borato cúprico amoniacal, con concentraciones de 5.53 % de CuO y 2.64 % de B_2O_5 , dió buen resultado en la preservación de madera (Eruce 1958).

En Orange Park, Florida, se utilizó el borato cúprico amoniacal, mezclando 29,2 libras de sulfato de cobre, 12,5 libras de bórax, y 12,5 libras de amonio, en 100 galones de agua, para tratamiento a presión. Después de 11 años de exposición, 87,5 % de los postes tratados estaban sanos (Ochrymowych y MC Ormond 1978). Alrededor de 25 libras de sulfato de cobre y 12,5 libras de fluoruro de sodio son necesarias por cada 100 postes, dependiendo del tamaño de los mismos. (Baechler 1958).

2.3 HORARIOS DE TRATAMIENTO

El Pinus Banksiana, sumergidos por 12 horas en cada solución, la penetración visible fue de 3/4 de pulgada. Con dos días la penetración - fue algo superior. Para resumir, un horario de un día de inmersión en cada una de las soluciones concentradas muestra una retención satisfactoria en muchas especies nativas de los E. U. (Baechler 1964).

Para ensayos en barril (Baechler 1958) recomienda horarios de 3 días en cada una de las soluciones de fluoruro de sodio al 4% y sulfato de cobre al 7 % respectivamente.

2.4 PRE-TRATAMIENTO

Se obtienen resultados pobres cuando los postes son tratados sin remover la corteza. Un pelado parcial tampoco es comparable a la completa remoción de la corteza. (Baechler 1964). Unas 6 pulgadas (15 cm) fueron cortadas de los extremos de los postes para eliminar la posible acumulación de resinas en esos sitios.

Para evitar que el exceso de humedad (agua libre) de la madera verde retrase la absorción de la solución, conviene secarla parcialmente, - manteniendo su contenido de humedad por encima del punto de saturación de las fibras (Torres 1968).

2.5 ABSORCION

Las soluciones son generalmente usadas sin calentamiento. La temperatura de la solución afecta la rata de absorción del químico. (Baechler - 1964). La absorción del segundo químico es influenciada por la cantidad del primer químico ya presente en la madera (Baechler 1953).

Las especies de maderas coníferas mostraron una tendencia a absorber las soluciones más rápidamente que las latifoliadas (Krzyzewski 1956).

2.6 PENETRACION Y DIFUSION

Hay razones para considerar que un alto contenido de humedad inicial en la madera a ser tratada es un factor muy importante que permite -

la posterior difusión del tratamiento (Krzyzewski 1956). Hay amplias diferencias en las ratas de penetración entre las diferentes especies. Hay diferencias de penetración en diferentes direcciones del poste. La penetración por los extremos o longitudinal oscila entre 5 y 50 veces la lateral, pero comunmente es de 15 a 20 veces superior. La penetración es usualmente mucho mayor en la albura que en el duramen, aunque hay excepciones (Blew 1951). Es aconsejable cuando se trata madera seca por capilaridad o madera verde por difusión, tener tanta sección transversal como sea posible, para exponerla a las soluciones (Kollman 1975).

La penetración de preservativos que son practicamente incoloros puede ser determinada por teñido químico o rociado, que muestra la penetración por reacción de color (Forest Products Laboratory 1953). Pasando una brocha con solución de sulfito de sodio sobre un disco contado de la madera impregnada con sulfato de cobre, se observa bien la penetración (Broese 1952).

Para observar la penetración del cobre se aplica solución acuosa al 1 % de cromo azurolo-S, el cual es de color rojo y al ponerse en contacto con compuesto de cobre se vuelve azul profundo (Chudnoff 1964). Otra forma es pintar la superficie preservada con sales de cobre, con una solución de diphenilcarbocida 0.5 g en 15 ml de ácido acético glacial, añadiendo 125 ml de agua destilada (British Standards Institution 1962).

La penetración de boro puede ser determinada, aplicando alternativamente soluciones de alcohol polivinílico y de yodo, la madera se torna azulada (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal 1973).

El tiempo de difusión requerido depende del espesor a ser penetrado, del contenido de humedad de la madera, la especie, y la temperatura.

En un período de 3 a 4 semanas el preservativo puede difundirse de 2 a 3 cm en la madera; 3 a 4 meses son requeridas para obtener una penetración de 6 a 8 cm (Becker 1976).

La movilidad de los iones aumenta y la viscosidad de las soluciones decrece, con un incremento en la temperatura. Ambos cambios tienden a incrementar la rata de verdadera difusión (Baechler 1953). Los trabajos de Banks (1972) han demostrado que una difusión razonablemente rápida, está limitada a contenidos de humedad por encima de 60 % y que la difusión iónica depende de la existencia de columnas continuas de agua dentro de la estructura porosa de la madera.

Según Broese (1952), los investigadores Schulz y Theden encontraron que las soluciones salinas penetran rápidamente conforme el contenido de humedad aumenta y que a bajos contenidos de humedad las soluciones diluidas penetran más fácilmente que las concentradas, mientras a altos contenidos sucede lo contrario.

2.7 DISTRIBUCION

La protección máxima de la madera depende no solamente de la cantidad de preservativo presente en la madera, sino también de la manera en la cual esté distribuido. La distribución longitudinal, varía grandemente con las especies y con los químicos usados. Las sales de cobre, zinc y níquel muestran una distribución iniforme (Baechler 1964). Un considerable movimiento del primer ión toma lugar antes de que el segundo ión se añada. Como resultado, el primer ión tiende a mostrar una distribución más uniforme que el segundo. La distribución del segundo parece favorecerse añadiéndolo en exceso (Baechler 1953). Baechler (1955) obtuvo distribuciones de 3,62 % de cobre (como Cu SO_4) en el primer anillo, 1,25 % en el segundo y 0,44 % en el tercero, en postes de álamo de 4" y sólo 15" de longitud.

(los anillos no son los de crecimiento sino círculos de referencia tomados por el autor).

Las concentrarán en su mayoría en en el cuarto de pulgada más externa de la madera, en un ensayo realizado por (Behr 1964). La distribución longitudinal no es siempre uniforme. Análisis químicos de la sección transversal muestran un gradiente decreciente del preservativo en la dirección radial, entre la parte externa y el corazón de los postes (Fougerousse - 1976).

2.8 RETENCION

La retención depende de la concentración de las soluciones, del contenido de humedad, de la especie y del tamaño de los postes. Con inmersiones de dos días en sulfato de cobre al 10 % y dos días en una mezcla de Cromato de sodio y arseniato de sodio al 13 %, se obtuvieron retenciones con variaciones de 4,65 a 23,1 kg/m³, con especies latifoliadas, en Puerto Rico (Baechler 1964). De acuerdo con Chudnoff y Maldonado (1964), también en Puerto Rico, se obtuvieron retenciones desde 1.12 kg/m³ en mangle blanco hasta 9.63 kg/m³, en eucalipto, empleando fluoruro de sodio al 4 % y sulfato de cobre al 7%. La teca tuvo una retención de 9.31 kg/m³.

Broese (1952) cita el concepto de Rabanus, según el cual, de 5 a 6 Kg/m³ de sulfato de cobre, como sal anhidra, son suficientes para la protección contra Lenzites thermopylla y Trametes serialis. El ácido bórico tiene un límite tóxico entre 0.1 y 0.2 kg/m³, para Anobium.

Blew (1951, 1954) obtuvo retenciones de 14.7 kg/m³ para una mezcla de borax y ácido bórico (60 partes por 40, respectivamente), lo cual dió a los postes tratados una vida útil de 11 años, contra 2 a 4 años para postes no tratados. Retenciones de 16 kg/m³ alargan la vida útil hasta 16 o 21 años. El bórax no ofrece peligro para los humanos, según indica el citado autor.

En los últimos años se está empleando la fluorescencia con rayos X para la determinación de la retención. Este método es rápido comparado con el sistema de digestión y titulación y además las muestras no son destruidas (Belford 1961).

El contenido de cobre de la madera tratada puede ser determinado por el método indicado por la British Standards Institution (1962 b). El boro tiene diversas formas de ser determinado (Phillips y Baechler 1962). Williams (1970) describe un método para la rápida determinación del ácido bórico - en el duramen y sección transversal de maderas coníferas tratadas por el método de difusión. El sistema emplea la medición espectrofotométrica del complejo rojo de rosocianamida, formado entre el ácido bórico y la curcumina.

Williams (1972) describe la aplicación de la espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de cobre, cromo y arsénico, en maderas tratadas con preservativos y los resultados, comparados con los obtenidos por análisis colorimétrico, coinciden en alto porcentaje.

En las investigaciones de Graves (1972), el pino southern yellow (longleaf), tratado por el método de doble difusión, dió retenciones entre 9, 8 a 13 kg/m³ con promedio de vida de 12 años, empleando sulfato de cobre seguido por borax y ácido bórico. En pino southern yellow (slash), la retención fue de 5.46 kg/m³ y el promedio de vida útil de 18 años.

El cobre y el boro suprimen completamente a los hongos Merulius lacrymans y Poria vaporaria en concentraciones de 0.12 % en la madera, y Coniophora cerebella, en concentraciones de 0.14 % (Kalnins 1970).

Los postes de Orange Park, Florida (Ochrymowych 1978) tratados por el sistema a presión tuvieron retenciones netas de 0.28 lbs/pie³ (4.48 Kg/m³) de borato cuprico, y retención total de sales de 0.85 lbs/pie³ (13.60 Kg. m³). El producto preservante utilizado fue el borato cúprico amoniacal, anteriormente citado.

2.9 FIJACION DE SALES

Ochrymowych y McCormond (1978) conceptúan que el boro no es fijado como borato cúprico, cuando se usan estas sales, ^{sino} que es lixiviado y que el único - preservativo residual es el cobre, adherido a la sustancia de la madera.

Duran (1977), cita los trabajos de algunos investigadores sobre la cinemática y mecanismo de fijación de preservativos de cobre, cromo y arsénico. Las tres fases en ^{el} curso de fijación son: reacción inicial instantanea, período principal de fijación - precipitación y un período de conversión, donde los compuestos primarios formados son convertidos a compuestos más estables por las reacciones lentas que toman lugar durante el almacenaje. Las sales se localizan en la pared de la célula, pero también pueden proteger la superficie interna. Los factores que influyen en la permanencia de las sales son: 1) concentración de la solución tratante, 2) contenido de cromo, 3) acidez de la solución y 4) tiempo de secado del material tratado. El cobre tiene una tasa de fijación más rápida que el cromo y el arsénico, debido posiblemente a una reacción casi instantanea entre una proporción alta de cobre y un componente de la pared celular, resultando en la formación de un complejo cobre-pared celular, llamado por Preston "complejo cobre - microfibrila". El complejo formado consiste de cationes metálicos adheridos a los grupos acídicos de los constituyentes no -celulósicos de la madera, posiblemente las pentosanas. La lignina y las hemicelulosas pueden ser los sitios donde se incrusta el metal en forma de sales.

2.10 POST-TRATAMIENTO

Es conveniente almacenar los postes tratados antes de su uso. Algún movimiento de químicos no reaccionantes toma lugar dentro de los postes mientras el agua libre está presente. (Baechler 1964). Retardando la pérdida de humedad

o sea cubriendo los postes por cerca de un mes después del tratamiento se logra una distribución más uniforme (Baechler 1953). Una semana o dos podrían ser suficientes, especialmente si el polietileno es cosido sobre el área tratada (Behr 1974). Cuando los postes fueron apilados, cubiertos con plástico y mantenidos apretadamente por dos semanas antes de ser nuevamente apilados para acondicionamiento al aire, la penetración no fue significativamente más profunda que en postes que fueron apilados en forma abierta después del tratamiento (Baechler, 1964).

2.11 EFECTO DE LAS ESPECIES

Las especies de madera tienen un decidido efecto sobre la tratabilidad por cualquier proceso. Por experiencia se sabe que los postes redondos tienen un apreciable espesor de albura; cuando se tratan bajo condiciones favorables, absorben cantidades de químicos dentro del rango usado en tratamientos comerciales. La tasa de crecimiento parece tener efecto: especies de crecimiento lento fueron más difíciles de tratar que las especies de crecimiento rápido. El número, tamaño y distribución de los nudos afecta la distribución de los químicos y quizá también la absorción. El comportamiento de latifoliadas es inferior a el de las coníferas, con las mismas combinaciones químicas (Baechler 1953).

El contenido de humedad de la madera debe ser al menos de un 40 % (Becker 1976).

La presencia de tñlides y la distribución de los poros, influyen en los resultados. Aunque la densidad no determina la penetrabilidad de la madera, si influye en la máxima cantidad de preservativo que puede ser absorbido (Mc Lean 1952).

El duramen de la Gmelina arborea es medianamente durable, pero es muy resistente a la impregnación con preservativos, la albura es medianamente resistente a los tratamientos a presión. En ningún caso la penetración lateral de los diferentes tratamientos alcanzó 1/32 de pulgada (0.079 cm); la penetración longitudinal fué muy leve, 1/16 de pulgada (0.16 cm) principalmente a través de los vasos (Lamb 1970).

La Tectona grandis es considerada como muy durable con respecto al ataque de insectos y hongos y extremadamente resistente al tratamiento con preservativos, (Kukachka, 1970).

El duramen de teca fue clasificado por Torres (1972), como altamente resistente, en un ensayo con hongos, y la albura como poco resistente al deterioro.

La teca en plantación es atacada por el hongo Ustulina deusta, según cita Torres, (1972). En los semilleros es afectada por la Pseudomonas sp. y Fusarium. El F. solani causa mancha rosada en arboles maduros. Polyporus zonalis, causa pudrición blanca del tipo bolsillo.

La Gmelina arborea, es atacada en plantaciones por la hormiga Atta sp. el insecto Cola pepla leayana y algunos termites. El hongo Peria rhizomorpha causa anillamiento (Lamb 1970).

Después de un cuidadoso análisis de las observaciones de todos los autores citados se hizo el diseño del presente estudio.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 MATERIALES

3.1.1 Especies

El estudio se basó sobre dos especies de latifoliadas, provenientes de las plantaciones que la Universidad de Los Andes posee en la Reserva Forestal de Caparo, Estado Barinas (Venezuela).

Las especies seleccionadas para el ensayo debido a la frecuencia con que se utilizan en plantaciones, fueron:

<u>Nombre Científico</u>	<u>Nombre Vernáculo</u>	<u>Familia</u>
Gmelina arborea L.	Melina	Verbenaceae
Tectona grandis L.	Teca	Verbenaceae

La melina de 7 años de edad y la teca de 9 años. De acuerdo con la disponibilidad de material, se usaron 56 postes de teca y 32 de melina, para un total de 88 postes, de 2,5 m de longitud y diámetros variables.

3.1.2 Productos Químicos utilizados

Otros productos químicos utilizados dentro del ensayo para las diferentes determinaciones fueron: Bromocresol verde, ácido clorhídrico, difenilcarbida, ácido acético glacial, yodo metálico, yoduro de potasio, alcohol polivinílico, ácido nítrico, ácido perclórico, y soluciones especiales de cobre y sodio.

3.1.3 Equipo

Para las operaciones involucradas dentro del proceso se empleó el equipo de que dispone el Laboratorio Nacional de Productos Forestales, el equipo para análisis de absorción atómica de la Escuela de Geografía de la Universidad de Los Andes y para el procesamiento de datos el equipo del Centro de Computación de la Universidad de Los Andes.

3.2 METODOS

3.2.1 Pre-Tratamiento

Los postes fueron cortados en el mes de abril y al llegar al Laboratorio se apilaron ordenadamente en pisos, buscando que perdieran un poco de la excesiva humedad que poseían. Para el descortezado se elaboró un plan con el fin de descortezar en un día sólo los postes que tuvieran cabida en el tanque del tratamiento. De cada uno de los extremos se contaron trozos de 25 cm de longitud, con el fin de exponer al preservativo superficies frescas, con contenido de humedad similar a el de todo el cuerpo del poste, de esta forma la longitud total de los postes se redujo a 2,00 m.

De los trozos cortados de los extremos se aserraron discos de 2 cm de espesor con el fin de determinar el contenido de humedad promedio de cada poste. También se prepararon 20 probetas por especie de 3 x 3 x 10 cm, para la determinación de la densidad seca al horno (Norma DIN-52182).

Los postes fueron marcados en los extremos con una letra convencional, correspondiente a la especie, y un número de orden dentro de la especie.

El número de postes que se procesaron por cada concentración, horario y período de difusión, se indica con las cifras entre paréntesis, en los diagramas 1 y 2. Cada poste fue pesado antes y después de introducirlo en el tanque de tratamiento para conocer la absorción líquida - por diferencia de peso. Antes de pesar los postes después de cada tratamiento se permitió un corto escurrimiento.

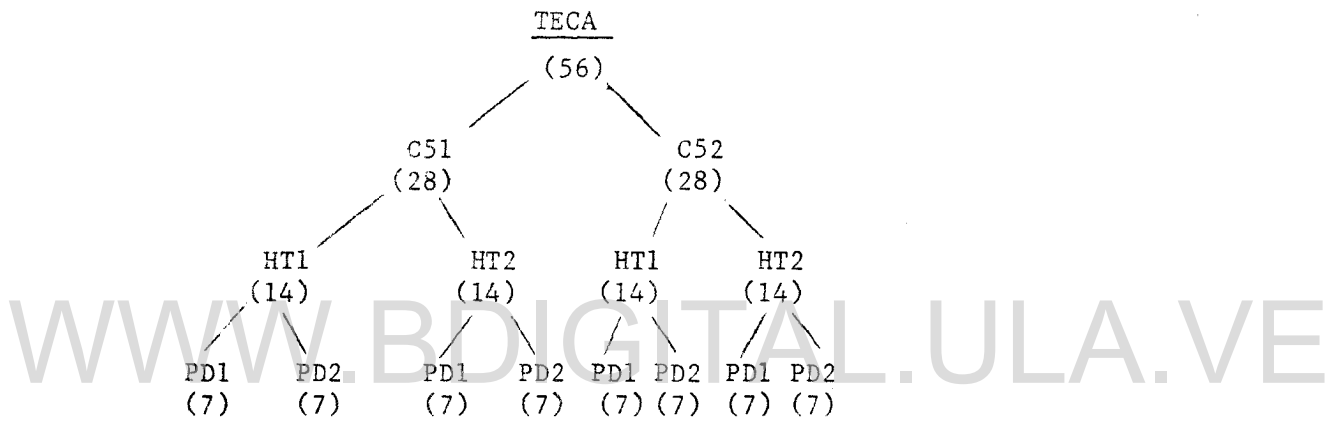


Fig. 1.- Diagrama de flujo de los postes de Teca.

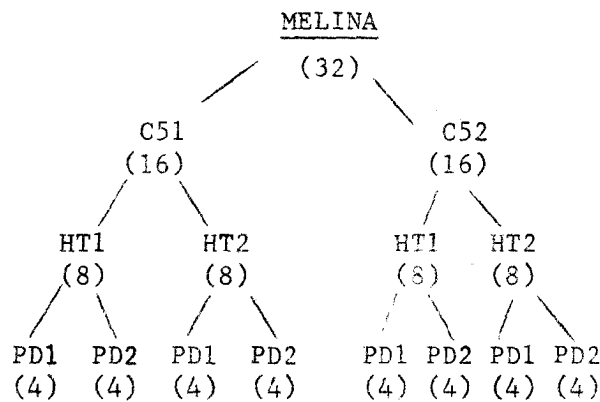


Fig. 2. Diagrama de flujo de los postes de melina.

Para la determinación del porcentaje de albura y duramen se ensayó el Bromocresol verde al 0,0413 %, en agua destilada, con resultados tan pobres que finalmente se prefirió evaluar por simple observación visual.

3.2.2 Tratamiento

Las variables que se consideraron en el estudio fueron:

- Especies (dos)
- Concentraciones de las soluciones (dos)
- Horarios de tratamiento (dos)
- Períodos de difusión (dos)

Los detalles correspondientes se presentan en el Cuadro 1. Las condiciones fijas fueron las temperaturas de las soluciones, y el período de receso entre la aplicación de la primera solución y la aplicación de la segunda, que fue de 30 días.

Cuadro 1. Variables en el tratamiento

Especies	Tratamiento -	SOLUCIONES		HORARIO (Días)		Difusión (Semanas)	
		A	B	En A	En B		
	1	CuSO_4 6%	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 7%	2(3)	2	2	(5)
	2	"	"	2	2	3	(6)
	3	"	"	3(4)	3	2	
Melina	4	"	"	3	3	3	
y	5	CuSO_4 8%	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 9% (2)	2	2	2	
Teca	6	"	"	2	2	3	
	7	"	"	3	3	2	
	8	"	"	3	3	3	

- (1) Concentración de soluciones 1, (CS1).
- (2) Concentración de soluciones 2, (CS2).
- (3) Horario de tratamiento 1, (HT1).
- (4) Horario de tratamiento 2, (HT2).
- (5) Período de difusión 1, (PD1)
- (6) Período de difusión 2, (PD2).

La solución de sulfato de cobre se preparó con un día de anticipación, dando tiempo para que los cristales de sulfato de cobre se disolvieran completamente antes de sumergir los postes.

Debido a la escasa solubilidad del bórax en agua fría, esta segunda solución se preparó calentando primero el agua dentro del tanque provisto de serpentín a una temperatura de $\pm 60^{\circ}\text{C}$, agitando continuamente para evitar asentamiento de la sal (Fig. 3).

Con el fin de controlar la concentración de las soluciones en forma periódica, se prepararon soluciones de 20 ml, a diferentes concentraciones y utilizando un hidrómetro SCHWC felsäure -Wasser - 20°C se elaboraron las tablas que se indican en el Cuadro N° 2.

Cuadro 2. Densidad de las soluciones a 20°C

Concentración %	DENSIDAD	
	Sulfato de cobre	Borax
5	1,0300	1,0200
6	1,0345	1,0210
7	1,0400	1,0220
8	1,0465	1,0225
9	1,0530	1,0228
10	1,0600	1,0230



Figura 3.-En primer término el tanque empleado en el ensayo. Atrás el tanque para tratamientos a presión.



Figura 4.- Forma de envolver los postes durante el período de difusión.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

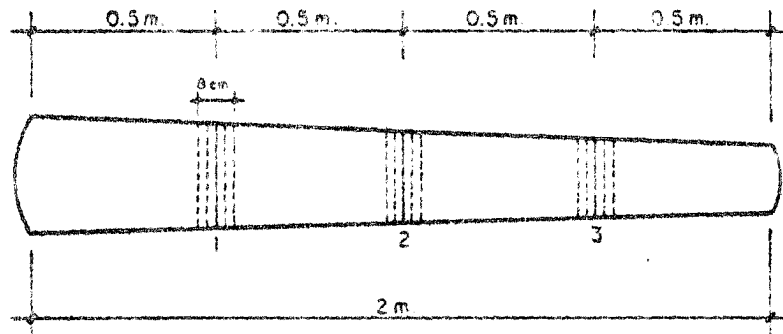


Fig. 5. Posiciones de corte de las series de discos.

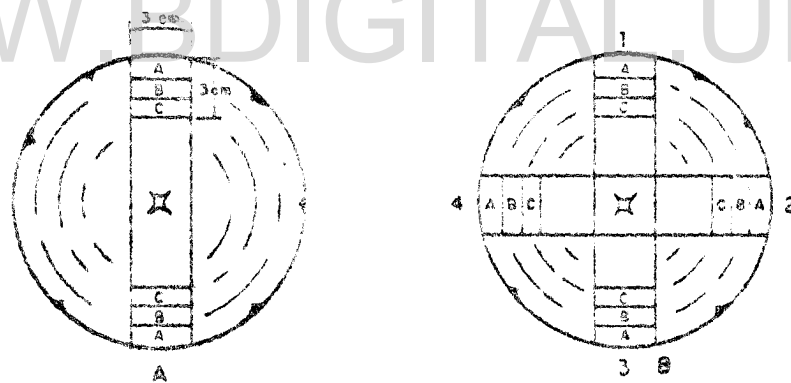


Fig. 6. Toma de muestras para análisis de retención
A. En dos lados opuestos del disco, B. en cuatro posiciones del disco.

En el período de receso entre las dos aplicaciones los postes se apilaron y fueron cubiertos con la tela de polietileno delgado, para evitar la pérdida de humedad, especialmente por los extremos (Fig. 4), y al salir de la segunda solución fueron nuevamente cubiertos hasta el cumplimiento del período de difusión correspondiente.

3.2.3 Determinaciones cualitativas y cuantitativas

Finalizado el período de difusión, para cada especie y en cada uno de los tratamientos se sortearon dos postes y de ellos se cortaron series de 4 discos de 2 cm de espesor en tres posiciones del poste: a 0.50 m de los extremos y en el centro, para un total de 12 discos por poste.

Un disco de cada posición fue tomado para la determinación colorimétrica de la penetración del boro y en la misma forma se hizo para determinar la penetración del cobre.

Para determinar la penetración del boro se usaron dos soluciones:

Solución I. Se disuelven 10 g. de alcohol polivinílico (polvo) en 1 litro de agua caliente. Se deja enfriar, se filtra y se adicionan 50 ml de ácido clorhídrico concentrado.

Solución II. Se disuelven 20 g. de yoduro de potasio, KI en 100 ml de agua destilada. Se añaden 12,7 g de iodo metálico, y se completan a 1.000 ml con agua destilada.

Se roció la madera tratada con la primera solución y cuando estuvo seca se aplicó la segunda solución. Poco a poco la madera se tornó azul-verdosa en el área de penetración del boro.

Para la penetración de cobre se empleó la solución de difenilcarbocida, 0,5 g en 15 ml de ácido acético glacial, añadiendo 125 ml de agua destilada. Al rociar sobre la madera tratada, ésta toma un color de rosado violeta en el área de penetración del preservativo. La penetración longitudinal fue determinada aserrando longitudinalmente las rolas en que quedó dividido el poste y utilizando una sección para determinar cobre y la otra para el boro.

En la aspersion de las soluciones para la determinación de la penetración se emplearon una pistola instalada en la manguera del compresor de aire y una bomba manual.

Del tercer disco de cada serie se aserraron las probetas destinadas a la prueba de exposición a basidiomicetos, de la parte externa del disco, buscando que toda el área estuviera tratada con los preservativos.

El último grupo de discos se empleó para tomar las muestras a tres niveles de penetración, para la determinación de la cantidad de sales retenidas, por análisis espectrofotométrico de absorción atómica.

Los niveles de penetración se tomaron en la siguiente forma:

NIVEL	PENETRACION
A	De 0 a 1 cm
B	1 a 2 "
C	2 a 3 "

Para cada nivel se tomaron dos muestras de 3 x 2 x 1 cm, de lados opuestos del disco y se molieron conjuntamente. Con el fin de conocer la variación de retención alrededor del poste, en un disco de cada posición, de un poste de cada especie se tomaron probetas en cuatro puntos opuestos. Las probetas numeradas de cada disco se empacaron en bolsas de papel también debidamente numeradas.

En resumen se hicieron 9 análisis por poste en 15 postes de cada especie y en un poste de cada especie 36 análisis, para un total de 171 análisis por especie y por sal. Además se analizó el contenido original de cobre y de sodio en madera sin tratar, para descontarlo de los resultados. Se incluyó un análisis por tratamiento, del agua del primer baño de lixiviado, de los bloques que se someterían posteriormente al ensayo de exposición a basidiomicetos.

El número total de análisis alcanzó la cifra de 724. Las probetas fueron astilladas inicialmente a un tamaño adecuado para ser granuladas - después en el molino Wiley hasta que pasaran la malla de 2 mm. Para el empaque del aserrín resultante se utilizaron bolsas de polietileno con identificación clara.

3.2.3.1 Análisis de retención

Este análisis se realizó en el Laboratorio de la Sección de Suelos de la Escuela de Geografía de la U.L.A. Se siguió el sistema de digestión húmeda, según el siguiente procedimiento.

- Preparación de 4.000 ml de solución de ácidos nítrico y perclórico en proporción 5:1
- Lavado de microbalones Kjendalh de 30 ml de capacidad, con ácido perclórico, enjuague con agua corriente y agua destilada.
- Secado de microbalones en estufa a 100 °C.
- Pesaje de 0.5 g. por muestra y colocación en los microbalones.
- Adición de 10 ml. de la solución de ácidos. Se deja toda la noche.

- Colocación de los microbalones en los digestores (marcas Grallenham y Lab-con-co) y calentamiento gradual hasta obtener un color claro.
- Adición de 2 a 3 cm³ de agua destilada caliente para lavar el precipitado de las paredes del balón y filtrado consecutivo a probetas graduadas de 100 ml de capacidad.
- Aforo del filtrado con agua destilada hasta completar 25 ml.
- Traspaso del líquido a frascos con tapa de vidrio, debidamente numerados.

El análisis del cobre se efectuó en el espectrofotómetro de absorción atómica Perkin Elmer modelo 603, el cual de acuerdo con el manual Perkin Elmer (1976) tiene un límite de detección para el cobre de 0.002 µg/ml. En el equipo se utilizaron las siguientes especificaciones:

Longitud de onda	324,8	nm
Ancho de la ranura	3	mm
Corriente	35	miliamperios
Presión de aire	26	libras/pulg ²
Presión del acetileno	0.8	kg/cm ²

Para la calibración del aparato se usó cobre especialmente preparado para absorción atómica en solución 10.000 ppm, producido por la Fisher Scientific Company. De esta solución patrón se prepararon soluciones de 5, 10, 20 y 40 ppm. con los cuales se elaboró la curva de calibración. Para convertir partes por millón en el extracto a partes por millón en madera se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{p. p. m. en madera} = \frac{\text{p. p. m. extracto} \times \text{ml. de aforo}}{\text{g de muestra}}$$

Otras relaciones utilizadas fueron:

$$\text{p. p. m. CuO} = \text{p. p. m. Cu} \times 1.2515$$

$$\% \text{ Cu} = \text{p. p. m. Cu} \times 0.0001$$

$$\text{Kg/m}^3 \text{ de CuO} = \text{p. p. m. CuO} \times 0.001 \times \text{densidad de la madera}$$

El análisis de boro se hizo en forma indirecta debido no sólo a la carencia de la lámpara correspondiente, sino también a que se requiere material especial para la preparación de las soluciones, por cuanto el vidrio corriente contiene boratos, que van a interferir en los análisis, como lo anota la A. W. P. A. (1973).

Por otro lado, en la digestión húmeda, parte del boro se pierde por volatilización, según lo indican Phillips y Baechler (1962).

Por todo lo anterior y teniendo en cuenta que el bórax es un borato de sodio ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$), se decidió efectuar el análisis de sodio y se relaciona su contenido en la madera con el contenido de boro.

Para este análisis se utilizó el fotómetro de llama modelo PF-5 de la casa CARL ZEISS, con las siguientes condiciones

Presión de aire	1	Kg/cm ²
Presión de acetileno	100	mm ws
L	2	
E (escala)	5	

La calibración del aparato se efectuó con una solución a 10 p.p.m., preparada a partir de una solución patrón producida también por la Fisher Scientific Company. Para la conversión de p.p.m de sodio a p.p.m. de boro se utilizó la siguiente relación:

$$\text{p.p.m. de B} = \text{p.p.m. Na} \times \frac{(10,82 \times 2)}{23}$$

Los valores 10,82 y 23 corresponden a los pesos atómicos del boro y del sodio, respectivamente.

Para convertir p. p. m. de B a su equivalente en óxido de boro, B_2O_3 , se multiplicó por el factor 3,22. La equivalencia en Kg/m³ se calculó en la misma forma en que se hizo para el óxido de cobre, CuO.

3.2.3.2 Ensayo de Exposición a basidiomicetos

Para este ensayo se prepararon 8 bloques de 2 x 2 x 1 cm, por tratamiento y por especie para cada uno de los tres hongos, para un total de 192 bloques por especie, la mitad de los cuales se destina a la prueba de lixiviado.

Como controles se emplearon también 192 bloques por especie, preparados de madera sin tratar.

Además se utilizaron 3 bloques preservados, por tratamiento, y por especie para el cálculo de evaporación del preservativo. Estos bloques se guardaron en frascos sin ninguna contaminación.

La duración del ensayo fue de 8 semanas.

En el ensayo hubo las siguientes variaciones:

- Bloques sin impregnar (controles)
- Bloques tratados y lixiviados
- Bloques tratados, sin lixiviar

Antes de someterlos al ensayo todos los bloques fueron cuidadosamente ligados, primero con lija mediana N° 60, luego con lija fina (N° 100).

Los bloques tratados, sin lixiviar, se llevaron a un contenido de humedad cercano al 12 %, colocándolos en el cuarto climático a 26°C y 60% de humedad relativa. Se pesaron con precisión de un miligramo y luego se esterilizaron en un autoclave a $100 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 20 minutos, antes de colocarlos en los frascos inoculados.

Se emplearon tres bloques por tratamiento para determinar el contenido de humedad inicial y el peso seco al horno calculado, de cada uno de los bloques.

El lixiviado de los bloques destinados a esta prueba, se efectuó en forma similar a la utilizada por Butcher(1977), o sea colocándolos en agua nueve veces su volumen, la cual se cambió primero cada 24 horas y luego cada 48 horas, durante dos semanas. Estos bloques, una vez terminado el ciclo de lixiviado, se dejaron secar unas horas al aire y luego se colocaron en el horno a $50 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas.

Los hongos seleccionados para el ensayo fueron: Polyporus sanguineus, Polyporus versicolor y Lenzites trabea, de común ocurrencia en zonas tropicales y activos destructores de madera.

La preparación de cultivo y la inoculación de los frascos se hizo dos semanas antes de que los bloques estuvieran listos para el ensayo; como medio de cultivo se utilizó malta-agar y se colocaron separadores de vidrio, para evitar el contacto directo entre bloque y micelio del hongo.

Una vez completado el período de ocho semanas, en el cuarto con temperatura a $27^\circ\text{C} \pm 2$ y humedad relativa del 75 %, se sacaron los bloques de los frascos anotando las características que presentarán y luego se colocaron en el horno a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ durante 24 horas. Finalizado este término se pesaron con precisión de 1 miligramo y se efectuaron los



cálculos de pérdida de peso restando del original peso seco al horno calculado, el peso seco al horno final. Se descontó de esta cifra el peso por pérdida de preservativo por evaporación, calculado de los bloques destinados a este fin.

Finalmente se calculó la efectividad del preservativo según la fórmula propuesta por Leutritz y citada por Mc Quire (1962).

$$\text{Efectividad del preservativo} = \frac{(\% \text{ pérdida peso controles} - \% \text{ pérdida peso bloques trat})}{\% \text{ pérdida peso controles}}$$

X 100

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

3.2.4 Análisis estadístico

Con los resultados obtenidos en el ensayo para las variables retención y penetración, se efectuó el análisis de varianza, usando el experimento factorial. Además se calcularon las correlaciones con otras variables para conocer su importancia e influencia en el tratamiento por el método de doble difusión.

4. RESULTADOS

Los resultados de los cálculos de densidad de las especies estudiadas se indican en el Cuadro 3. Se incluyen las siguientes condiciones: densidad básica (peso seco al horno, dividido por volumen verde) y densidad seca del horno (peso seco al horno, dividido, por volumen seco - al horno).

Los datos generales de cada uno de los postes seleccionados para las determinaciones de retención y penetración se relacionan en los Cuadros 4 y 5.

En el total de postes del ensayo se encontraron los siguientes límites en los diámetros de las especies.

En melina: mínimo 7.1 cm y máximo 16.2 cm

En teca: mínimo 6.5 cm y máximo 13.2 cm

La médula en la melina es más bien pequeña (0.3 a 0.7 cm de lado) y es más conspicua en la teca (0.3 - 1.0 cm).

Cuadro 3. Densidades de las especies estudiadas

Especie	D E N S I D A D	
	Básica	Seca al horno
Melina	0.396	0.447
Teca	0.506	0.569

Cuadro 4

DATOS GENERALES DE LOS POSTES ANALIZADOS

Especie: TECA

Nº	Albura %	Diámetro (cm)	Absorc. líq.		Retención de sales **			Penetración*		Contenido Humedad (%)	Tratamiento Nº
			CuSO ₄ (g)	Na ₂ B ₄ O ₇ (g)	CuO (kg/m ³)	B ₂ O ₃ (kg/m ³)	Total (kg/m ³)	transv. (cm)	Long. (cm)		
1	30	8.65	140	405	0.680	6.150	6.830	1.48	71.50	77.74	1
2	20	7.65	205	430	0.410	3.700	4.110	1.37	90.00	67.17	1
3	20	8.55	120	315	0.570	5.220	5.790	1.42	70.00	79.64	2
4	20	10.45	130	790	0.380	5.680	6.060	1.61	92.00	73.98	2
5	30	12.00	100	315	0.621	3.273	3.894	1.48	84.50	73.41	3
6	20	6.90	200	785	0.820	5.070	5.890	1.21	90.50	58.23	3
7	10	9.85	130	260	0.790	7.480	8.270	1.17	100.00	83.17	4
8	10	7.90	105	510	1.190	8.020	9.210	1.41	97.50	96.76	4
9	30	7.00	155	170	0.490	4.710	5.200	1.17	92.00	65.87	5
10	10	9.10	210	325	0.770	8.410	9.180	1.24	97.50	87.23	5
11	10	8.70	190	345	0.498	5.750	6.248	1.18	92.00	88.47	6
12	15	8.95	170	300	0.910	7.540	8.450	1.38	97.50	81.99	6
13	20	8.30	200	475	0.740	7.590	8.330	1.61	90.00	72.74	7
14	15	8.90	145	515	0.620	6.990	7.610	1.49	92.50	73.64	7
15	20	11.30	400	400	0.750	11.330	12.080	1.40	90	85.00	8
16	10	8.85	165	255	0.419	5.630	6.049	1.08	100	83.59	8

* Determinada por colorimetría

** Determinada por análisis de absorción atómica

Licencia Creative Commons:
 Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Cuadro 35

DATOS GENERALES DE LOS POSTES ANALIZADOS

Especie: MELINA

Nº	Albura %	Diámetro (cm)	Absorción líquida		Retención de sales *			Penetración**		Contenido humedad (%)	Tratamiento Nº
			CuSO ₄ (g)	Na ₂ B ₄ O ₇ (g)	Cu O (kg/m ³)	B ₂ O ₃ (kg/m ³)	total (kg/m ³)	transv. (cm)	long. (cm)		
1	70	10.50	320	450	0.730	3.150	3.880	1.72	60.25	78.04	1
2	75	11.25	150	755	0.334	2.940	3.274	1.54	77.00	95.33	1
3	70	13.75	200	400	0.527	1.980	2.507	0.94	91.75	96.86	2
4	75	13.40	200	200	0.520	1.210	1.730	1.01	61.50	95.51	2
5	70	15.15	500	500	0.615	8.670	9.285	1.68	90.75	119.82	3
6	80	12.75	400	700	0.600	9.720	10.320	1.78	78.75	118.66	3
7	75	12.90	300	700	0.514	7.780	8.294	1.60	89.25	99.84	4
8	80	11.20	330	590	0.541	5.390	5.931	1.41	85.00	63.99	4
9	90	11.10	400	100	0.475	6.040	6.515	1.48	87.00	96.67	5
10	90	11.10	210	255	0.780	7.740	8.520	1.62	80.75	99.31	5
11	80	12.65	400	600	1.020	9.080	10.100	1.87	63.00	101.58	6
12	45	11.90	400	450	0.610	5.070	5.680	1.77	61.75	86.50	6
13	65	15.70	300	500	1.050	10.420	11.470	1.50	53.50	118.40	7
14	60	18.25	500	400	1.082	10.290	11.372	1.58	53.75	151.31	7
15	60	16.15	400	500	1.420	10.080	11.500	2.51	95.75	115.48	8
16	70	14.60	500	800	1.170	10.630	11.800	2.09	96.25	104.74	8

* Determinada por análisis de absorción atómica

** Determinada por colorimetría

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

El contenido de humedad de los postes de melina fluctuó entre 61, 21 y 151, 31 % y en teca entre 56, 23 y 96, 76 %.

En términos generales las absorciones líquidas fueron mayores en melina que en teca. La absorción de la segunda solución fue mayor que la de la primera, en las dos especies.

Al buscar una relación entre la retención de sales calculada a partir de la absorción líquida y la retención hallada por el análisis de absorción atómica se encontró que en melina la primera retención, a la cual podríamos llamar teórica fue un 39, 12% de la segunda o real. En teca el porcentaje de la retención teórica fue 59, 39% de la retención real. El promedio para las dos especies es de 49, 26%.

Los promedios por tratamiento del análisis de retención por espectrofotometría de absorción atómica y fotometría de llama, se indican en el Cuadro 6, para la teca y en el Cuadro 6-A para la melina. En el Anexo, Cuadros A-1 y A2, se incluyen los promedios para cada nivel en cada uno de los tratamientos.

Los resultados del análisis del agua del primer baño de lixiviado de los bloques tratados y destinados posteriormente a la prueba de exposición a basidiomicetos, se muestran en el Cuadro 7.

Cuadro 5 ANALISIS DE RETENCION POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA
 PROMEDIOS POR TRATAMIENTO
 Especie: TECA

Tratamiento	Cu p.p.m.	Cu %	CuO kg/m ³	B p.p.m.	B %	B ₂ O ₃ kg/m ³	Retención Total sales kg/m ³
1	755,67	0,075	0.545	2682,22	0,268	4,92	5,47
2	667,90	0,067	0,480	2968,39	0,297	5,45	5,93
3	1009,82	0,101	0,710	2272,90	0,227	4,16	4,87
4	1387,83	0,139	0,980	4223,66	0,422	7,75	8,73
5	883,74	0,088	0,630	3574,43	0,357	6,56	7,19
6	996,49	0,099	0,710	3619,92	0,362	6,64	7,35
7	955,49	0,095	0,680	4926,59	0,493	7,29	7,97
8	818,51	0,082	0,580	4621,48	0,462	8,48	9,06

Cuadro 5-A ANALISIS DE RETENCION POR ESPECTROFOTOMETRIA DE ABSORCION ATOMICA
 PROMEDIOS POR TRATAMIENTO
 Especie: MELINA

	Cu p.p.m.	Cu %	CuO kg/m ³	B p.p.m.	B %	B ₂ O ₃ kg/m ³	Retención Total sales kg/m ³
1	953,75	0,095	0,533	2114,53	0,211	3,04	3,573
2	934,71	0,093	0,523	1111,10	0,111	1,60	2,123
3	1088,41	0,109	0,608	6385,30	0,638	9,19	9,798
4	939,49	0,094	0,525	5519,91	0,552	6,59	7,115
5	1132,66	0,113	0,630	4789,00	0,479	6,90	7,530
6	1460,74	0,146	0,820	4117,58	0,412	7,07	7,890
7	1910,99	0,191	1,060	7244,63	0,724	10,43	11,490
8	2318,32	0,232	1,290	7195,99	0,719	10,35	11,640

Cuadro 7. Resultados del análisis por espectro-
fotometría de absorción atómica del agua del primer baño de lixiviado
de los bloques tratados

Tratamiento	Melina		Teca	
	Cu	B	Cu	B
	p. p. m.	p. p. m.	p. p. m.	p. p. m.
1	0.66	25.40	0.70	23.52
2	0.56	15.05	0.37	22.58
3	1.66	53.63	0.70	27.28
4	1.64	32.93	0.79	22.58
5	0.99	42.28	0.65	18.82
6	3.20	47.04	0.29	15.05
7	4.88	79.03	0.41	18.82
8	2.10	26.34	0.40	21.64

Puede observarse en el Cuadro que el mayor lixiviado de sales ocurrió en el tratamiento N° 7 de melina y en los tratamientos N° 3 y 4 de teca, que coinciden en ser los tratamientos con retenciones más altas.

En la figura 7, se comparan las retenciones de óxido de cobre por nivel de profundidad, en los cuatro primeros tratamientos, en teca, que corresponden a la primera concentración de sulfato de cobre al 6 % y en igual forma, en la Figura 8 se indican las retenciones para los tratamientos 5 al 8, que corresponden a la segunda concentración de sulfato de cobre al 8 %. El diámetro de los postes puede haber influido en la mayor retención de cobre en la primera concentración.

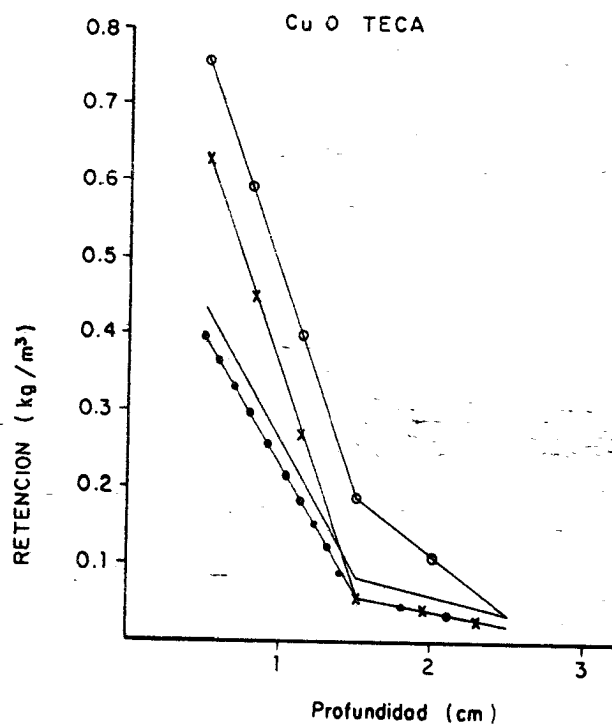


Fig. 7 Sulfato de cobre al 6%

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

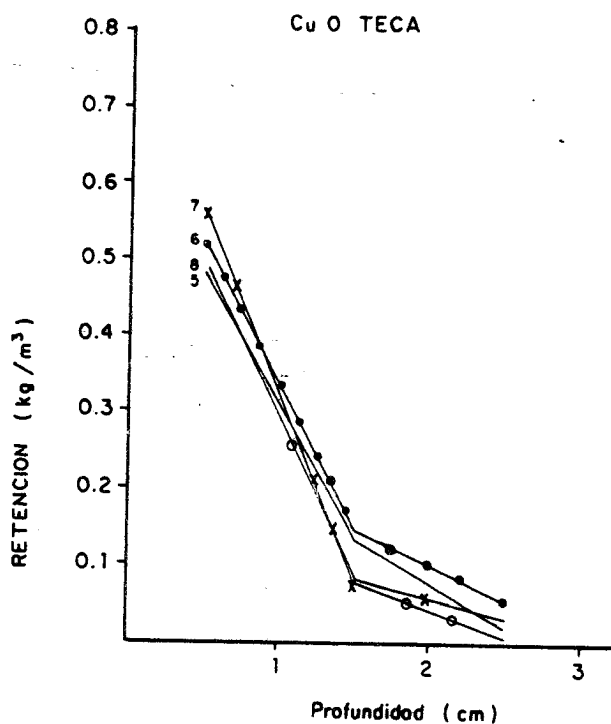


Fig. 8 Sulfato de cobre al 8%

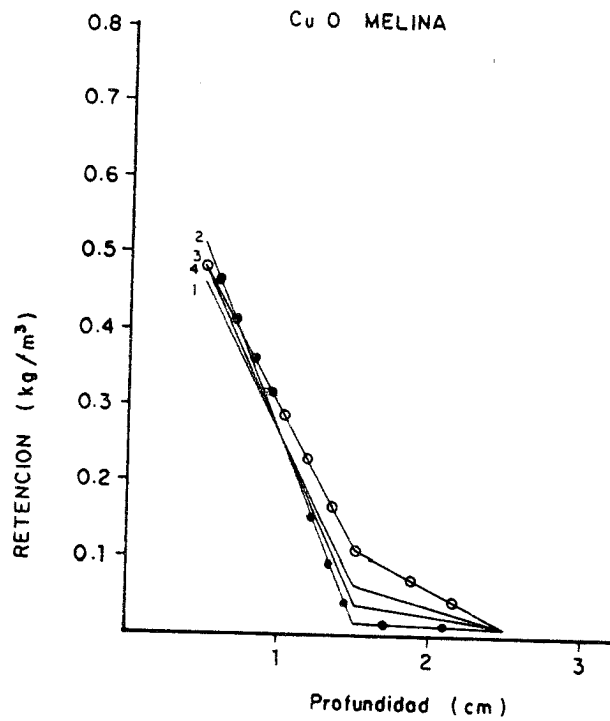


Fig. 9 Sulfato de cobre al 6%

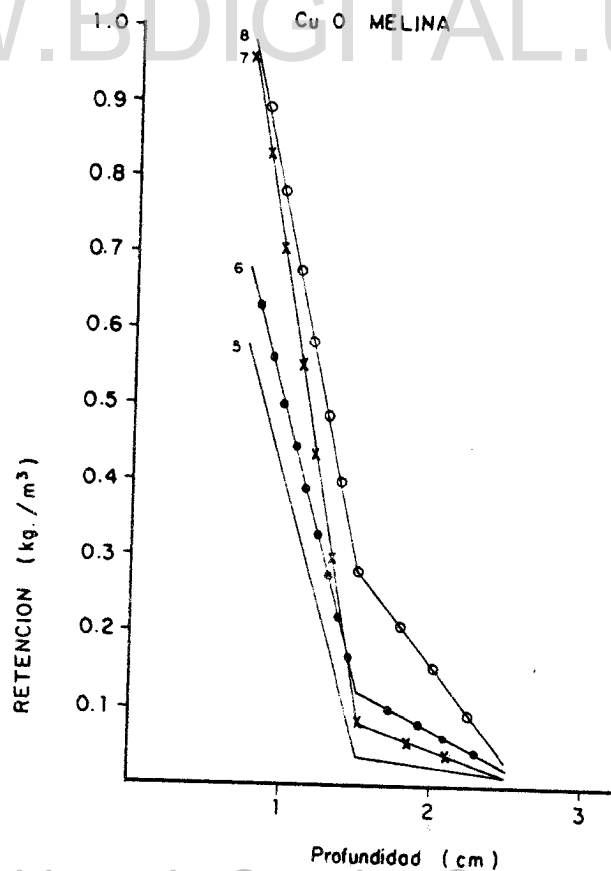


Fig. 10 Sulfato de cobre al 8%

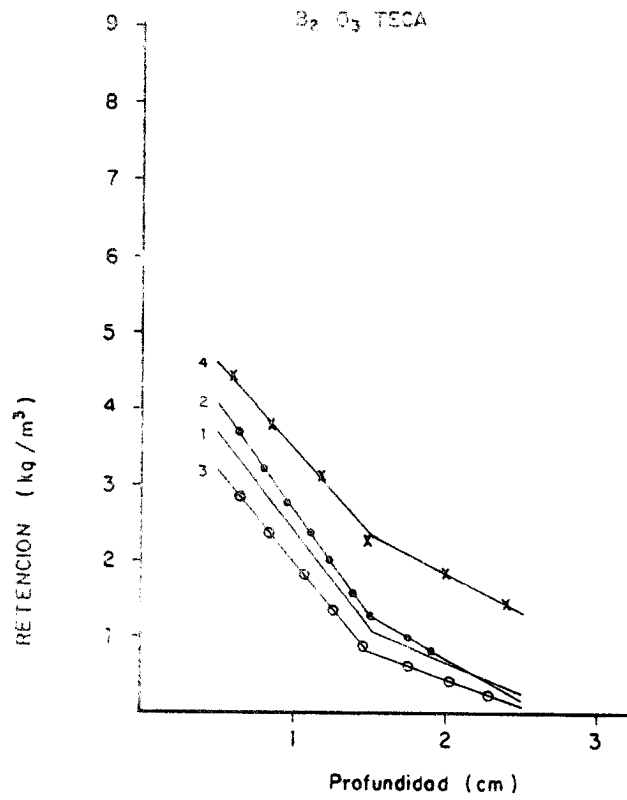


Fig. 11 Bórax al 7%

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

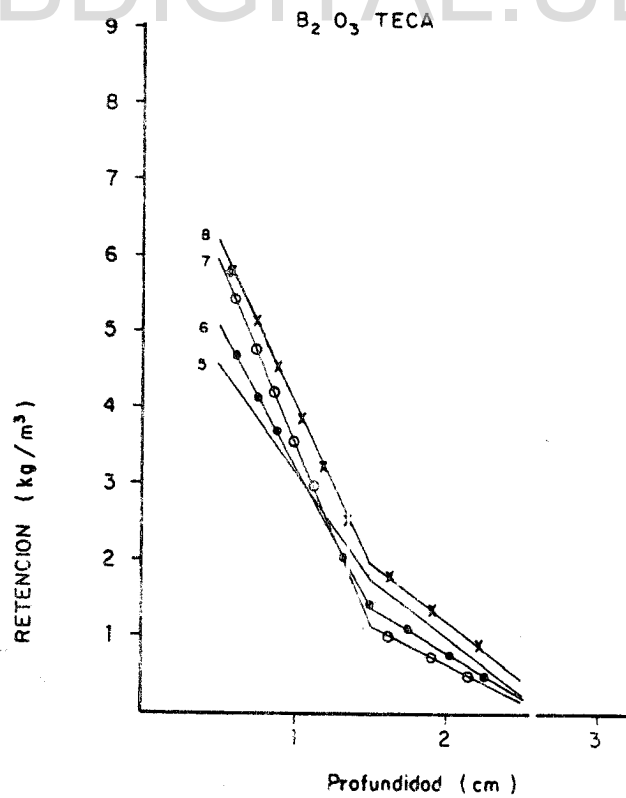


Fig. 12 Bórax al 9%

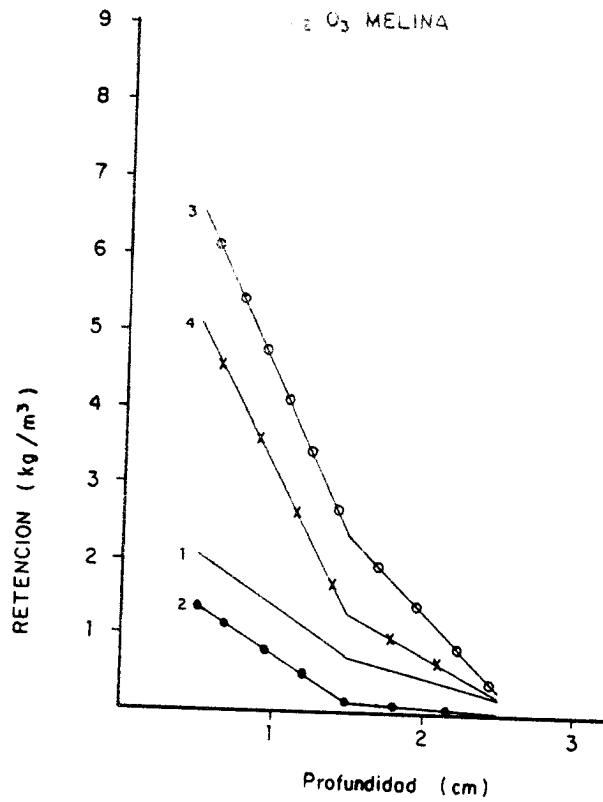


Fig. 13 Bórax al 7%

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

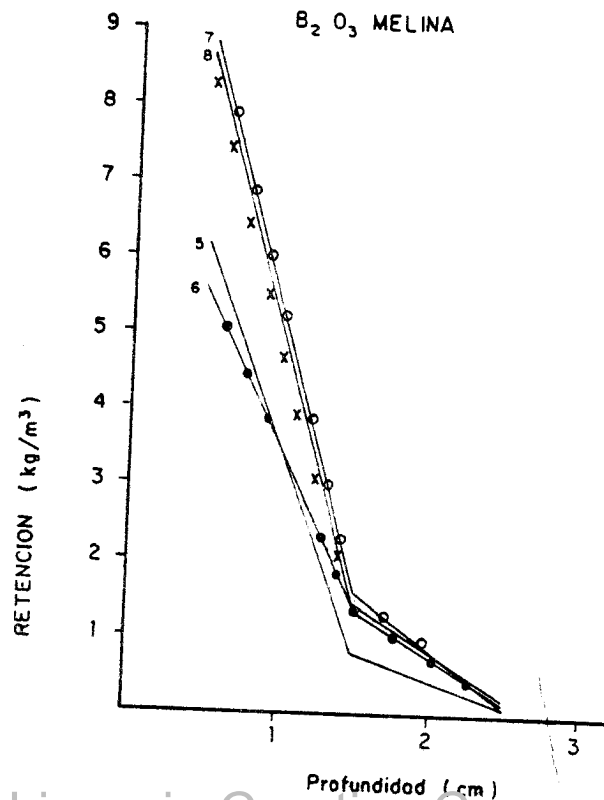


Fig. 14 Bórax al 9%

De similar forma se hacen estas comparaciones de retención de óxido de cobre en melina, en las figuras 9 y 10.

La retención de boro en teca, como óxido de boro, es comparada en las figuras 11 y 12, que corresponden respectivamente, a las dos concentraciones de bórax utilizadas en el ensayo, 7 y 9%. Estas mismas comparaciones para la especie melina, se muestran en las figuras 13 y 14.

La retención total de sales por grupos de tratamientos para cada concentración, es comparada en las figuras 15 y 16 para teca y 17 y 18 para melina.

En los histogramas de las figuras 19 y 20 se hacen las comparaciones de retención total de sales por tratamiento, para teca y melina respectivamente.

Las variaciones de retención a lo largo y alrededor de los postes, se muestran en las figuras 21 y 22, respectivamente. En estas figuras, cada punto representa el promedio de 12 valores. La penetración de preservativos, determinada por colorimetría, es tabulada en los Cuadros 8 y 8-A, para las dos especies estudiadas. Se anotan los promedios por tratamiento y por sal para las penetraciones transversal y longitudinal y promedios totales.

El análisis estadístico de los datos principales de los postes dió los coeficientes de correlación entre los diferentes parámetros, indicados en los Cuadros 9 y 9-A.

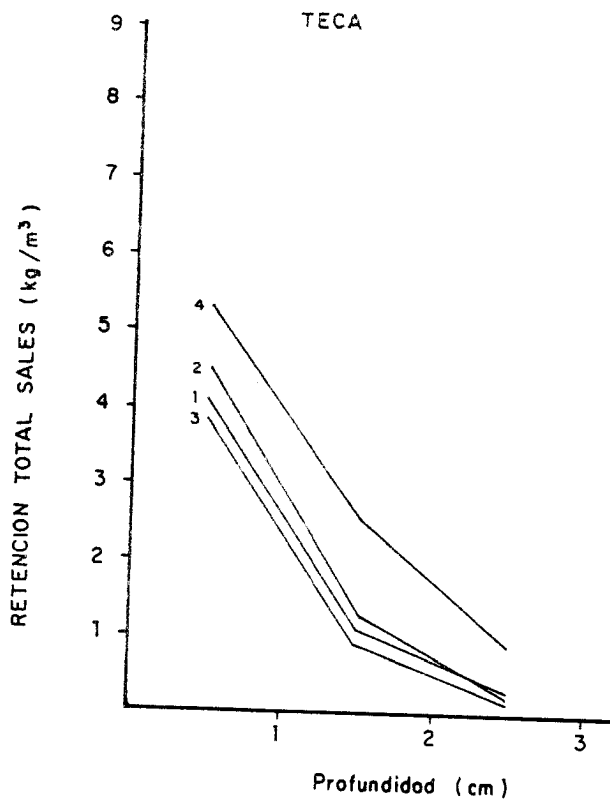
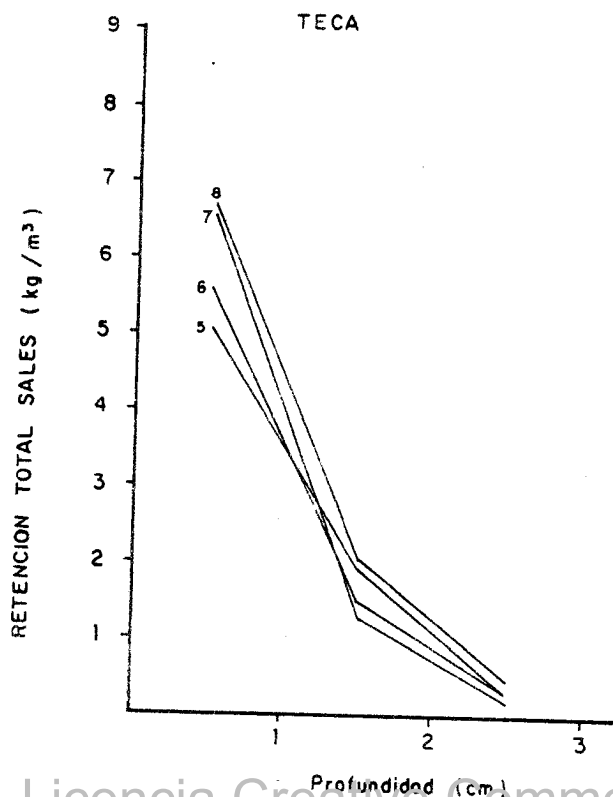


Fig. 15 Sulfato de cobre al 6% Bórax al 7%

WWW.BDIGITAL.ULA.VE



Licencia Creative Commons:
Fig. 16 Sulfato de cobre al 8% Bórax al 9%

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

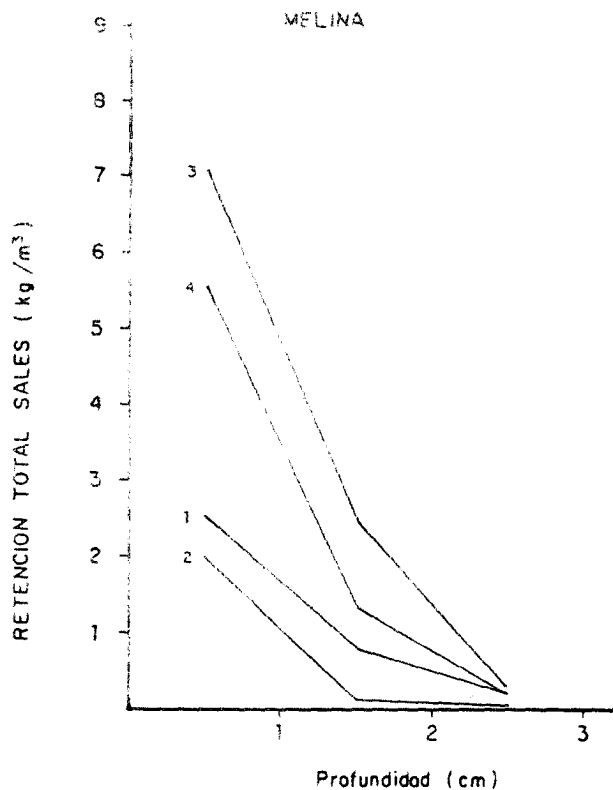


Fig. 17 Sulfato de cobre al 6% Bórox al 7%

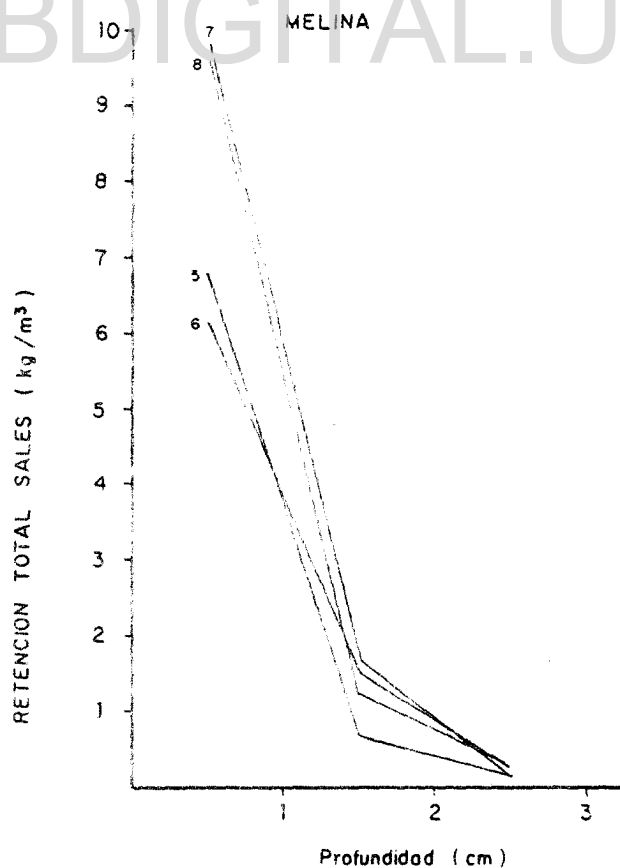


Fig. 18 Sulfato de cobre al 8% Bórox al 9%

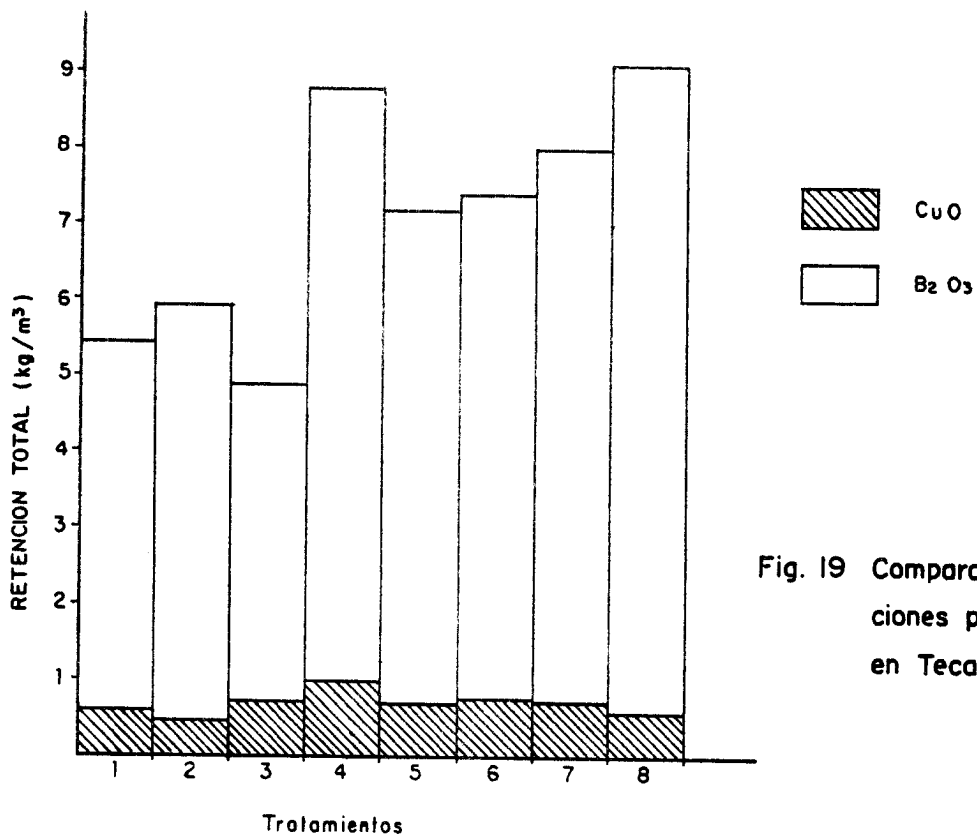


Fig. 19 Comparación de Reten - ciones por Tratamiento en Teca.

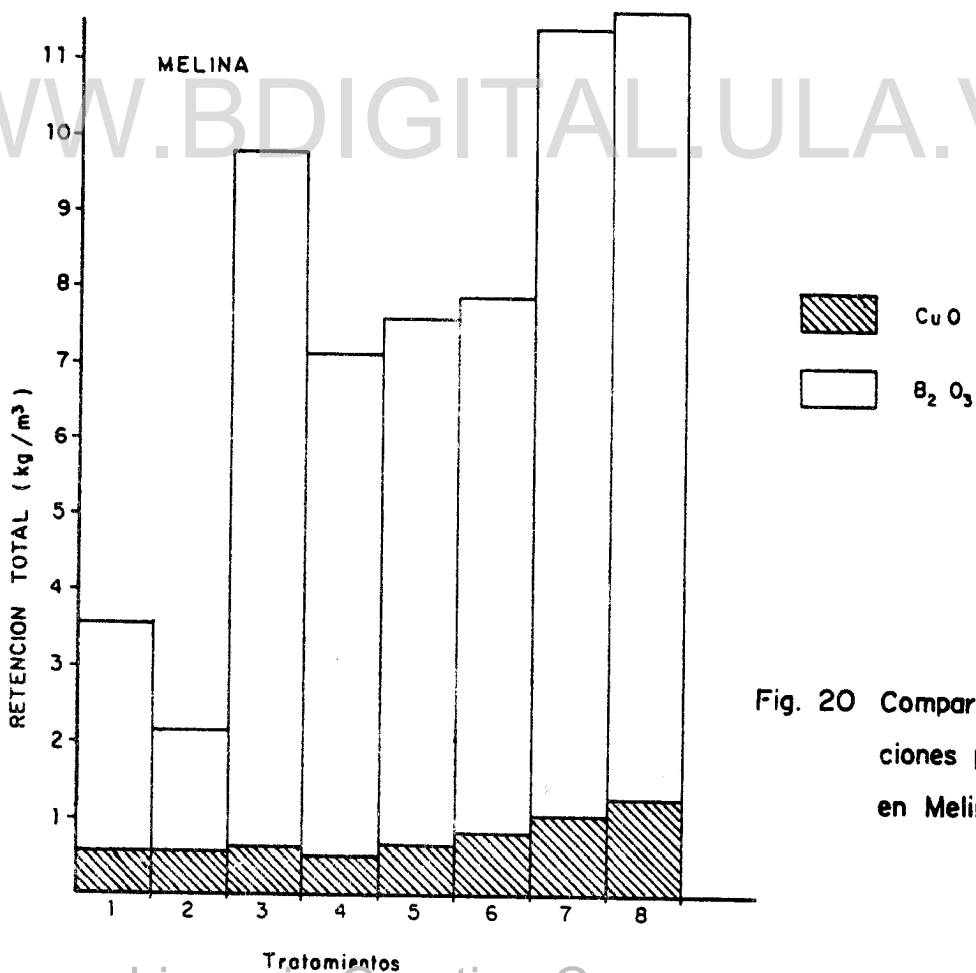


Fig. 20 Comparación de Reten - ciones por Tratamiento en Melina.

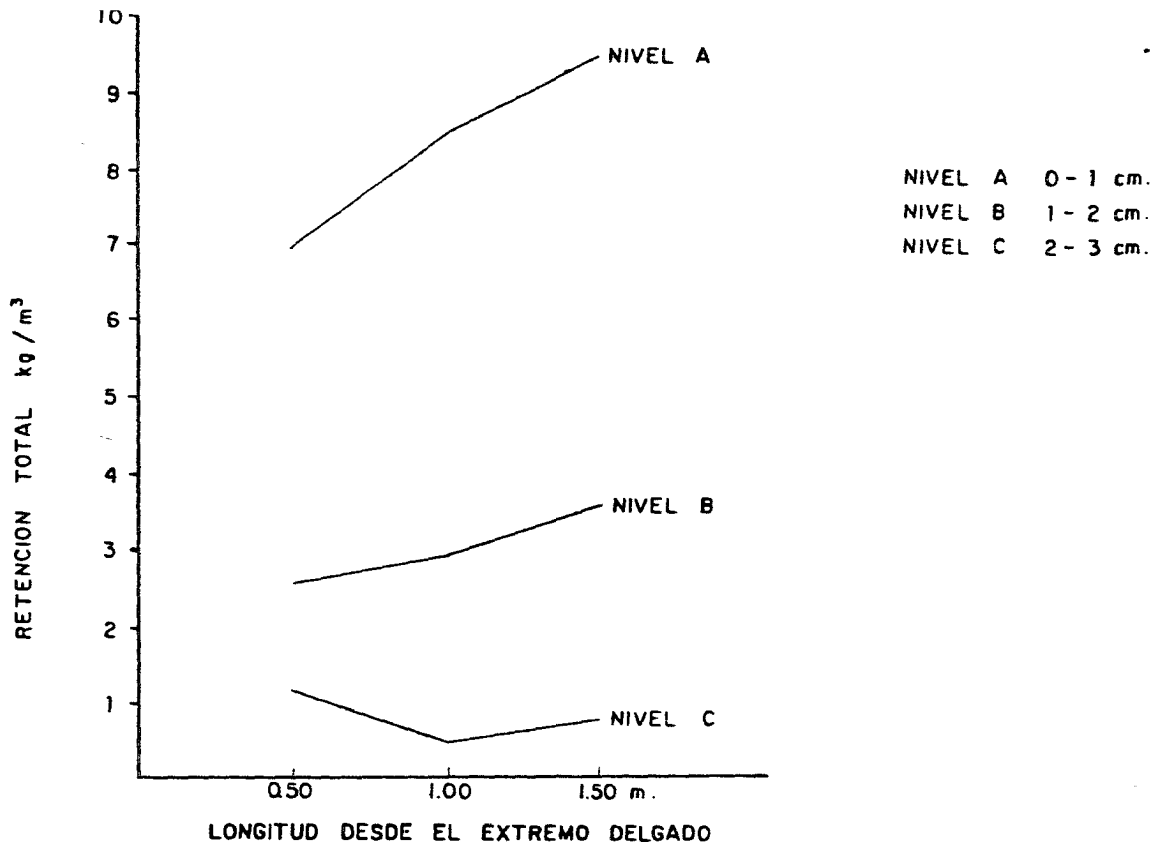


Fig. 21 Variaciones de retención a lo largo del poste en teca.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

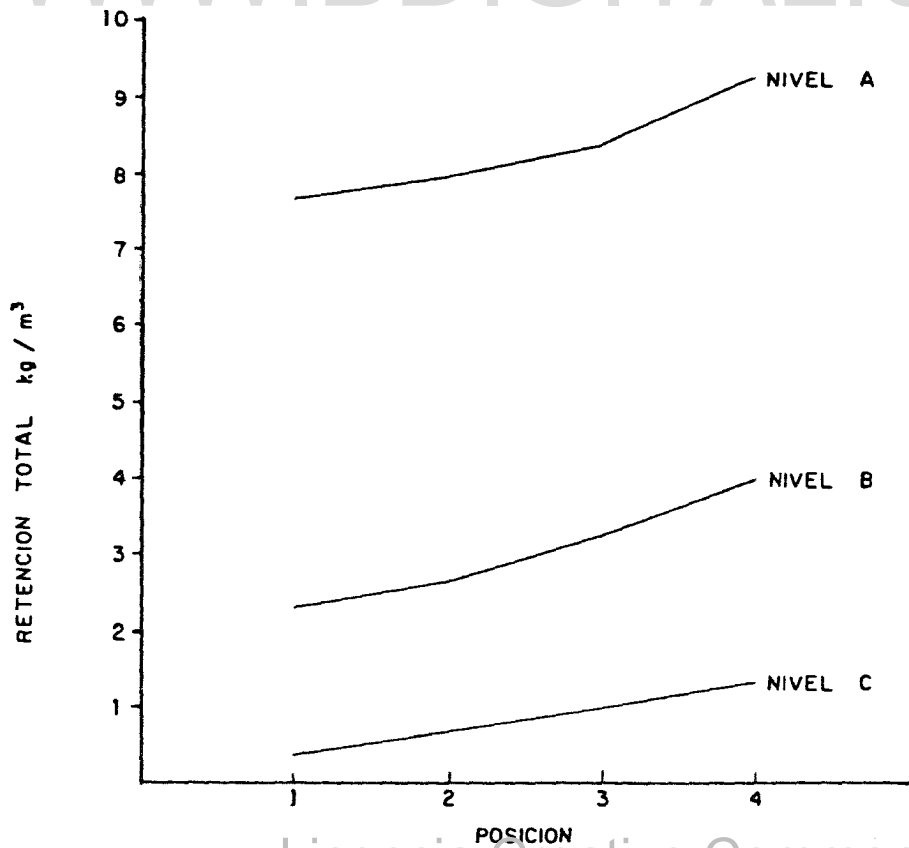


Fig. 21-A Variaciones de retención alrededor del poste en teca.

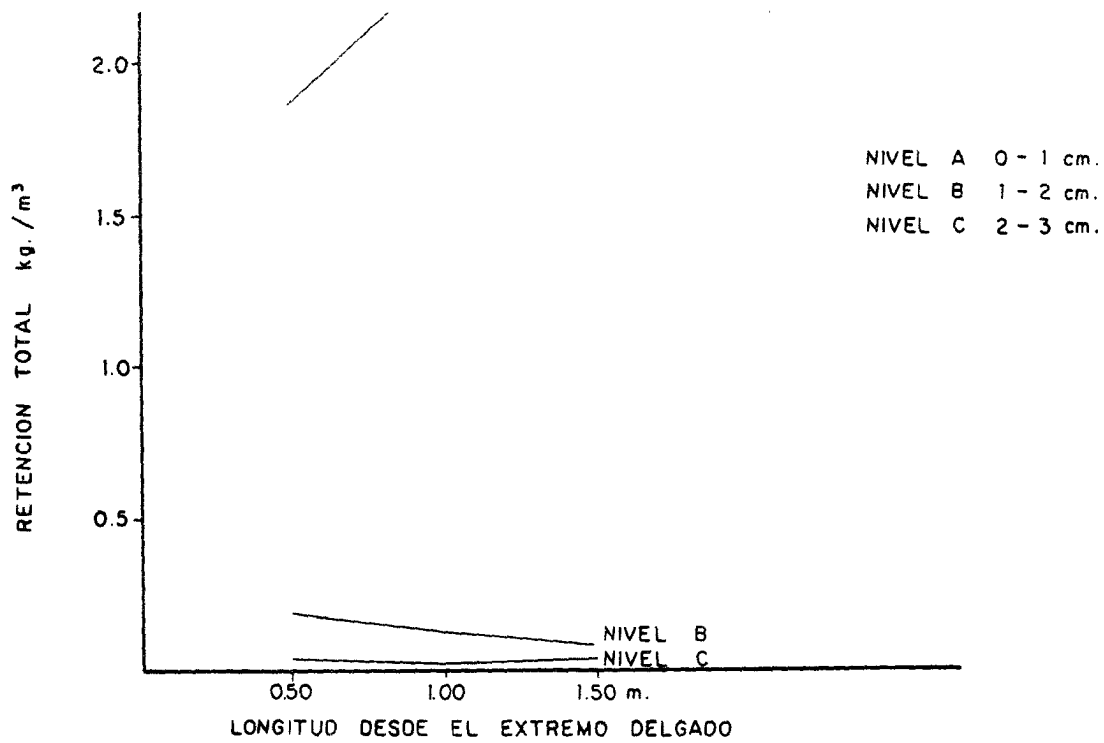


Fig. 22 Variaciones de retención a lo largo del poste en melina.

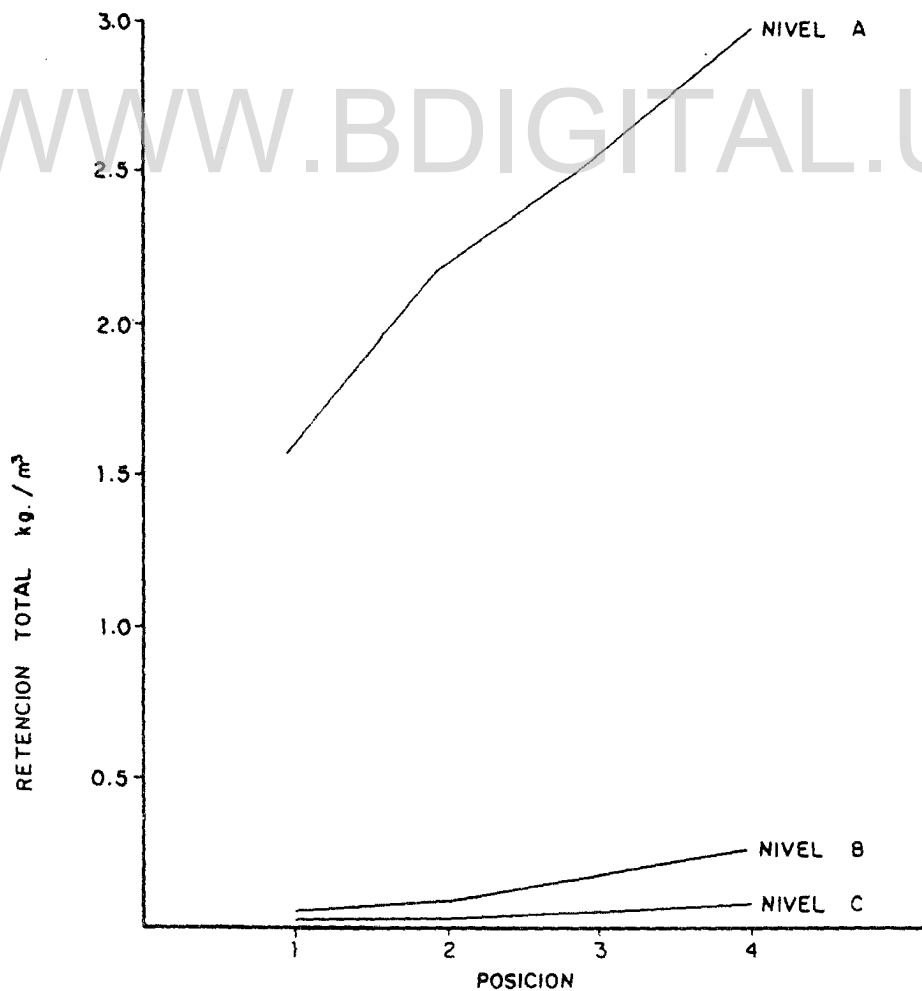


Fig. 22 - A Variaciones de retención alrededor del poste en melina.

Cuadro 8

PENETRACION DE PRESERVATIVOS (DETERMINADA POR COLORIMETRIA)

Especie: TECA Dimensión: Cm.

Tratamiento	Transversal			Longitudinal		
	Cobre	Boro	Promedio	Cobre	Boro	Promedio
1	1.545	1.315	1.430	82.5	79.0	80.75
2	1.785	1.250	1.517	67.0	95.0	81.00
3	1.375	1.315	1.345	82.5	92.5	87.50
4	1.425	1.165	1.295	97.5	100.0	98.75
5	1.365	1.050	1.207	94.5	95.0	94.75
6	1.485	1.085	1.285	89.5	100.0	94.75
7	1.700	1.405	1.552	90.0	92.5	91.25
8	1.615	1.130	1.372	95.0	90.0	92.50

Cuadro 8-A

PENETRACION DE PRESERVATIVOS (DETERMINADA POR COLORIMETRIA)

Especie: MELINA Dimensión: Cm.

Tratamiento	Transversal			Longitudinal		
	Cobre	Boro	Promedio	Cobre	Boro	Promedio
1	1.785	1.485	1.635	73.25	64.00	68.625
2	1.285	0.660	0.972	67.25	86.00	76.625
3	1.725	1.740	1.732	87.00	82.50	84.750
4	1.395	1.615	1.505	81.75	92.50	87.120
5	1.710	1.395	1.552	71.25	96.50	83.875
6	1.835	1.810	1.822	75.00	49.25	62.125
7	1.680	1.400	1.540	97.25	10.00	53.625
8	2.485	2.120	2.302	98.25	93.75	96.000

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Cuadro 9. Coeficientes de correlación entre las variables de la especie teca.

n = 16

Variable	Diámetro	Contenido Humedad	Retención	Penetración
Diámetro	1.00	0.23	0.44	0.32
C. Humedad	0.23	1.00	0.59	0.12
Retención	0.44	0.59	1.00	0.19
Penetración	0.32	0.12	0.19	1.00

Cuadro 9-A. Coeficientes de correlación entre las variables de la especie melina.

n = 16

Variable	Diámetro	Contenido Humedad	Retención	Penetración
Diámetro	1.00	0.84	0.59	0.21
C. Humedad	0.84	1.00	0.64	0.23
Retención	0.59	0.64	1.00	0.69
Penetración	0.21	0.23	0.69	1.00

El análisis de varianza para las variables retención y penetración arrojó los resultados que se resumen en el Cuadro 10. Mayores detalles pueden verse en el anexo.

Cuadro 10 Resumen del análisis de varianza

	RETENCION		PENETRACION	
	Teca	Melina	Teca	Melina
Valor de F	1.07	12.04	1.53	14.75
R cuadrado	0.48	0.91	0.57	0.93
Coefficiente de variación	29.54	18.31	10.75	8.34
Media	7.075	7.635	1.35	1.63
Desviación standard.	2.09	1.398	0.14	0.14

teniendo en cuenta que en el análisis resultaron altamente significativos los valores de F para las variables concentración y horario, en la especie melina, se utilizaron los cálculos de las regresiones para efectuar comparaciones gráficas de las interacciones, incluida la variable difusión, las cuales pueden observarse en las Figuras 23 y 24. Para el contraste se realizan las mismas comparaciones en la especie teca, según las figuras 25 y 26.

En el Cuadro 11 se hace un resumen de las regresiones múltiples que se calcularon para las variables retención y penetración.

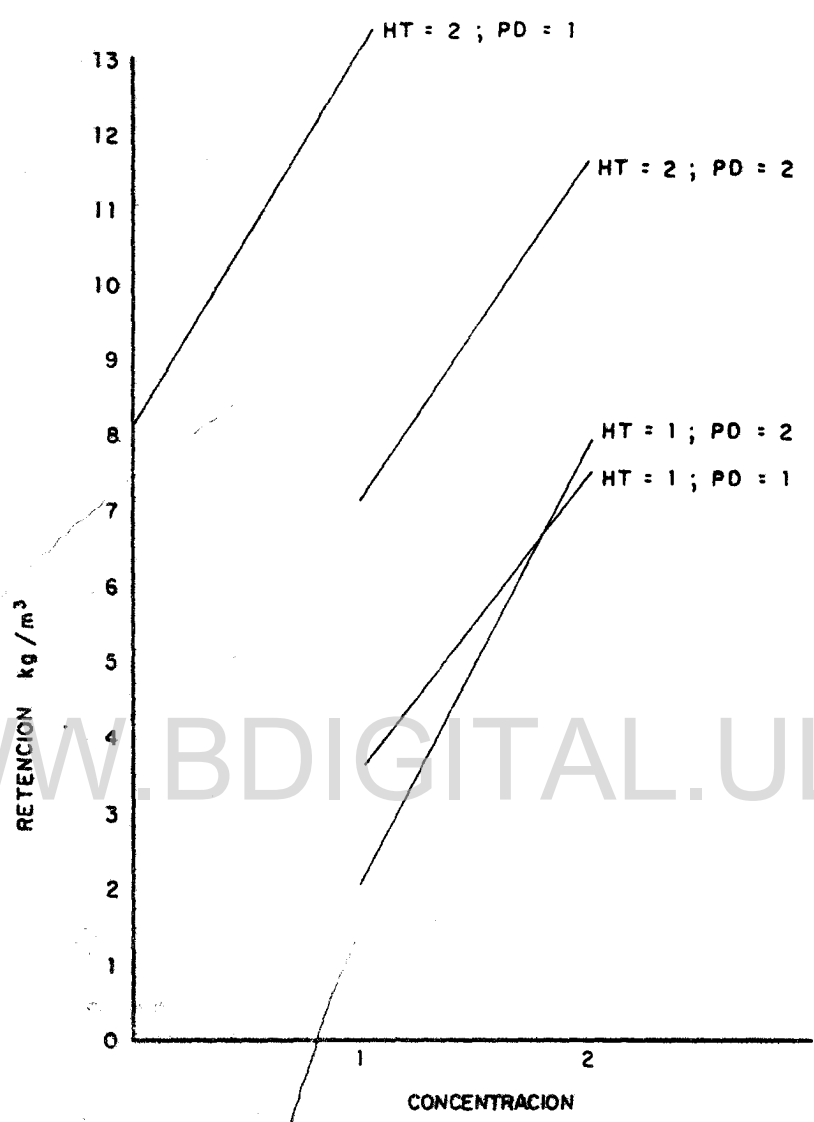


Fig. 23 Retención en función de concentración en Grœfina arborea.

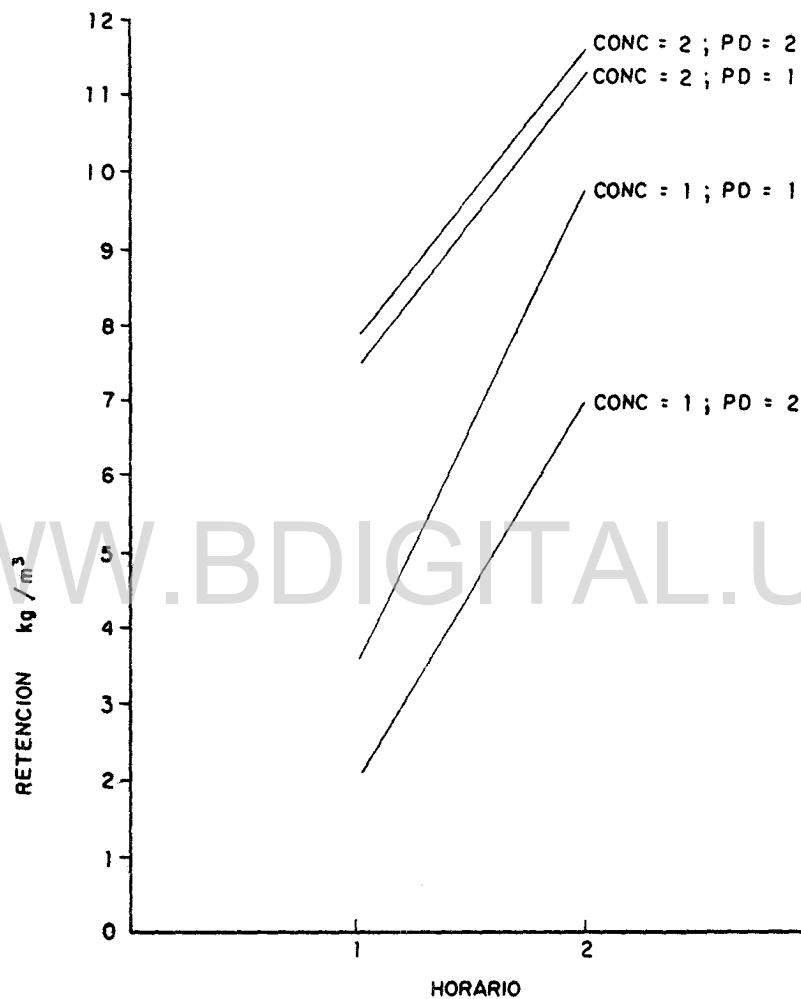


Fig. 24 Retención en función de horario en Gmelina arborea.

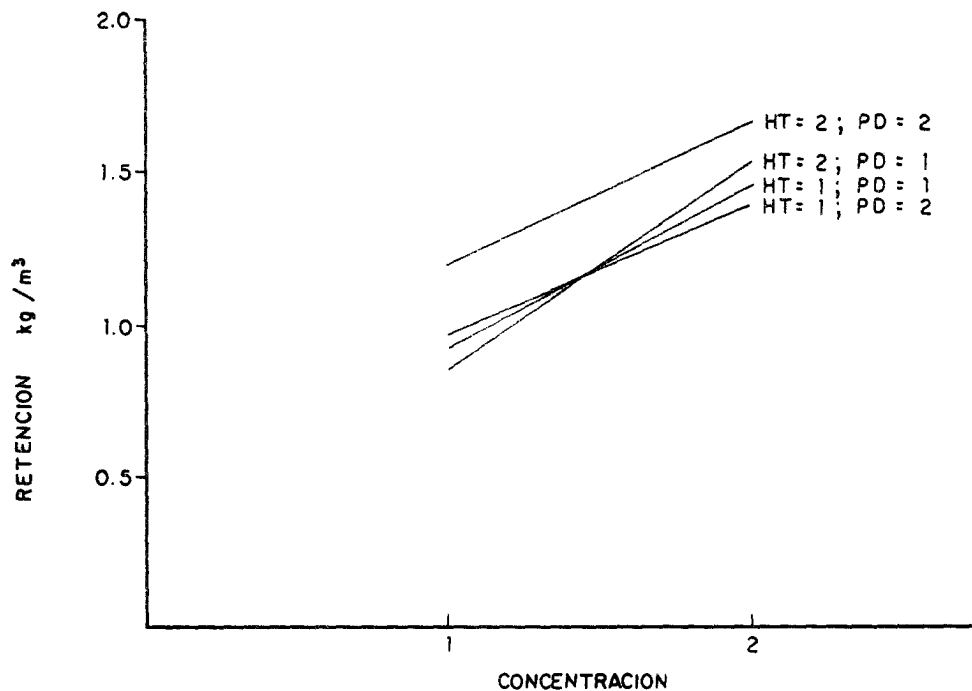


Fig. 25 Retención en función de concentración en Tectona grandis.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

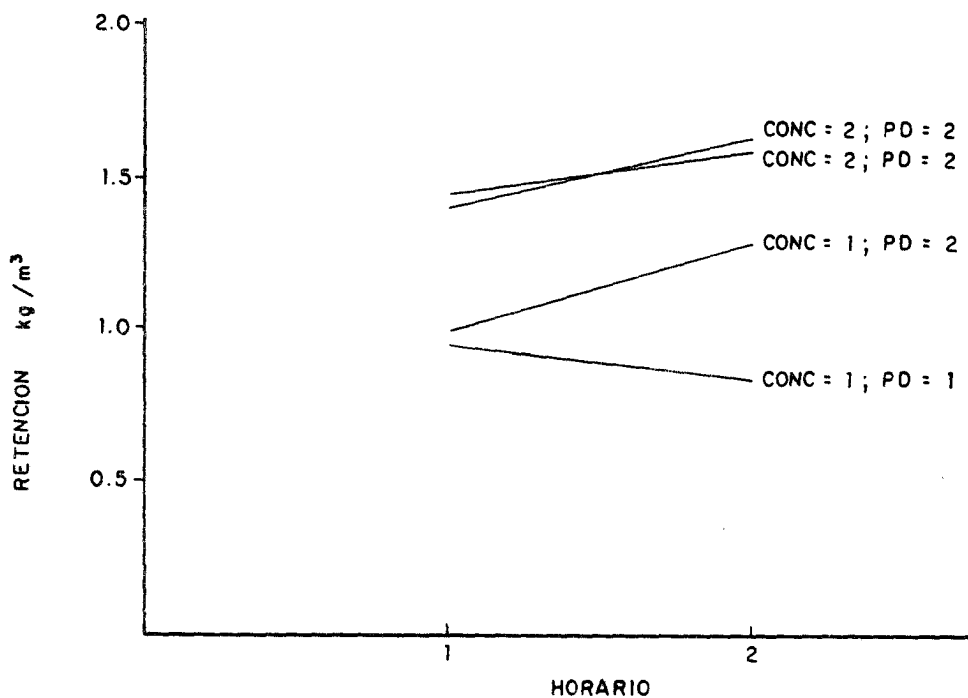


Fig. 26 Retención en función de horario en Tectona grandis.

Licencia Creative Commons:
 Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
 (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Cuadro 11 Resumen de las regresiones calculadas

- Variable	COEFICIENTES			
	RETENCION *		PENETRACION **	
	Teca	Melina	Teca	Melina
Intersección	1.079.5	-7965.0	214.0	345.0
Concentración	180.5 ,	5532.5	- 87.0	- 83.5
Horario	- 779.5	10880.0	- 60.0	-16.0
Difusión	- 510.5	- 995.0	1.0	- 195.0
Conc. X horario	382.0	- 3417.5	66.5	- 17.0
Conc. X difusión	216.5	735.0	22.5	86.5
Horario X difus.	585.5	- 2327.5	9.5	37.0
Cone X horar. X difus	-246.0	1092.5	-2 4.0	6.0

* Calculada por espectrofotometría de absorción atómica

** Determinada por colorimetría

NOTA: Los valores de retención y penetración se suministraron a la computadora en gramos y décimas de milímetro, respectivamente.

Los resultados del ensayo de exposición a los hongos Polyporus sanguineus, Polyporus versicolor y Lenzites trabea se muestran en los Cuadros 12 y 12 -A. La eficiencia del preservativo se da en porcentaje.

La pérdida de peso de los bloques de control, base para el cálculo de la eficiencia del preservativo, se indica en los Cuadros 13 y 13-A.

Tratamiento Nº	Retención Kg/m ³	Hongo	Sin Lixiviar			Lixiviados		
			Pérdida de peso %	Eficiencia Preservat.	Condiciones de los bloq.	Pérdida de peso%	Eficiencia preservat.	Condic. de los bloq.
1	5.47	P. sanguineus	0,13	97,93	Limpios	0,37	94,27	Tenué micel.
		P. versicolor	0,61	91,80	Limpios	1,71	78,05	Vestigios
		L. trabea	0	100,00	Limpios	0,47	75,13	Vestigios
2	5.93	P. sanguineus	0,27	95,70	Tenué micel.	0	100%	Limpios
		P. versicolor	0,56	92,47	Tenué micel.	0,18	97,69	Limpios
		L. trabea	0	100%	Limpios	0	100%	Limpios
3	4.87	P. sanguineus	1,37	78,22	Tenué micel.	0,39	93,96	Limpios
		P. versicolor	0,40	94,62	Vestigio	0,53	93,20	Limpios
		L. trabea	0,12	96,55	Limpios	0,74	60,85	Limpios
4	8.73	P. sanguineus	0,48	92,37	Limpios	0,14	97,83	Vestigios
		P. versicolor	0,72	90,32	Limpios	0,49	93,71	Tenué micel.
		L. trabea	0,17	95,11	Limpios	0,21	88,89	Vestigios
5	7.19	P. sanguineus	1,54	75,52	Tenué micel.	0,14	97,83	Vestigios
		P. versicolor	0,73	90,19	Limpios	0,12	98,46	Vestigios
		L. trabea	0,31	91,09	Limpios	0,28	85,18	Vestigios
6	7.35	P. sanguineus	0,67	89,35	Limpios	0,05	99,23	Vestigios
		P. versicolor	0,61	91,80	Vestigios	0,01	99,87	Vestigios
		L. trabea	1,1	68,39	Limpios	0,14	92,59	Vestigios
7	7.97	P. sanguineus	0,60	90,30	Vestigios	0,50	92,26	Tenué micel.
		P. versicolor	0	100,00	Limpios	0,49	93,71	Vestigios
		L. trabea	0	100,00	Limpios	0,36	80,95	Limpios
8	9.06	P. sanguineus	0	100,00	Vestigios	0,05	99,23	Limpios
		P. versicolor	0	100,00	Limpios	0,04	99,49	Limpios
		L. trabea	0	100,00	Limpios	0	100%	Limpios

NOTA: Se descontó pérdida de peso por evaporación del preservativo.

Cuadro #2 -A EVALUACION DE RESULTADOS DEL TEST DE EXPOSICION A BASIDIOMICETOS Especie: MELINA

Tratm. Nº	Retención kg/m ³	Hongo	SIN LIXIVIAR			LIXIVIADOS		
			Pérdida de peso %	Eficiencia del presv.	Condiciones de los bloq.	Pérdida de peso %	Eficiencia preservat.	Condiciones de los bloq.
1	3,573	P. sanguineus	0,45	97,21	Limpios	3,06	77,89	Cubiertos
		P. versicolor	1,92	88,81	Limpios	2,58	78,92	Lig. cubrim.
		L. trabea	1,02	91,81	Limpios	1,28	92,89	Lig. cubrim.
2	2,123	P. sanguineus	0,86	94,66	Lig. micel.	0,74	94,65	Vestig. mic.
		P. versicolor	2,91	83,04	Lig. micel.	6,915	43,50	Tenue micel.
		Lenzites	3,61	71,03	Lig. micel.	0,66	96,33	Vestig. mic.
3	9,733	P. sanguineus	0	100,00	Vestig. mic.	0,18	98,70	Vestig. mic.
		P. versicolor	0,44	97,43	Limpios	1,80	85,29	Vestig. mic.
		Lenzites	0	100,00	Limpios	0,44	97,56	Limpios
4	7,115	P. sanguineus	0	100,00	Lig. micel.	0	100,00	Tenue micel.
		P. versicolor	1,25	92,71	Limpios	0,28	97,71	Tenue micel.
		Lenzites	0	100,00	Limpios	0	100,00	Tenue micel.
5	7,530	P. sanguineus	0	100,00	Limpios	0,03	93,78	Limpios
		P. versicolor	1,11	93,53	Limpios	0,06	99,51	Limpios
		Lenzites	0	100,00	Limpios	0,09	99,50	Limpios
6	7,890	P. sanguineus	0,86	94,66	Limpios	0	100,00	Limpios
		P. versicolor	0	100,00	Limpios	0,13	98,94	Limpios
		Lenzites	0	100,00	Limpios	0,02	99,89	Vestig. mic.
7	11,490	P. sanguineus	1,735	89,23	Limpios	0,61	95,59	Vestg. mic.
		P. versicolor	0,225	98,69	Limpios	0,35	97,19	Limpios
		Lenzites	0,11	99,12	Limpios	1,02	94,34	Vestg. mic.
8	11,640	P. sanguineus	0	100%	Limpios	1,02	92,63	Tenue micel.
		P. versicolor	0	100%	Limpios	0	100,00	Limpios
		Lenzites	0	100%	Limpios	0,48	97,33	Limpios

NOTA: Se descontó pérdida de peso por evaporación del preservativo.

Cuadro 13 PERDIDA DE PESO PROMEDIO DE LOS BLOQUES DE CONTROL DE MELINA EN EL TEST DE EXPOSICION A BASIDIOMICETOS

Hongo	Sin lixiviar		Lixiviados	
	% pérdida peso	Condiciones de los bloq.	% pérdida peso	Condiciones de los bloq.
Polyporus sanguineus	16.11	cubrimien.total	13.84	Cubrim. total
Polyporus versicolor	17.16	total y ablandam.	12.24	Cubrim.yAblan.
Lenzites trabea	12.46	Abland. y griest.	18.01	Ablan.y griet
Promedio	15.24		14.70	

Cuadro 13- A PERDIDA DE PESO PROMEDIO DE LOS BLOQUES DE CONTROL DE TECA EN EL TEST DE EXPOSICION A BASIDIOMICETOS

Hongo	Sin lixiviar		Lixiviados	
	% pérdida peso	Condiciones de los bloq.	% pérdida Peso	Condiciones de los bloq.
Polyporus sanguineus	6.29	Cubrim.total	6.46	Cubrim.total
Polyporus versicolor	7.44	Cubrim.Parc.	7.79	Cub. y ablan.
Lenzites trabea	3.48	Ligero micelio	1.89	Lig. micelio
Promedio	5.74		5.38	

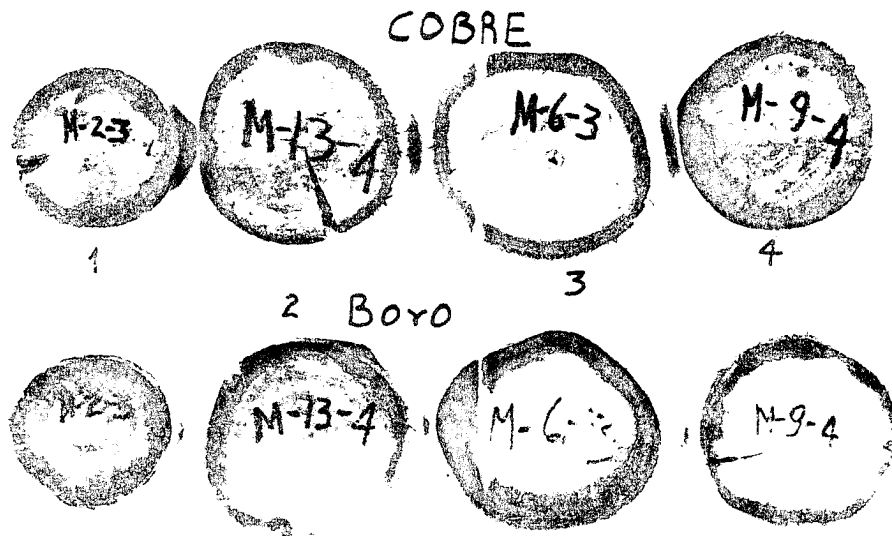


Figura 27.- Penetración transversal de preservativos en los primeros cuatro tratamientos, en melina.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

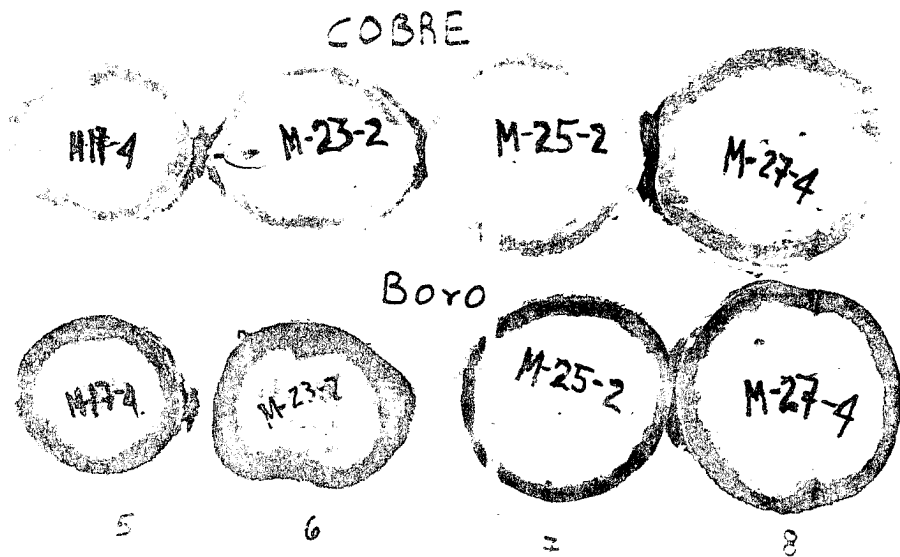


Figura 28.- Penetración transversal de preservativos en los últimos cuatro tratamientos, en melina.

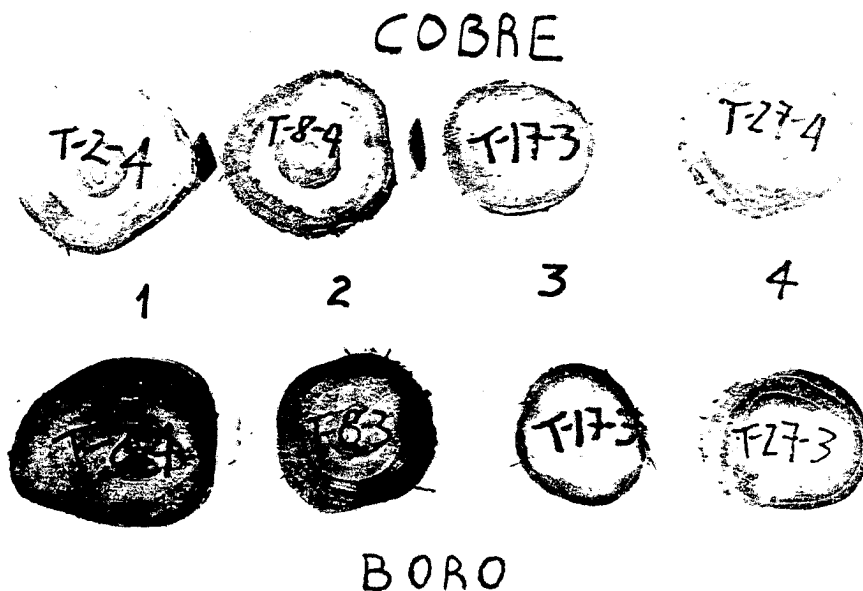


Figura 29.- Penetración transversal de preservativos en los primeros cuatro tratamientos, en teca.

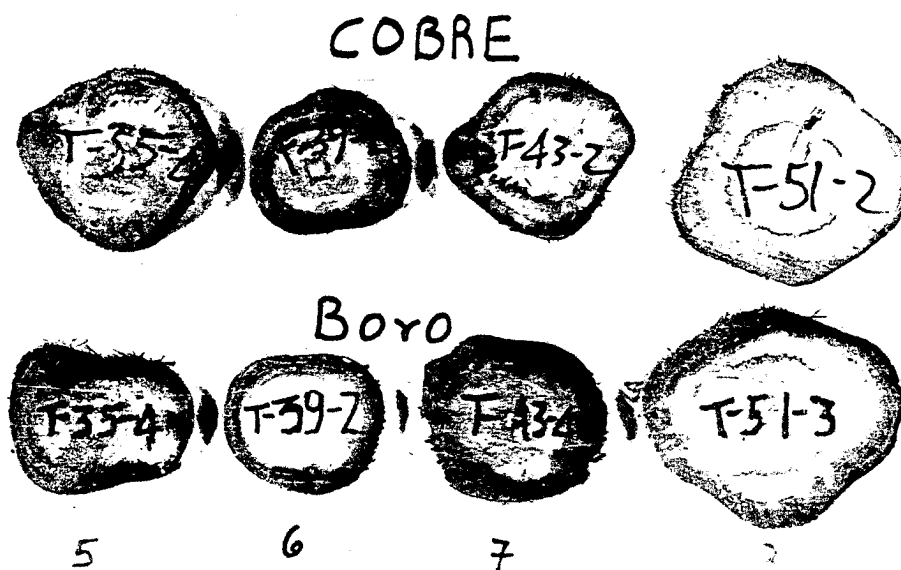


Figura 30.- Penetración transversal de preservativos en los últimos cuatro tratamientos, en teca.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)



WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Figuras 31-32. Penetración longitudinal de los preservativos en la teca.



Boro

T-10-4

COBRE

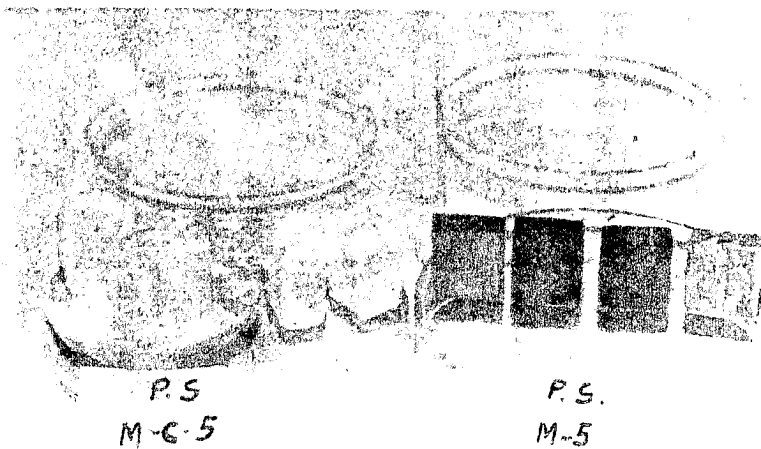


Figura 33.- Contraste entre los bloques de control y los bloques del tratamiento 5 de melina, expuestos al hongo Polyporus sanguineus.

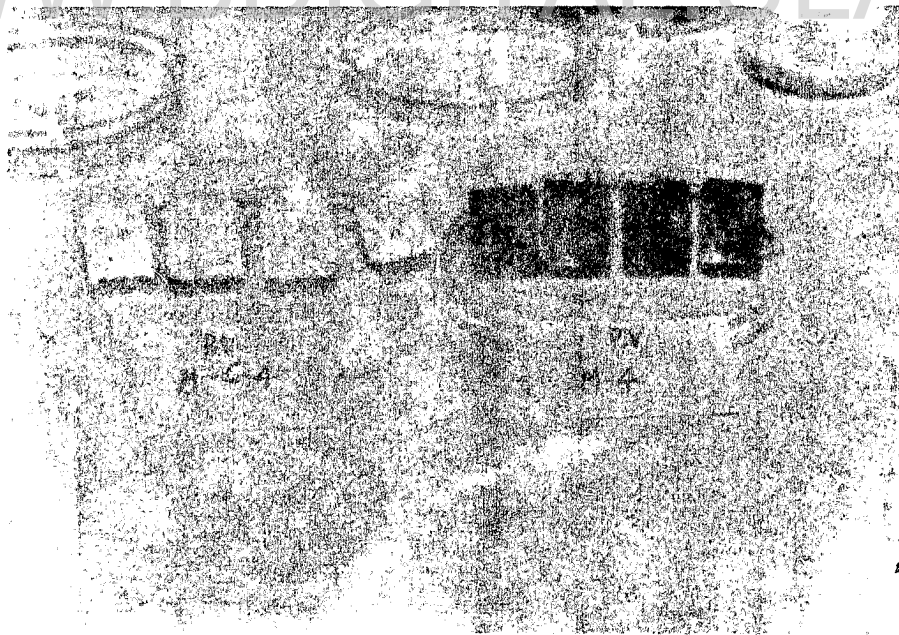


Figura 34.- Contraste entre los bloques de control y los bloques del tratamiento 4 de melina expuestos al hongo Polyporus versicolor.

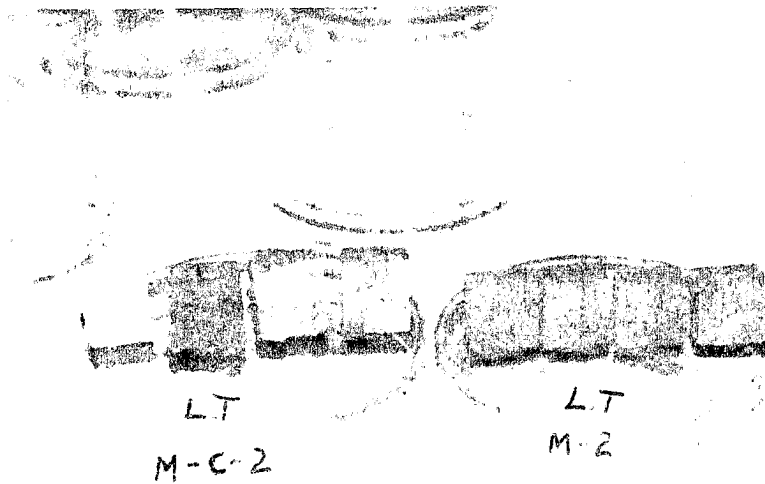


Figura 35.- Contraste entre los bloques de control y los bloques del tratamiento 2 de melina expuestos al hongo Lenzites trabea.

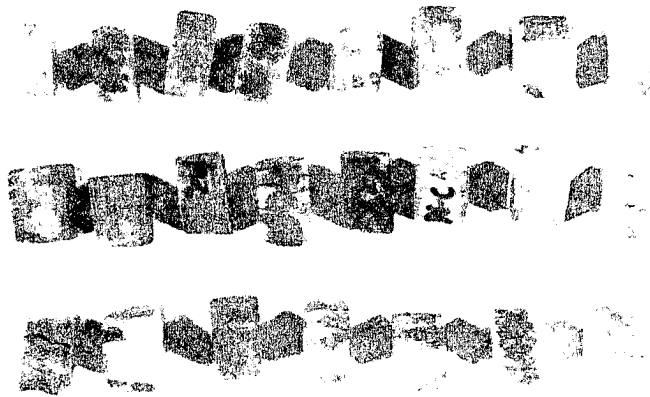


Figura 36. Grietas en la base de los bloques de control atacados por Lenzites trabea.

5. DISCUSION

El análisis de los resultados alcanzados y del procedimiento utilizado, lleva a las siguientes consideraciones: El sistema de control de la densidad de las soluciones parece no ser tan sensitivo ni tan acertado como podría desearse. Algunas veces, en vez de disminuir la concentración de las soluciones, aumenta, de acuerdo con la lectura del hidrómetro. Esto posiblemente se debe al aporte de los extractivos que salen de la madera. Es más notorio en la segunda solución por el incremento en la temperatura de la misma. El pH de las soluciones, por otra parte, se altera fácilmente, disminuyendo en el sulfato de cobre del 4.2 inicial hasta 3.3 al final del tratamiento; el bórax disminuye de 9.3 a 9.2, lo cual indica una condición ácida de la madera.

La presencia de nudos grandes afecta la penetración de preservativos, especialmente cuando son nudos duros, totalmente integrados al resto de la madera. Los nudos sueltos, por el contrario facilitan la penetración transversal, pero los dos tipos de nudos interfieren en la penetración longitudinal, más aún cuando llegan casi hasta la médula y tienen una contraparte en el lado opuesto del poste. Es más frecuente la presencia y abundancia de nudos en la teca que en la melina.

En la penetración pueden tener mucha importancia el tamaño y la naturaleza de la médula. Una médula medianamente grande y blanda, favorece la penetración longitudinal del preservativo y contribuye posteriormente a la distribución del mismo de adentro hacia afuera en sentido transversal, llegando a alcanzar en algunos casos una penetración total o casi total. Este caso se presentó en buena parte de los postes de teca y en algunos de melina.

Del análisis de los Cuadros 4, 5, 6 y 6-A, puede deducirse que en términos generales, la melina tuvo las mayores retenciones, aspecto que se sustentaba de acuerdo con lo expuesto por Baachien sobre espesor de albura y tasa de crecimiento. La melina es una especie de rápido crecimiento y su altura tiene un promedio de 2 a 2,5 pulgadas (5,08 - 6,35 cm) de ancho, mientras la teca es una especie de crecimiento moderado y de albura media a escasa. Por otra parte, la teca tiene una forma irregular de fuste, la cual parece impedir la adecuada penetración del preservativo en algunos sitios. Se observó que en las zonas acanaladas del poste, la penetración fue menor que en las partes convexas del mismo. Además, la diferencia de densidad de la madera, ya era otra guía para conocer cual de las dos especies tendría las mayores retenciones, según Mc Lean. Los cálculos de densidad están entre los rangos señalados por Lamb para melina y un poco inferiores a los incluidos por Kollman para teca. Es posible que las determinaciones de este autor se hayan basado en madera de mayor edad.

El diámetro de los postes parece tener cierta importancia en la retención, especialmente en melina.

El contenido de humedad de la madera puede ser un factor sobresaliente, a pesar de los conceptos un tanto encontrados de Kollman y de Fougrouse. Este último manifiesta que la capacidad de retención decrece rápidamente después de la tala, lo cual involucra una pérdida de humedad de la madera. La teca parece perder más rápido la humedad que la melina, por lo tanto no es conveniente retrasar demasiado la aplicación del tratamiento.

En melina el porcentaje óptimo de contenido de humedad, para tratamiento por doble difusión, puede localizarse entre 100 y 110%, mientras en teca estaría entre 85 % y 110 %, de acuerdo con los resultados obtenidos. Cuadros N°s 4 y 5.

De la comparación entre la retención teórica y la retención real, se deduce que el método de calcular la retención teórica por diferencia de peso antes y después del tratamiento, es bastante inseguro y que a retenciones bajas la retención teórica puede ser superior o muy cercana a la real, mientras a retenciones altas, la retención teórica puede llegar a ser sólo un 15 % de la real, dependiendo de la especie de madera. Stamm, citado por Kollman (1975), había hallado un porcentaje de 65 % entre las dos retenciones, para el pino loblolly. En este estudio el promedio para las dos especies es de 49.26 %.

Los resultados de retención, obtenidos por espectrofotometría de absorción atómica, concuerdan con los hallados por Williams quien aplicando el mismo sistema encontró en 13 especies mixtas de coníferas y latifolia - das tratadas con preservativos, contenidos de cobre que variaron entre 0.061 y 0.29 %, basados en peso seco al horno de la madera. En el presente estudio, los contenidos de cobre oscilan entre 0.067 y 0.23 %, como puede verificarse en los Cuadros 6 y 6-A.

En tratamientos por desplazamiento de savia, Fougereuse obtuvo retenciones de cobre entre 0.084 y 0.19 %, en Eucalyptus robusta. Con 82 especies de latifoliadas de Madagascar alcanzó retenciones netas de sales entre los rangos de 1.6 y 14.4 Kg/m³. Lo anterior indica que los resultados de este trabajo están dentro de los que normalmente se observan en tratamientos en los cuales no se utiliza presión. También pueden ser similares a los tratamientos a presión, en lo relativo a retención, como se nota al comparar la retención del borato cúprico amoniacal, descrita por Ochry mowych en pino, de 13.6 kg/m³.

En tratamientos por doble-difusión Baechler y sus colaboradores habían obtenido retenciones entre 0.19 y 15.36 Kg/m³. en maderas de Hawai

y Gjovic, alcanzó retenciones de 1.12 a 19.2 Kg/m³, aplicando el mismo método. Hay que tener en cuenta que en éste último caso - las especies eran coníferas, más fácilmente tratables por doble - difusión, como lo manifiesta Krzyzewski. Los resultados de Greaves fueron similares.

En el presente estudio las retenciones totales, entre los diferentes tratamientos, oscilaron entre 2.12 y 11.6 Kg/m³ comparativamente - similares a las logradas por los investigadores precedentes.

Del análisis del Cuadro 7 se deduce que el lixiviado de las sales no fue importante, a pesar de que los preservativos no tenían aún suficiente tiempo para haber reaccionado completamente entre sí, según lo citado por Durán, sobre el proceso de fijación de sales en la madera. Naturalmente los bloques que provenían de postes que tuvieron - las mayores retenciones, sufrieron una lixiviación relativamente más alta que los bloques provenientes de postes con retenciones bajas de sales.

En porcentaje, en melina el lixiviado máximo sólo alcanzó al 0.28 % del cobre y 1,29 % del boro, retenidos en el primer nivel (nivel A) de los postes del tratamiento correspondiente. En teca el 0,07 % del cobre y el 1.56 % del boro.

En la figura 7, la retención de óxido de cobre lograda con el tratamiento 4, supera en casi un 100 % la de los tratamientos 1 y 2. Se nota el fuerte gradiente decreciente entre el primer nivel (nivel A) y el segundo nivel (B) de penetración. Entre el nivel B y el nivel C, el gradiente es bajo. Este aspecto se repite en las demás figuras con esta relación. En la concentración de sulfato de cobre, no hay realmente una diferencia importante entre los cuatro tratamientos, en teca; igual cosa sucede en la primera concentración de cobre en melina. En cambio, de nuevo en la segunda concentración de cobre, en melina, los tratamientos 7 y 8 muestran gran diferencia con los tratamientos 5 y 6.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

En las retenciones de óxido de boro no son grandes las diferencias entre concentraciones ni entre tratamientos, en teca, contrastando con las diferencias entre tratamientos y entre concentraciones en melina. - La retención total de sales continúa con la misma tónica, debido al predominio de la retención de óxido de boro, sobre la retención de óxido de cobre. Este aspecto puede observarse mejor en las figuras 19 y 20.

Al establecer una relación entre las partes por millón de boro en la madera y las partes por millón de cobre en la misma, se obtiene un valor promedio para todos los tratamientos, cercano a 4., que podría corresponder, entonces, a la relación en que estarían el cobre y el boro en un compuesto denominado borato cúprico. (CuB_4O_7). En algunos casos es posible que se forme el metaborato cúprico, $\text{Cu}(\text{B}^0_2)_2$. Posteriores investigaciones pueden aclarar este punto. Los análisis de Ochrnowych para refutar esta teoría fueron realizados después de que los postes estuvieron 22 años en servicio.

Los gradientes decrecientes entre el primer nivel y el segundo, en el sistema de doble - difusión, parecen ser algo mayores que los que se presentan en tratamientos a presión, según lo indican gráficos similares de la A. W. P. A. y datos aportados por Ochrymowych. Similares resultados habían sido alcanzados por Gjovic

La investigación de Baechler (1953), indica, que a mayor concentración de las soluciones mayor será la retención. Esta norma se cumple en 3 de los 4 casos, al comparar las figuras 7 a 14. La excepción la constituye la primera concentración de cobre en teca. En la retención total de sales si es general el cumplimiento de la norma (figuras 15 a 18).

Si se establece un paralelo entre los datos de penetración transversal de terminados por colorimetría y los resultados del análisis de retención, se comprueba que el primer método no es suficientemente sensible, por lo menos con los colorantes utilizados en el estudio. El análisis de retención demuestra que en muy pocos casos la penetración no alcanzó los 3

centímetros ó sea el nivel C de referencia. Pero en otros casos superó esa profundidad, porque los valores del nivel C son aun relativamente altos. En los promedios determinados por colorimetría no aparece siquiera la cifra de 2 cm. en las penetraciones transversales promedio.

La penetración del bórax, generalmente fue similar a la alcanzada por el cobre, y en algunos casos fue superior a esta. En la teca los radios medulares parecen prestar mayor contribución a la penetración transversal que en la melina. La penetración logitudinal en las dos especies se puede calificar de excelente, pero especialmente en la teca fue favorecida por el tamaño y naturaleza de la médula. Algunas veces este tipo de penetración se inclinó más hacia un lado del poste que hacia el otro, de acuerdo con los cortes longitudinales efectuados para esta medición. Los nudos, sobretudo en la penetración de boro, no fueron coloreados en la determinación.

En muchos postes la penetración de preservativos fue total, al unirse la penetración transversal con la longitudinal. En otros se distinguió una especie de anillo sin coloración, entre las dos penetraciones. La coloración osciló entre muy intensa a tenue, desde los extremos hacia el centro y desde la parte externa hacia el centro, indicando la distribución del preservativo (para las dos sales).

De acuerdo con estos resultados, es factible que al realizar un análisis de retención en sentido radial, hasta el centro, se encuentren zonas sin preservativo aproximadamente en el tercer centímetro, y luego aparezca de nuevo en gradiente creciente hacia el centro.

Al comparar estos resultados de penetración en melina, con los registrados por Lamb ¹¹ en tratamiento a presión con la misma especie, se comprueba que el método de doble difusión supera los resultados obtenidos por este investigador, en esta especie moderadamente refractaria a la presión.

Las figuras 21 y 22, demuestran que la penetración y la retención (en las dos especies), tanto a lo largo del poste como alrededor del mismo, es irregular, mostrando mayores diferencias en el primer nivel (A) y llegando casi a equilibrarse con el tercero (C). Estas variaciones - pueden ser ocasionadas por la forma del poste y por la presencia de maderas de tensión ó por nudos.

La parte más gruesa del poste tiende a lograr mayor retención que la más delgada, por la mayor contribución de la penetración longitudinal en este sitio, dada la mayor área expuesta al contacto con el preservativo. Se confirman así los conceptos de Kollman.

Se observó que en la teca fue notable la penetración de los preservativos en forma de anillo, posiblemente por la diferencia entre madera tagdía y madera temprana. El análisis estadístico de los datos de retención y penetración señala que las correlaciones entre las variables de las dos especies son diferentes, pero en los dos casos las correlaciones entre contenido de humedad y retención son similares. En melina - el contenido de humedad tiene una correlación relativamente alta con el diámetro, factor de mucha importancia en la retención, de acuerdo - con los resultados logrados con esta especie.

Como se indicó en el Capítulo de resultados, el análisis estadístico estableció que las dos variables que más influyen sobre la retención, preferencialmente en la melina, son la concentración y el horario de tratamiento. Por esta razón se elaboraron los gráficos de las figuras 23 a 26, basadas en las ecuaciones de regresión. Al colocar la retención en la función de concentración, para la especie melina, se confirma que las mayores retenciones pueden esperarse con la segunda concentración, para el horario dos y el período de difusión número uno, correspondiente al tratamiento número 7.

En teca, no hay tanta diferencia entre tratamientos y sólo es un poco superior el de la concentración dos, horario dos, período de difusión do, que corresponde al tratamiento 8. En este caso la concentración no podría ser más conveniente desde el punto de vista económico, porque la diferencia de retención entre las dos concentraciones no es muy significativa, por lo cual sería preferible el tratamiento 4.

Al colocar la retención en función de horario, en melina, resulta sólo ligeramente superior el tratamiento 8 al 7, por lo cual al considerar que con el 7 se economiza una semana en el tiempo de tratamiento, llevaría nuevamente a seleccionar el tratamiento 7 como el más conveniente, en el horario dos. Se nota aquí que el período de difusión es poco importante en el tratamiento.

En teca, los horarios tienen poca diferencia en la retención obtenida, especialmente en la concentración dos, e igualmente los períodos de difusión no son muy desiguales en los resultados lo cual lleva a considerar los tratamientos de la concentración iguales entre sí, y al compararlos con la primera concentración son similares al tratamiento 4. Obsérvese que la escala utilizada en el gráfico es más grande que la empleada para melina.

Del análisis de estos resultados se decidió efectuar el Test de Duncan, el cual confirmó las deducciones extraídas de los gráficos. Igualmente se podrían hacer para la penetración. En el anexo se incluyen los datos entregados por la computadora.

Los resultados de la prueba de exposición a hongos basidiomicetos muestran una pérdida insignificante de peso de los bloques tratados comparada con la pérdida de peso de los bloques de control. Si además se considera que en este tipo de ensayos las pérdidas de peso menores del 3 % se aceptan como errores propios del experimento y se descartan, entonces prácticamente en ninguno de los tratamientos hubo pérdida de peso. Por

lo anterior, a nivel de laboratorio, todas las retenciones alcanzadas en este estudio, aún las más bajas, inhiben el crecimiento de los hongos que se emplearon en la prueba. Esto no es de extrañar, porque aunque con otros preservativos y hongos Butcher, encontré que Poria placenta, Coniophora puteana y Fomes gilvus, eran controlados con retenciones de 2,8 kg/m³, en pino y con 2.4 kg/m³ en Eucalyptus.

En Rusia, los experimentos de Kalnin's demostraron que Poria vaporaria, Coniophora cerebella y Merulius lacrymans, eran controlados con concentraciones de preservativos (a base de cobre y boro), menores que las alcanzadas en este estudio. Por otra parte es oportuno recordar que uno de los hongos utilizados Lenzites trabea es susceptible al cobre, según lo anotan Baechler y Mc Quire.

En la misma forma Hunt y Garrat, estipulan que el hongo Madison 517 (Fomes annosus), tiene un punto de inhibición total con concentraciones de sólo 0,064 % de sulfato de cobre en la madera y concentraciones de tetraborato de sodio (bórax) de 0.13% en la madera. Aún en la retención más baja de este ensayo, se superan estos porcentajes. Si se hace referencia a los límites tóxicos contra los insectos Anobium punctatum y Lyctus, sucede igual que con los hongos. Sin embargo, para comprobar más a fondo la efectividad de los preservativos y de los diferentes tratamientos, contra agentes destructores, se podría repetir el ensayo y exponer los postes a pruebas de campo.

Comunmente se dice que las condiciones naturales son más severas que las de laboratorio, pero en algunas ocasiones tratamientos cuyas retenciones se consideraron bajas, resultaron suficientemente efectivos en los postes en servicio durante varios años según lo expuesto por Mc Quire.

Finalmente, tanto en los bloques de control de teca, como en los de melina, el hongo que causó mayores pérdidas de peso fue el Polyporus versi

color, seguido por el Polyporus sanguineus, pero los daños son más notorios en los bloques atacados por Lenzites trabea, el cual causa manchas, ablandamiento y grietas. Esta actividad de los hongos, - mencionados, es similar a la hallada por Torres y Silverborg.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de esta investigación demuestran que el método de doble difusión es efectivo para la preservación de madera verde de las especies Tectona grandis y Gmelina arborea, por lo menos a nivel de laboratorio.

La teca respondió mejor a un tratamiento de sulfato de cobre al 6 ‰, seguido por bórax al 7 ‰, con un horario de tres días de inmersión en cada una de las soluciones y período de difusión de tres semanas.

Para la melina, el tratamiento más adecuado fue el de sulfato de cobre al 8 ‰, seguido por bórax al 9 ‰, con un horario de tres días de inmersión en cada una de las soluciones y período de difusión de dos semanas.

Las retenciones obtenidas en la mayoría de los tratamientos son suficientes para inhibir el ataque de los hongos empleados en la prueba, Polyporus sanguineus, P. versicolor y Lenzites trabea.

Los resultados indican que no hay diferencias significativas entre los períodos de difusión utilizados, por lo cual desde el punto de vista práctico se recomendaría el más corto. El receso entre la aplicación de la primera solución y la aplicación de la segunda podría reducirse de 30 días a 8 días, para observar si los resultados son similares a los logrados en este estudio.

La eficiencia real de los diferentes tratamientos podría comprobarse en ensayos de campo, para lo cual podrían emplearse los postes sobrantes del experimento.

Para facilitar la aplicación de este método podría utilizarse la mezcla de bórax con ácido bórico en la proporción 60: 40, respectivamente.

De acuerdo con los resultados, es posible que se pueda eliminar la operación de envolver los postes con tela de polietileno, en la etapa final del proceso de difusión, pero conservándolos eso sí, en un ambiente en donde la pérdida de humedad no sea excesiva.

El método de doble difusión para tratar madera verde joven, extraída de plantaciones forestales, podría aplicarse a otras especies diferentes a las de este estudio, por cuanto los resultados alcanzados son muy promisorios. Es una forma práctica y sencilla de obtener postes para cerca de larga vida de servicio.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

7. BIBLIOGRAFIA

- 1.- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIAL STANDARD. Method of testing wood preservatives by laboratory soil-block cultures. ANSI/ASTM D 1413-76. Annual book of ASTM Standards. Part 22 pp. 444-452. 1978.
- 2.- AMERICAN WOOD PRESERVER'S ASSOCIATION. Proceedings sixty ninth annual meeting. New Orleans, 1973. V 69. 430p.
- 3.- BAECHLER, R. Effects of treating variables on absorption and distribution of chemicals in pine post treated by double-diffusion. Forest. Prod. J. 3(12):170-176. 1953.
- 4.- _____ Resistance to leaching and decay protection of various precipitates formed in wood by double-diffusion. Wisconsin, F.P.L. No. 1290. 1955. 7p.
- 5.- _____ How to treat fence post by double-diffusion. Wisconsin, Forest. Prod. Lab. Rep. No. 1955. 1958. 9p.
- 6.- _____ and ROTH, H. The double-diffusion method of treating wood : A review of studies. Forest. Prod. J. 14(4):171-178. 1964.
- 7.- BANKS, W. Factors affecting the introduction of preservatives into wood. Pestic. Sci. No. 3:219-227. 1972.
- 8.- PECKER, G. Treatment of wood by diffusion of salts. The international research group on wood preservation. Switzerland. Document No. IRG/WP/368. 1976. 12p.
- 9.- REHR, E. Preservative treatment of post with dry chemicals. Forest. Prod. J. 14(11):511-515. 1964.
- 10.- _____ Final results of 15-year post study of treatment with powdered reagents. Forest. Prod. J. 27(11):20-25. 1977.
- 11.- BELFORD, D. X-ray spectrographic analysis- a new technical in wood preservation research. Record of 1961 annual convention. British wood preserving association. pp 125-146.
- 12.- ELEW, J. et al. Evaluating wood preservatives. Wisconsin, Forest. Prod. Lab. No. 143. 1951. 9p.
- 13.- _____ Comparison of wood preservatives in Mississippi post study. In BAECHLER, R. and ROTH, H. The double-diffusion method of treating wood : a review of studies. Forest. Prod. J. 14(4):171-178. 1964.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- 14.- _____ Comparison of wood preservatives in stake test. Wisconsin. Forest.Prod.J. Res.Note FPL.02. 1969 90 p.
- 15.- BRITISH STANDARDS INSTITUTION. Methods of test for toxicity of wood preservatives to fungi. London,1962. 24p.
- 16.- _____ Specification for copper/chrome water-borne wood preservatives and their application. British standard 3452:1962. 24p.
- 17.- BROESE, H. et al. Wood preservation during the last 50 years. 2a.ed. Leiden(Holland).Houtbereiding, 1952. 318p.
- 18.- BRUCE, J. and GUTZMER, D. Ammoniacal copper borate : a new treatment for wood preservation. Forest.Prod. J. 28(2):33-36.1978.
- 19.- BUTCHER, J. et al. Initial screening trials of some quaternary ammonium compounds and amine salts as wood preservatives. Forest.Prod.J. 27(7):19-25. 1977.
- 20.- CONEJOS, J. Características de preservación de 127 maderas de la Guayana venezolana. Mérida (venez), 1969. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. 32p.
- 21.- COOPER, P. and ROSS, N. Treatability of western hemlock lumber from coastal and interior British Columbia regions with water-borne preservatives. Forest.Prod.J.27(12):36-39.1977.
- 22.- CSERJESI, A. and ROFF, J. Retention of pentachlorophenol in lumber dipped in water solution. Forest.Prod. J. 14(8):373-376. 1964.
- 23.- CHUDNOFF, M. and MALDONADO, E. Preservative treatment and service life of fence post in Pto. Rico. Institute of tropical forestry Rio Piedras, Pto. Rico, 1964. Forest Service Research Paper ITF-1. 31p.
- 24.- DURAN, J. Copper chromium and arsenic ion migration and electrical conductivity relationship in wood. Thesis for the Doctor Philosophy degree. College of Environmental Science and Forestry, Syracuse. New York, 1977. 413p.
- 25.- DWYER, W. Reports of treatment Committees. Washington, A.W. P.A. 1978. 38p.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- 26.- FOREST PRODUCTS LABORATORY. Methods of applying wood preservatives. Report No. 154. Wisconsin, 1953. 28p.
- 27.- _____ Preservation of timber by the steeping process Rept. No. 621. Wisconsin, 1959. 11p.
- 28.- FOURGEROUSSE, M. and GUENEAU, P. Impregnation of roundwoods by displacement sap in Madagascar. The international research group on wood preservation. Document No. IRG/WP/352. England, 1976. 18p.
- 29.- GJOVIK, L. et al. Treatment of alaskan species by double-diffusion and modified double-diffusion methods Wisconsin, Forest. Prod. Lab. 182. 1972, 20p.
- 30.- _____ et al. Service record on treated and untreated fencepost. U.S.D.A. Forest Service Research. Note. Wisconsin. Forest. Prod. Lab. 1975. 45p.
- 31.- GRAVES, H. Electron probe x-ray analysis of selected anatomical structures in copper-chrome arsenic treated wood. Wood Science 7(2):164-168. 1972.
- 32.- HENRY, W. A new method for impregnating wood with preservatives. Washington, A.W.P.A. 1953. 8p.
- 33.- HUNT, G. y GARRAT, G. Preservación de la madera. Trad. A. Sanchis. Madrid, Salvat ed. 1962. 486p.
- 34.- INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. Preservação de madeiras. Convenio IEDF-IPT-A-B.P.M. Boletim tecnico No. 1. 1973. 122p.
- 35.- INSTITUTO DE EDAFOLOGIA Y FISIOLOGIA VEGETAL. Fotometría de llama. Madrid, 1955. 132p.
- 36.- KALNIN'S, A. et al. New Cu/B wood preservatives. In Forestry Abstract 31 (1) pp 175. 1970.
- 37.- KOLLMAN, F. et al. Principles of wood science and technology. New York, Springer-Verlag. 1975. 703p.
- 38.- _____ Handbook of hardwoods 2d. ed. Department of the environment. London. Princes Risborough Laboratory, 1972. 243p.
- 39.- KUKACHKA, B. Properties of imported tropical woods. Wisconsin, Forest Prod. Lab. Res. paper FPL. 125. 1970. 67p.
- 40.- KRZYZEWSKI, J. Treatment of fence post of non-durable species with modern water borne preservatives by the butt diffusion method. Forest. Prod. Lab. of Canada, 1956. 7p.
- 41.- LAMB, A. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical. Gmelina arborea. Mérida (V.) IFLAIO. Boletín Nos. 33-34: 21-51. 1970.

- 42.- MAC LEAN, J. Preservative treatment of wood by pressure methods. Wisconsin, Forest Prod. Lab. Agriculture handbook No.40. 1952. 160p.
- 43.- MC QUIRE, A. Threshold values for four water-borne preservatives determined by the soil block method. Wellington, New Zealand Forest Service. 1962. 24p.
- 44.- OCHRYMOWYCH, J. and MC ORMOND, R. Performance of pole-diameter post treated with various preservatives during a quarter century of testing at Orange Park, Florida test plot. Florida, A.W.P.A. 1978. 22p.
- 45.- OLARTE, L. Notas sobre absorción atómica y sus aplicaciones en análisis de rocas, suelos y plantas. Bogotá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi 1976 12(10). 136p.
- 46.- PERKIN ELMER. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. 1976.p.irr.
- 47.- QUILLON, P. Impregnación por difusión mediante derivados del boro. Modo económico y de porvenir para la impregnación profunda de la madera aserrada. Mérida (Ven.), IFLAIC. boletín Nos. 30-31: 61-75. 1969.
- 48.- PHILLIPS, L. and BAECHLER, R. A review of articles on methods of determining arsenic, boron, chlorine, fluorine, and zinc in various materials. Wisconsin, FPL. Report No. 2234. 1963. 24p.
- 49.- SAFO, S. and GRAHAM, R. Rapid agar-stick breaking-radius test to determine the ability of fungi to degrade wood. Wood Science 9 (2):65-67. 1976.
- 50.- TORRES, J. Humedad, concentraciones y temperaturas de tratamiento en la conservación de la madera verde por difusión. Madrid, Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. 1958, 18p.
- 51.- TORRES, L. y SILVERBERG, S. Estudio sobre la durabilidad natural de la teca (*Tectona grandis*) mediante ensayos acelerados de "soil-blocks" en el Laboratorio Nacional de Productos Forestales en Mérida-Venezuela. IFLAIC. Boletín Nos. 41-42: 63-69. 1972.
- 52.- WILLIAMS, A. The chemical analysis of disodium octaborate in preserved softwoods. Analyst. v.95pp. 498-504. 1970.

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

- 53.- _____ The use of atomic absorption spectrophotometry for the determination of copper, chromium and arsenic in preserved wood. Analyst, v.97 pp.104-110. 1972.

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

8. A N E X O S

Licencia Creative Commons:
Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Cuadro A-1

ANALISIS DE RETENCION POR ABSORCION ATOMICA
 PROMEDIOS POR TRATAMIENTO Y NIVEL
 Especie: TECA

Tratamiento y nivel	Cu p.p.m.	CuO p.p.m.	CuO kg/m ³	B p.p.m.	B ₂ O ₃ p.p.m.	B ₂ O ₃ kg/m ³	Retención total kg/m ³ por nivel
T-1-A	607,92	760,81	0,435	198,22	6392,41	3,64	4,08
T-1-B	108,50	135,79	0,08	56,65	1825,83	1,04	1,12
T-1-C	39,25	49,12	0,03	12,35	416,51	0,24	0,27
Totales	755,67		0,545	268,22		4,92	5,47
T-2-A	562,91	704,49	0,40	2189,08	7048,85	4,02	4,42
T-2-B	81,41	101,89	0,06	685,25	2206,50	1,26	1,32
T-2-C	23,58	29,52	0,02	84,06	302,89	0,17	0,19
Totales	667,90		0,48	2968,39		5,45	5,93
T-3-A	889,16	1112,79	0,63	1750	5635	3,21	3,84
T-3-B	86,16	107,83	0,06	449,21	1446,47	0,82	0,88
T-3-C	34,5	43,18	0,02	73,69	237,28	0,13	0,15
Totales	1009,82		0,71	2272,90		4,16	4,87
T-4-A	1070,08	1339,4	0,76	2479,2	7983,02	4,55	5,31
T-4-B	272,00	340,41	0,19	1283,48	4132,82	2,35	2,54
T-4-C	45,75	57,26	0,03	460,98	1484,37	0,85	0,88
Totales	1387,83		0,98	4223,66		7,75	8,73
T-5-A	670,83	839,54	0,48	2479,15	7982,86	4,55	5,03
T-5-B	180,58	226,00	0,13	961,21	3095,11	1,76	1,89
T-5-C	32,33	40,47	0,02	134,07	431,70	0,25	0,27
Totales	883,74		0,63	3574,43		5,56	7,19
T-6-A	733,41	917,87	0,52	2753,58	8866,54	5,05	5,57
T-6-B	191,58	239,77	0,14	740,13	2383,22	1,36	1,50
T-6-C	71,50	89,48	0,05	126,4	406,41	0,23	0,28
Totales	996,49		0,71	3619,92		6,64	7,35

Cuadro NA-1

ANALISIS DE RETENCION POR ABSORCION ATOMICA

PROMEDIOS POR TRATAMIENTO Y NIVEL

Especies: TECA (Cont.)

Tratamiento y nivel	Cu p.p.m.	CuO p.p.m.	CuO kg/m ³	B p.p.m.	B ₂ O ₃ p.p.m.	B ₂ O ₃ kg/m ³	Retencion total kg/m ³ por nivel
T-7-A	800,58	1001,92	0,57	3239,71	10.431,88	5,95	6,52
T-7-B	118,08	147,78	0,08	633,48	2.039,82	1,16	1,24
T-7-C	36,83	46,10	0,03	97,91	315,29	0,18	0,21
Totales	955,49		0,68	4926,59		7,29	7,97
T-8-A	689,64	863,09	0,49	3339,68	10.753,58	6,13	6,62
T-8-B	110,04	137,72	0,08	1053,37	3.391,85	1,93	2,01
T-8-C	18,83	23,57	0,01	228,43	735,54	0,42	0,43
Totales	818,51		0,58	4621,48		8,48	9,06

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Cuadro A-2

ANALISIS DE RETENCION POR ABSORCION ATOMICA

PROMEDIOS POR TRATAMIENTOS Y NIVEL

Especie: MELINA

Tratamiento	Cu p.p.m.	CuO p.p.m.	CuO kg/m ³	B p.p.m.	B ₂ O ₃ p.p.m.	B ₂ O ₃ kg/m ³	Retención total kg/m ³ por nivel
M-1-A	828,91	1037,38	0,464	1463,01	4710,91	2,10	2,564
M-1-B	111,66	139,75	0,062	508,07	1635,98	0,73	0,792
M-1-C	13,18	16,49	0,007	143,45	461,91	0,21	0,217
Totales	953,75		0,533	2114,53		3,04	3,573
M-2-A	906,08	1133,96	0,510	1032,72	3325,36	1,49	2,00
M-2-B	16,32	20,43	0,010	70,75	227,81	0,10	0,11
M-2-C	12,31	15,40	0,007	7,63	24,48	0,01	0,017
Totales	934,71		0,527	1111,10		1,60	2,127
M-3-A	882,83	1104,87	0,490	4567,92	14708,7	6,57	7,06
M-3-B	191,25	239,35	0,110	1604,15	5165,36	2,31	2,42
M-3-C	14,33	17,94	0,008	213,23	686,62	0,31	0,318
Totales	1088,41		0,608	6385,30		9,19	9,798
M-4-A	867,58	1085,78	0,485	3532,97	11376,16	5,08	5,565
M-4-B	67,75	84,79	0,038	918,1	2956,28	1,32	1,358
M-4-C	4,16	5,21	0,002	129,35	416,51	0,19	0,192
Totales	939,49		0,525	5519,91		6,59	7,115
M-5-A	1042,33	1304,48	0,580	4285,65	13799,79	6,17	6,75
M-5-B	72,58	90,84	0,040	435,15	1401,18	0,63	0,67
M-5-C	17,75	22,21	0,010	68,2	219,60	0,10	0,11
Totales	1132,66		0,63	4789,00		6,90	7,53
M-6-A	1318,33	1524,75	0,680	3023,85	12312,8	5,50	6,18
M-6-B	212,91	266,46	0,120	961,27	3095,29	1,38	1,50
M-6-C	29,5	36,92	0,020	133,46	426,54	0,19	0,21
Totales	1460,74		0,82	4117,58		7,07	7,89

Cuadro A-2

ANALISIS DE RETENCION POR ABSORCION ATOMICA
 PROMEDIOS POR TRATAMIENTOS Y NIVEL
 Especie: MELINA (cont.)

Tratamiento y nivel	Cu p.p.m.	CuO p.p.m.	CuO kg/m ³	B p.p.m.	B ₂ O ₃ p.p.m.	B ₂ O ₃ kg/m ³	Retención total kg/m ³ por nivel
M-7-A	1735,75	2172,29	0,97	6104,65	19656,97	8,79	9,76
M-7-B	150,33	188,14	0,08	1076,48	3466,26	1,55	1,63
M-7-C	24,91	31,13	0,01	63,5	204,47	0,09	0,10
Totales	1919,99		1,06	7244,63		10,43	11,49
M-8-A	1754,33	2195,5-	0,98	6026,25	19404,52	8,67	9,65
M-8-B	505,83	633,05	0,28	1016,11	3271,89	1,46	1,74
M-8-C	58,16	72,79	0,03	153,63	494,70	0,22	0,25
Totales	2318,32		1,29	7195,99		10,35	11,64

WWW.BDIGITAL.ULA.VE

Cuadro A-3

CATCS GENERALES DE LA ESPECIE TECA

17:38 MONDAY, OCTOBER 1, 1979 1

OBS	TRATAM	NC	CIAF	CF	RETEN	PENETRA	CONC	MCRAFI	DIFUS
1			865	7774	683	148			
2			106	6717	411	139			
3			106	7964	110	132			
4			106	7399	110	132			
5			106	7341	110	132			
6			106	7341	110	132			
7			106	7341	110	132			
8			106	7341	110	132			
9			106	7341	110	132			
10			106	7341	110	132			
11			106	7341	110	132			
12			106	7341	110	132			
13			106	7341	110	132			
14			106	7341	110	132			
15			106	7341	110	132			
16			106	7341	110	132			
17			106	7341	110	132			
18			106	7341	110	132			
19			106	7341	110	132			
20			106	7341	110	132			
21			106	7341	110	132			
22			106	7341	110	132			
23			106	7341	110	132			
24			106	7341	110	132			
25			106	7341	110	132			
26			106	7341	110	132			
27			106	7341	110	132			
28			106	7341	110	132			
29			106	7341	110	132			
30			106	7341	110	132			
31			106	7341	110	132			
32			106	7341	110	132			
33			106	7341	110	132			
34			106	7341	110	132			
35			106	7341	110	132			

CATCS GENERALES DE LA ESPECIE TECA

17:38 MONDAY, OCTOBER 1, 1979 3

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: RETEN

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	7	325899.00000000	46557.00000000	1.07	0.4600	0.482476	29.5459
ERRJR	8	349573.00000000	43696.62500000				RETEN MEAN
CORRECTED TOTAL	15	675472.00000000			209.0377704		707.50000000

SOURCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR > F	CF	TYPE IV SS	F VALUE	PR > F
CONC	1	107256.25000000	2.45	0.1558	1	107256.25000000	2.45	0.1558
HORARIO	1	55532.25000000	1.28	0.2907	1	55532.25000000	1.28	0.2907
DIFUS	1	77284.00000000	1.77	0.2202	1	77284.00000000	1.77	0.2202
CONC*HORARIO	1	169.00000000	0.00	0.9519	1	169.00000000	0.00	0.9519
CONC*DIFUS	1	23256.25000000	0.53	0.4865	1	23256.25000000	0.53	0.4865
HORARIO*DIFUS	1	46672.25000000	1.07	0.3306	1	46672.25000000	1.07	0.3306
CONC*HORARIO*DIFUS	1	15129.00000000	0.35	0.5725	1	15129.00000000	0.35	0.5725

CATCS GENERALES DE LA ESPECIE TECA

17:08 WEDNESDAY, OCTOBER 3, 1979 3

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: PENETRA

SOURCE	DF	SS	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	7	2283.75000000	326.25000000	1.93	0.2802	0.572979	10.7546
ERRJR	8	1702.00000000	212.75000000				PENETRA MEAN
CORRECTED TOTAL	15	3985.75000000			14.5655215		135.62500000

SOURCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR > F	CF	TYPE IV SS	F VALUE	PR > F
CONC	1	225.00000000	1.08	0.3339	1	225.00000000	1.06	0.3339
HORARIO	1	0.00000000	0.00	1.0000	1	0.00000000	0.00	1.0000
DIFUS	1	100.00000000	0.47	0.5123	1	100.00000000	0.47	0.5123
CONC*HORARIO	1	0.00000000	0.00	0.9699	1	0.00000000	0.00	0.9699
CONC*DIFUS	1	180.25000000	0.86	0.3818	1	180.25000000	0.86	0.3818
HORARIO*DIFUS	1	702.25000000	3.30	0.1068	1	702.25000000	3.30	0.1068
CONC*HORARIO*DIFUS	1	144.00000000	0.67	0.4345	1	144.00000000	0.68	0.4345

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela (CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Cuadro A-4 ATCS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

17:38 MONDAY, OCTOBER 1, 1979 10

CCS	TRATAM	AC	CIAP	CF	RETEA	PENETRA	CCAC	PCRAFIC	CIFLS
			10500	7804	3890	172			11
			11235	9533	3270	154			11
			1375	9686	2510	94			11
			1340	9551	1730	101			11
			1515	11982	5285	168			11
			1295	11866	1012	178			11
			1250	9084	8254	160			11
			1120	6399	5931	141			11
			1110	9667	6515	148			11
			1110	9931	8520	162			11
			1265	10158	10100	187			11
			1190	8650	5680	177			11
			1570	11840	11470	180			11
			1520	11511	11370	193			11
			1615	11548	11500	251			11
			1460	10474	11800	209			11

CATCS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

17:38 MONDAY, OCTOBER 1, 1979 10

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: RETEA

SOURCE	DF	SLM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	7	164790223.43750000	23541474.77678571	12.04	0.0011	0.913208	18.3147
ERROR	8	15645959.50000000	1955744.93750000				RETEA MEAN
CORRECTED TOTAL	15	180436282.93750000				1398.47550518	7635.93750000

SOURCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR > F	CF	TYPE IV SS	F VALUE	PR > F
CONC	1	62544389.06250000	32.18	0.0005	1	62544389.06250000	32.18	0.0005
HORARIO	1	65137201.56250000	45.58	0.0001	1	65137201.56250000	45.58	0.0001
DIFUS	1	31637326.56250000	1.60	0.2409	1	31637326.56250000	1.60	0.2409
CONC*HORARIO	1	31637326.56250000	1.62	0.2391	1	31637326.56250000	1.62	0.2391
CONC*DIFUS	1	5634689.06250000	2.88	0.1281	1	5634689.06250000	2.88	0.1281
HORARIO*DIFUS	1	474376.56250000	0.24	0.6356	1	474376.56250000	0.24	0.6356
CONC*HORARIO*DIFUS	1	258389.06250000	0.15	0.7063	1	258389.06250000	0.15	0.7063

CATCS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

17:06 WEDNESDAY, OCTOBER 3, 1979 11

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DEPENDENT VARIABLE: PENETRA

SOURCE	DF	SLM OF SQUARES	MEAN SQUARE	F VALUE	PR > F	R-SQUARE	C.V.
MODEL	7	1902.75000000	2726.10714286	14.75	0.0005	0.928070	8.335
ERROR	8	1479.00000000	184.87500000				PENETRA MEAN
CORRECTED TOTAL	15	20561.75000000				13.55687464	163.12500000

SOURCE	DF	TYPE I SS	F VALUE	PR > F	CF	TYPE IV SS	F VALUE	PR > F
CONC	1	4692.25000000	25.38	0.0010	1	4692.25000000	25.38	0.0010
HORARIO	1	3025.00000000	16.36	0.0037	1	3025.00000000	16.36	0.0037
DIFUS	1	56.25000000	0.30	0.5963	1	56.25000000	0.30	0.5963
CONC*HORARIO	1	64.00000000	0.35	0.5725	1	64.00000000	0.35	0.5725
CONC*DIFUS	1	5120.25000000	49.33	0.0000	1	5120.25000000	49.33	0.0000
HORARIO*DIFUS	1	3110.00000000	11.45	0.0046	1	3110.00000000	11.45	0.0046
CONC*HORARIO*DIFUS	1	9.00000000	0.05	0.8309	1	9.00000000	0.05	0.8309

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUCCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE RETEN

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=43696.6

GROUPING	MEAN	N	CCNC
A	789.375000	8	2
A	625.625000	8	1

CATCS GENERALES DE LA ESPECIE TECA

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUCCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE RETEN

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=43696.6

GROUPING	MEAN	N	FORARIC
A	766.625000	8	2
A	648.375000	8	1

CATCS GENERALES DE LA ESPECIE TECA

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUCCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE RETEN

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=43696.6

GROUPING	MEAN	N	DIFUS
A	777.000000	8	2
A	628.000000	8	1

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE RETEN

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=1955745

GRUPOING	MEAN	N	CCNC
A	9619.375000	8	2
B	5652.500000	8	1

DATOS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE RETEN

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=1955745

GRUPOING	MEAN	N	FORARIC
A	9996.250000	8	2
B	5275.625000	8	1

DATOS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE RETEN

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=1955745

GRUPOING	MEAN	N	DIFUS
A	8078.750000	8	1
B	7193.125000	8	2

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)

Quadro A-7

DATOS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

17:0

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE PENETRA

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=184.875

GROUPING	MEAN	N	CCNC
A	180.250000	8	2
B	146.000000	8	1

DATOS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

17:08

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE PENETRA

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=184.875

GROUPING	MEAN	N	FORARIO
A	176.875000	8	2
B	149.375000	8	1

DATOS GENERALES DE LA ESPECIE MELINA

17:08

GENERAL LINEAR MODELS PROCEDURE

DUNCAN'S MULTIPLE RANGE TEST FOR VARIABLE PENETRA

MEANS WITH THE SAME LETTER ARE NOT SIGNIFICANTLY DIFFERENT.

ALPHA LEVEL=.05 DF=8 MS=184.875

GROUPING	MEAN	N	DIFUS
A	165.000000	8	2
B	161.250000	8	1

Licencia Creative Commons:

Atribución - No Comercial - Compartir Igual 3.0 Venezuela
(CC BY-NC-SA 3.0 VE)