

U N I V E R S I D A D   D E   C O N C E P C I O N  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
Departamento de Silvicultura

EVALUACION DE LA EFICACIA DE PRESERVANTES  
ANTIMANCHAS, COMO SUSTITUTOS DEL PENTACLOROFENATO,  
EN MADERA ASERRADA DE Pinus radiata D. Don.

Por

HERNAN DEL C. VEGA ORELLANA

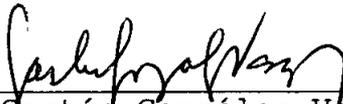
MEMORIA PARA OPTAR AL  
TITULO DE INGENIERO  
FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

1997

EVALUACION DE LA EFICACIA DE PRESERVANTES  
ANTIMANCHAS, COMO SUSTITUTOS DEL PENTACLOROFENATO,  
EN MADERA ASERRADA DE Pinus radiata D. Don.

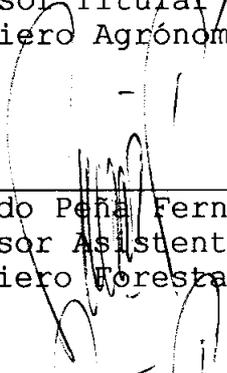
Profesor Asesor



---

Gastón González Vargas  
Profesor Titular  
Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

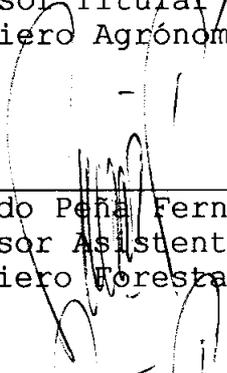
Profesor Asesor



---

Eduardo Peña Fernández  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal, M. Sc.

Director Departamento  
Silvicultura



---

Eduardo Peña Fernández  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal, M. Sc.

Decano Facultad de  
Ciencias Forestales

---

Jaime García Sandoval  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Gastón González Vargas: noventa y tres puntos.

Eduardo Peña Fernández: ochenta y dos puntos.

**DEDICATORIA**

A Dios.

A mi padre Hernán, en su  
memoria.

A mi madre Catalina, por su  
sacrificio.

A Marianela, por su amor.

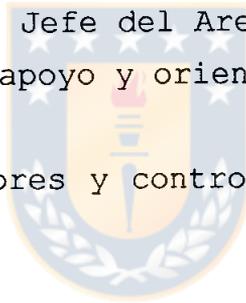
**AGRADECIMIENTOS .**

Agradezco a mi profesor guía don Gastón González, por su buena voluntad, por su profesionalismo y apoyo intelectual para desarrollar en buena forma esta memoria de título.

Al Ingeniero Forestal don Ricardo Burgos V., Subgerente de Estudios y Calidad de la empresa ANDINOS S.A., por haber depositado su confianza en mi persona para llevar a cabo este estudio, y haber permitido realizar mi práctica profesional.

A la Sra. Loreto Rojas, Jefe del Area de Calidad de ANDINOS S.A., por su constante apoyo y orientación en este trabajo.

A los señores supervisores y controladores que me ayudaron en mis requerimientos.



## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I     INTRODUCCION .....	1
II    OBJETIVOS .....	5
2.1     Objetivo General. ....	5
2.2     Objetivos Específicos. ....	5
III   REVISION BIBLIOGRAFICA .....	6
3.1     Origen y Clasificación de las Manchas de la Madera. ....	6
3.1.1   Manchas Químicas. ....	7
3.1.2   Manchas Fungosas. ....	8
3.1.2.1   Mancha Azul y factores que influyen en su desarrollo. ....	9
3.1.2.1.1   Temperatura. ....	14
3.1.2.1.2   Humedad y presencia de oxígeno. ....	14
3.1.2.1.3   Substrato leñoso.....	16
3.1.3   Descripción de la mancha azul y de moños.	17

3.1.3.1	Mancha azul.....	17
3.1.3.1.1	<u>Ceratocystis pilifera</u> (Fries) C. Moreau..	17
3.1.3.1.2	<u>Sphaeropsis sapinea</u> (Fr.) Dyko & Sutton..	19
3.1.3.2	Mohos. ....	20
3.2	Pentaclorofenato de sodio. ....	21
3.2.1	Limitaciones al Pentaclorofenato de sodio en el Mercado Europeo. ....	23
3.2.2	Los Problemas del PCP para la Salud Humana. ....	25
3.2.2.1	Alteraciones Médicas producidas por el PCP. ....	26
IV	MATERIALES Y METODO. ....	28
4.1	Materiales de Ensayo. ....	28
4.1.1	Especie utilizada. ....	28
4.1.2	Fungicidas a utilizar. ....	28
4.1.3	Xilohigrómetro. ....	29
4.1.4	Baños para tratamientos.. ....	29

4.1.5	Medio de cultivo. ....	30
4.1.6	Aspersor. ....	32
4.1.7	Nylon.. ....	32
4.1.8	Red de puntos.. ....	32
4.2	Metodología Experimental. ....	32
4.2.1	Antecedentes preliminares.. ....	33
4.2.2	Proceso general del ensayo. ....	34
4.2.3	Control del proceso .....	37
4.3	Diseño Experimental. ....	39
V	RESULTADOS.....	40
5.1	Número de piezas manchadas (frecuencia)por tratamiento a los 90 días. ....	40
5.2	Porcentajes del área con mancha por tratamiento a los 90 días.....	44
5.3	Desarrollo de las distintas manchas a través del tiempo en los diferentes tratamientos .....	47
5.3.1	Número de piezas manchadas durante cada control.....	47

5.3.2	Porcentaje del área manchada durante cada control.....	49
5.4	Penetración de la mancha azul en la madera de los diferentes tratamientos..	51
5.5	Humedad general de cada uno de los tratamientos. ....	52
VI	DISCUSION DE LOS RESULTADOS. ....	54
6.1	Antimanchas. ....	54
6.1.1	Antimancha A. ....	54
6.1.2	Antimancha B. ....	56
6.1.3	Antimancha C. ....	57
6.1.4	Antimancha D. ....	59
6.1.5	PCP. ....	60
6.2	Hongos. ....	61
6.2.1	Hongos de mancha. ....	61
6.2.2	Hongos de moho.. ....	62
VII	CONCLUSIONES. ....	64

	IX
VIII RESUMEN . . . . .	65
SUMMARY . . . . .	66
IX BIBLIOGRAFIA. . . . .	67
X APENDICE. . . . .	73
XI ANEXOS. . . . .	85



## INDICE DE TABLAS

TABLA N°		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Preservantes antimancha sin fenoles clorados en su formulación.....	29
2	Número de piezas con mancha azul por tratamiento.....	40
3	Número de piezas con moho verde por tratamiento.....	41
4	Número de piezas con moho blanco por tratamiento.....	42
5	Número de piezas con mancha naranja por tratamiento.....	42
6	Número de piezas con manchas en general por tratamiento.....	43
7	Porcentaje promedio del área con mancha azul por tratamiento.....	44
8	Porcentaje promedio del área con moho verde por tratamiento.....	44

9	Porcentaje promedio del área con moho blanco por tratamiento.....	45
10	Porcentaje promedio del área con mancha naranja por tratamiento.....	46
11	Porcentaje promedio del área con todas las manchas encontradas por tratamiento.....	46
12	Número de piezas con mancha azul a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	47
13	Número de piezas con moho verde a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	48
14	Número de piezas manchadas a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	49
15	Porcentaje promedio del área con mancha azul a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	50
16	Porcentaje promedio del área con moho verde a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	50
17	Porcentaje promedio del área con todas las manchas a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	51

18	Penetración de la mancha azul en milímetros en la madera para los diferentes tratamientos....	52
19	Número de piezas según rango de contenido de humedad en porcentaje para cada uno de los tratamientos.....	53

### En el Apéndice

20	Tabla de Análisis y Varianza para frecuencia de piezas con mancha azul.....	74
21	Tabla de Análisis y Varianza para frecuencia de piezas con mancha verde.....	76
22	Tabla de Análisis y Varianza para frecuencia de piezas con manchas en general.....	77
23	Tabla de Análisis y Varianza para porcentaje de área con mancha azul.....	79
24	Tabla de Análisis y Varianza para porcentaje de área con moho verde.....	80
25	Tabla de Análisis y Varianza para porcentaje de área con manchas en general.....	82
26	Tabla de Análisis y Varianza para penetración promedio en milímetros de la mancha azul para cada uno de los tratamientos.....	83

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 <u>Ceratocystis pilifera</u> : A Peritecio; B Ascosporas; C Punta del cuello mostrando las hifas ostiolares; D Conidióforos y Conidios del estado <i>Hyalodendron</i> ; E Conidióforos y conidios del estado <i>Sporotrix</i> .....	19
2      Paquete cerrado con nylon conteniendo 25 piezas (5 x 5). A Nylon; B Separador; C Cama de agua.....	37
3      Corte transversal en la sección más ancha de la mayor superficie encontrada en la cara que presentó una mayor cantidad de mancha azul en la pieza. A Mancha azul; B Penetración de la mancha medida en milímetros.....	38
 <u>En el Anexo 1</u>	
1      Número de piezas con mancha azul por tratamiento.....	85
2      Número de piezas con moho verde por tratamiento.....	85

3	Número de piezas con manchas en general por tratamiento.....	86
---	--	----

### En el Anexo 2

1	Porcentaje promedio del área con mancha azul por tratamiento.....	86
2	Porcentaje promedio del área con moho verde por tratamiento.....	87
3	Porcentaje promedio del área con manchas en general por tratamiento.....	87

### En el Anexo 3

1	Número de piezas con mancha azul a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	88
2	Número de piezas con moho verde a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	89
3	Número de piezas con manchas en general a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	90

En el Anexo 4

1	Porcentaje promedio del área con mancha azul a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	91
2	Porcentaje promedio del área con moho verde a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	92
3	Porcentaje promedio del área con manchas en general a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.....	93

En el Anexo 5

1	Penetración de la mancha azul en milímetros en la madera para los diferentes tratamientos....	94
---	---	----

## I INTRODUCCION

Hace algunos años, varios investigadores hablaron de crisis en lo referente a la situación que enfrentó la Industria Forestal, debido a que no se encontraba un tratamiento eficaz que ayudara a la preservación de la madera para prevenir la mancha azul y otros hongos asociados, y que no tuviera restricciones en el mercado internacional y que a la vez fuera económicamente factible (Navarrete y Rosende, 1992a; Skaric, 1994). Sin embargo, hoy se pueden encontrar en el mercado una serie de productos eficaces y a costos razonables, con una menor toxicidad que el Pentaclorofenato.

Se ha discutido mucho en relación a los beneficios y restricciones del uso del Pentaclorofenato de Sodio (PCPNa), como agente protector de la madera aserrada contra los hongos causantes de la mancha azul (Peredo y Peña, 1991; Peredo, 1993). Este tratamiento antimancha ha sido muy difundido debido a su eficacia, por sus excelentes aptitudes tóxicas contra hongos y mohos; sin embargo la inminente prohibición en algunos mercados para el uso de fungicidas a base de fenoles clorados, debido a que su grado de toxicidad ha sobrepasado los límites permisibles en cuanto a la seguridad de las personas que trabajan con ellos y a la calidad del medio ambiente (Clasing, 1987; ACHS, 1987; Iglesias et al., 1990; Peredo y Peña, 1991; Peredo, 1993), han forzado a la comunidad forestal, en casi todo el mundo, a buscar con urgencia él o los sustitutos para ese producto (Juacida, R. et al. 1985; Skaric, 1994).

En efecto, durante los últimos años, su uso como antimancha está seriamente limitado ha excluido en los principales mercados internacionales (Comunidad Europea, particularmente países Nórdicos, Alemania, Italia, Holanda y otros, sólo aceptándose por vía de excepción con moratoria cercana, en Francia y en Estados Unidos); es así que en las cartas de crédito se solicita que se agregue "NO PCP" (Sin Pentaclorofenol) para los productos de importación (Skaric, 1994). Las razones de ésta determinación, salvo en Japón y Países Arabes, radica en la presencia de ciertos compuestos químicos denominados Dioxinas, que se acoplan a las moléculas de clorofenoles durante el proceso de cloración (Skaric, 1994). Las dioxinas constituyen un compuesto secundario, altamente tóxico y se les atribuye efectos teratogénicos, carcinógenos, inmunológicos y otros transtornos en los seres humanos (Clasing, 1987; Iglesias et al., 1990; Peredo, 1993).

En Chile, el uso del PCP está regulado por normas sanitarias generales y no existen, hasta ahora, leyes o decretos que prohíban o limiten el uso de este producto para el tratamiento de madera aserrada. Existe, sin embargo, una importante cantidad de estudios y publicaciones que advierten el peligro que significa el uso del PCP sin las adecuadas medidas de prevención (ACHS, 1987; Clasing, 1987; Iglesia et al., 1990; Benavides et al., 1990; Peña, 1989; Peredo, 1993; Skaric, 1994).

El uso de pesticidas sin el adecuado conocimiento del daño ecológico que causan, y la creciente sensibilización de la

opinión pública en torno al uso de productos químicos, se ha traducido en una concientización política de algunos grupos responsables y entendidos en el tema. Esto ha dado como resultado, legislaciones que restringen, dificultan e incluso imposibilitan la aplicación de ciertos productos químicos, tales como el Pentaclorofenol (Hanke, 1991; citado por Skaric, 1994).

Todas estas circunstancias, sumadas a las restricciones impuestas por la Comunidad Económica Europea (C.E.E.) al uso y comercialización del PCP y maderas tratadas con él, hacen necesario estudiar productos alternativos que sean capaces de inhibir el desarrollo de los agentes causantes de la mancha azul de la madera aserrada, pero que a su vez presenten una adecuada inocuidad ecológica y toxicológica (Peredo, 1993). Actualmente están apareciendo en el mercado algunos productos alternativos, que sin ser naturales, producen un menor grado de contaminación, o bien, un efecto residual más corto ante el contacto con individuos vivos. No obstante, ninguno de estos productos ha demostrado un 100 % de eficacia en el control de la mancha y además, todos poseen una formulación que entrega algún grado de toxicidad y lenta degradación en el organismo humano y medio ambiente (Navarrete y Rosende, 1992a).

En el país, se ha evaluado la eficacia de muchas alternativas de preservantes antimancha y para ello se han utilizado diferentes metodologías, que van desde métodos de laboratorio hasta evaluaciones realizadas en terreno. No siempre debemos afianzarnos en la eterna dependencia tecnológica, lo que se ve reflejado en la confianza que se

tiene en que en algún momento los países desarrollados entregarán una solución perfecta (Skaric, 1994).

El presente estudio evaluó la eficacia en terreno de 4 fungicidas sin fenoles clorados en su formulación, con el fin de prevenir daños económicos producidos por mancha azul y otros mohos en madera aserrada de Pinus radiata D. Don. Este estudio se realizó en la empresa **ANDINOS S.A.**



## II OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General.

- a) Evaluar la eficacia en terreno de 4 preservantes antimancha, sin fenoles clorados en su formulación, como sustitutos del pentaclorofenato de sodio.

### 2.2 Objetivos Específicos.

- a) Determinar el antimancha más eficiente en el control de la mancha azul y de mohos.
- b) Comparar la eficacia de cada antimancha con pentaclorofenato de sodio.
- c) Determinar la penetración de la mancha azul en madera aserrada de Pinus radiata D. Don. bañada con los antimanchas en estudio.

### III REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 3.1 Origen y Clasificación de las Manchas de la Madera.

Por mancha de la madera, se entiende a la coloración que ésta adquiere, tanto en trozos como en madera aserrada, debido al resultado de la acción de hongos lignícolas, denominados lignimaculans (Donoso, 1972; citado por Skaric, 1994). Este grupo de hongos es el más importante, en lo que a frecuencia de daño se refiere, de los organismos de biodeterioro detectados en madera aserrada de Pino insigne en Chile (Muñoz, 1983).

El efecto ocasionado por estos hongos básicamente es de tipo estético, aunque se considera que en forma indirecta puede facilitar el acceso de hongos de pudrición (Siegel y Sisler, 1977). En cuanto a los hongos involucrados, existe una gran diversidad de especies causantes de mancha, muchas de las cuales suelen producir también moho bajo ciertas condiciones (Muñoz, 1983).

Castillo y Micheli (1970), señalan que el origen de las manchas que presenta la madera se conocen desde tiempos muy remotos, ocasionados por diferentes causas. Por ejemplo, el sólo hecho de exponer la madera al contacto con el aire ocasiona una mancha de tipo química producto de una oxidación de la lignina. Es así, que dentro de los orígenes más frecuentes de las manchas es posible destacar aquellos por:

1. Oxidación o cambios químicos por la presencia de oxígeno ( $O_2$ ), Ozono ( $O_3$ ) y Dióxido de Carbono ( $CO_2$ ).
2. Efecto de la intemperie, luz ultravioleta, humedad, temperatura.
3. Contacto de la madera con elementos químicos, en especial el fierro que reacciona con los taninos presentes en la madera.
4. Sobrecaentamiento, el que puede producir obscurecimiento por carbonización.
5. Desarrollo en la madera de hongos-mancha o de mohos.

De este modo, las manchas se pueden clasificar como físicas y/o químicas y fungosas, y esto depende si son causadas por agentes abióticos o bióticos respectivamente.

3.1.1 Manchas Químicas. Estas manchas se deben principalmente a la presencia de compuestos orgánicos y algunos fermentos solubles en la albura de muchas maderas, de manera que en condiciones favorables de humedad y temperatura se produzca una oxidación de tales compuestos bajo la acción de enzimas, resultando así una decoloración de tipo superficial que puede ser eliminada mediante un buen proceso de cepillado (Kollmann y Cote, 1968; Castillo y Micheli, 1970; Osorio, 1973; Skaric, 1994).

Es necesario destacar coloraciones de origen químico y/o físico que suscitan sobre la madera tonalidades que pueden variar de azul pálido a negro, rojo pardo a grisáceo y cuyas causas consisten en reacciones de oxidación con

elementos metálicos (cobre, hierro), y principalmente procesos fotoquímicos y térmicos (Nicholas, 1973).

3.1.2 Manchas Fungosas. Las manchas fungosas que afectan a las maderas, constituyen un importante factor de depreciación por el aspecto no deseado que le imprimen a éstas. Entre los diversos tipos de manchas fungosas, aquellas que tienen la particularidad de penetrar en la madera, son las que causan la mayor merma en la comercialización de este producto (Osorio, 1986).

La mayoría de manchas de la madera son ocasionadas por hongos, dentro de los cuales hay que hacer notar la diferencia entre hongos destructores de la madera y hongos mancha o mohos (Kollmann y Cote, 1968; Osorio, 1973; Aguilar, 1985). Estos últimos por lo general actúan casi siempre en la albura de la madera, siendo a veces muy superficial, la cual ocasionan en ella una coloración que varía desde el gris azulado, al verde o negruzco, siendo en algunos casos amarillo o naranja.

Los hongos son microorganismos de origen vegetal que se reproducen por esporas y como no poseen clorofila, obtienen su alimento de sustancias orgánicas sintetizadas por plantas que pueden realizar fotosíntesis. Las esporas de los hongos, se encuentran en gran abundancia en el aire y la tierra esperando la aparición de condiciones favorables para su germinación y posterior desarrollo. De las esporas nacen las hifas, que se introducen inicialmente en la

madera a través de los radios leñosos para alimentarse de las sustancias de reserva y posteriormente secretar enzimas capaces de descomponer la pared celular (Améstica y Sepúlveda, 1994).

En relación a la estructura de la madera, en especial de sus fibras, éstas prácticamente no presentan debilitamiento (Kollmann y Cote, 1968; Castillo y Micheli, 1970; Skaric, 1994).

Nicholas (1973), establece que hay diferentes coloraciones de la madera, que van desde el azulado oscuro, verdes, rosadas, naranjas, amarillo pálido y amarillo oscuro, causadas por hongos de mancha de diversos géneros, tales como Ceratocystis sp., Sphaeropsis sp., Graphium sp., Auerobasidium sp., Cytospora sp., Penicillium sp., Geotrichum sp., Fusarium sp., Cephaloascus sp. y Gymnoascus sp., siendo éstos los más relevantes.

3.1.2.1 Mancha Azul y factores que influyen en su desarrollo. Entre las manchas internas de la madera, la más común es la denominada mancha azul (Butin y Zicha, 1973; citados por Osorio, 1986). En Chile, gran número de maderas de uso común sufren esta alteración, siendo frecuente e intensa en Pinus radiata D. Don (Osorio, 1986).

R. Hartig a fines del siglo pasado, hace la primera descripción del hongo que produce el azulado, el cual indicó que en las coníferas lo producía la especie

Ceratostomella pilifera (Fries) Wint. Más tarde, después de las investigaciones de *E. Munch*, el azulado fue atribuido a varias especies, de las cuales las más importantes son Ceratostomella pini y Ceratostomella coerulea (Kollmann y Cote, 1968).

Los hongos causantes de la mancha azul (cromógenos) se desarrollan muy bien en la albura de maderas blancas bajo condiciones apropiadas de humedad y temperatura, siendo las óptimas para su crecimiento las comprendidas entre 24 y 35 °C, y humedades superiores al 30 %. Bajo determinadas condiciones de desarrollo, existen algunas especies de hongos que experimentan velocidades de crecimiento equivalentes a 1 cm cada 24 horas (Peredo, 1993).

El azulado de la madera es producido por el micelio de un grupo de hongos que invaden las células de la albura. El color normalmente azul y visible a simple vista, se debe a fenómenos ópticos y ha sido explicado como una forma de refracción inducida por la dispersión de rayos de luz muy finos, que denotan la presencia de hifas oscuras que se ven a través de paredes celulares transparentes (Findlay, 1967; citado por Muñoz, 1983); más precisamente por la difracción de la luz en el mucílago externo de las paredes hifales (Donoso, J., comunicación personal; citado por Skaric, 1994). Estos hongos, que son bastantes numerosos, son especies del género Ceratocystis y otros géneros próximos de los *Ascomycetes* o especies incluidas dentro de los *Deuteromycetes* (Torres, 1970). Es importante destacar que en Chile, dentro de este complejo fungoso, los géneros más

representativos son Ceratocystis, Sphaeropsis y Alternaria (Skaric, 1994).

Las hifas, al formarse, son hialinas durante unos días y después adquieren su color pardo característico, desarrollándose principalmente en las células parenquimáticas de los radios leñosos, de cuyo contenido se alimentan. Su desarrollo en las traqueidas es mucho menos marcado. El micelio utiliza generalmente las puntuaciones areoladas, como también aquellas situadas en el campo de cruce, para pasar de una célula a otra; sin embargo, también puede atravesar directamente la pared celular reduciendo notablemente el grosor de sus hifas (Kollman y Cote (1968); Castillo y Micheli, 1970; Torres 1970).

Las zonas manchadas en la madera, miradas en un corte transversal, tienen forma de cuña (Castillo y Micheli; 1970).

Estos hongos no atacan la celulosa y la lignina, compuestos que constituyen las paredes celulares, debido a que no poseen las enzimas necesarias para depolimerizarlas, por lo que se nutren exclusivamente de las sustancias de reserva del parénquima de la albura de la madera. También es necesario aclarar que estos organismos no atacan el duramen, pues éste no posee parénquima y las paredes celulares presentan mayor densificación (Kollman y Cote, 1968; Torres, 1970). Sin embargo lo anterior es una regla general, pues excepcionalmente se han observado, en algunas

especies, manchas a nivel del duramen (Rosende R., comunicación personal; citado por Skaric, 1994).

La propagación de la mancha azul es favorecida por la acción del viento, lluvia, insectos, inóculos e inevitablemente el hombre, entre otros (Kollman y Cote, 1968; Osorio, 1973).

Se debe dejar en claro que la mancha azul no es una pudrición. Las pudriciones son graves alteraciones de las paredes celulares de las células leñosas, mientras que el azulado actúa sobre contenidos celulares y produce sólo cambios de color en la madera, que no afectan, como las pudriciones, a su estructura física, ni producen grandes variaciones a sus propiedades físicas y mecánicas (Torres, 1970). Se han realizado varias investigaciones tendientes a determinar el efecto de la mancha azul sobre las propiedades mecánicas de la madera. Los resultados de estos ensayos han permitido comprobar que un proceso de mancha muy intenso, provoca una disminución muy sensible en el módulo de elasticidad y los coeficientes de tracción, flexión y compresión (Peredo, 1993); igual alcance puede hacerse sobre las pastas celulósicas producidas a partir de madera manchada (Kollmann y Cote, 1968; Castillo y Micheli, 1970; Karsulovic T. y Gonzalez J. comunicación personal, citados por Skaric, 1994).

Respecto a su acción sobre la madera aserrada, y análogamente a los hongos de moho, los agentes productores de mancha azul están condicionados en su aparición y

desarrollo, fundamentalmente por la humedad de la madera, y la temperatura del ambiente en que ésta se encuentra. Por otra parte, se atribuye un cierto grado de susceptibilidad al ataque de hongos, que varía con la especie forestal (Skaric, 1994; quien citó a Rosende, R.).

Estudios realizados en Chile, pero no publicados, concluyen que la albura de Pino radiata puede clasificarse como material de baja o escasa resistencia al ataque de hongos, bajo condiciones hídricas y térmicas convenientes (Skaric, 1994).

La madera manchada es más higroscópica que la sana, debido probablemente a su mayor porosidad, sin embargo, no existen diferencias apreciables en su velocidad de secado ni en su contenido de humedad de equilibrio higroscópico (Kollmann y Cote, 1968; Torres, 1970; Skaric, 1994; quien citó a Gutierrez, M.). Tampoco existen diferencias notables entre la duración de la madera manchada y la sana, y aunque se supone vulgarmente que la madera azulada se impregna con mayor dificultad, especialmente cuando se utilizan preservantes oleosos, se ha comprobado que en las mismas condiciones de humedad inicial y peso específico aparente, la madera manchada absorbe mayor cantidad de creosota que la madera sana. Como el azulado no afecta a la proporción de celulosa de la madera, su influencia en la fabricación de papel es únicamente la de aumentar ligeramente los costos de blanqueo de la pasta y las cantidades de antiespumante (Torres, 1970; Skaric, 1994, quien citó a Peredo e Inzunza, 1990).

3.1.2.1.1 Temperatura. La temperatura es uno de los factores preponderantes en el desarrollo de la mancha azul, cuyo espectro de acción llega a ser tan amplio que el complejo fungoso puede desarrollarse entre los 5 y los 35 °C (Castillo y Micheli, 1970), sin embargo, las temperaturas óptimas para el establecimiento de los hongos varía entre los 20 a los 25 °C (Kollmann y Cote, 1968; Smith, 1970; Osorio, 1973). De acuerdo a lo anterior, los meses de verano, considerando fin de la primavera y comienzos de otoño, son aquellos más favorables para el desarrollo natural del complejo fungoso que provoca la mancha, en especial durante y después de períodos lluviosos (Castillo y Micheli, 1970; Torres, 1970).

Los hongos que provocan la mancha azul, son más resistentes a las bajas que a las altas temperaturas. En este sentido, se ha comprobado que una exposición prolongada de estos hongos, durante varios días, a la máxima temperatura tolerable, mata a los micelios causantes de la mancha azul (Muñoz, 1983; Torres, 1970). De esta manera, si la capacidad de secado en Chile aumentara considerablemente, los procesos de baño antimancha se verían reducidos puesto que controlando aquella variable se evitaría el avance e incluso la aparición de mancha azul antes, durante y posterior al almacenamiento en cancha (Skaric, 1994).

3.1.2.1.2 Humedad y presencia de oxígeno. Este es otro factor de gran importancia en el desarrollo de los hongos que causan la mancha azul en la madera aserrada. A

diferencia de los organismos causantes de moho, para que los hongos de mancha tengan la posibilidad de subsistir y desarrollarse, es necesario que la madera presente un contenido de humedad que fluctúe entre un 20 y 140 %, considerando que su óptima evolución se encuentra a humedades próximas al punto de saturación de las fibras (que son más bajos que los requeridos por hongos de pudrición), es decir, entre un 28 y un 30 % (Castillo y Micheli, 1970; Osorio, 1973). El límite superior que se indica (140 %), prácticamente coincide con el contenido de humedad de la albura de un árbol recién cortado, lo que explicaría la rapidez con que se altera la madera de los árboles recién volteados (Skaric, 1994).

El contenido de humedad está directamente relacionado con la presencia de oxígeno en la madera, de modo que a niveles muy altos de humedad ocasiona una crítica situación para los hongos causantes de mancha azul, debido a que ellos son aeróbicos, es decir, requieren de oxígeno para su evolución (Castillo y Micheli, 1970; Poo, 1984). Debido a este motivo se riega la madera que se encuentra en las canchas de los aserraderos.

Los estudios han indicado que el complejo fungoso que provoca la mancha azul puede permanecer en estado de latencia durante un largo período, cuando la humedad de la madera es inferior al mínimo tolerable, pero es capaz de entrar en actividad una vez que la humedad vuelve a ser favorable (Muñoz, 1983; Osorio, 1973). Esto es muy

importante de destacar, debido a que la madera seca puede ser atacada sino se protege adecuadamente.

3.1.2.1.3 Substrato leñoso. Los hongos causantes de la mancha, es posible observarlos principalmente en la albura de ciertas coníferas, sobre todo en el sentido radial, lo que es muy común debido a que en ella se concentran las sustancias que le sirven de alimento, tales como el almidón y azúcares (Rose, 1987). Por otro lado, el duramen presenta mayor concentración de taninos que no permiten el desarrollo de los hongos (Kollmann y Cote, 1968; Aguilar, 1985).

La densidad de la madera dificulta el desarrollo inicial de los hongos, no obstante, después que ha logrado penetrar en la madera de mayor densidad, el ataque se hace más agresivo. Con respecto a la estructura anatómica, los tejidos de menor resistencia al ataque fúngico corresponden a los radios leñosos, que son rápidamente afectados por los hongos (Améstica y Sepúlveda, 1994).

Dentro de las coníferas, los géneros con mayor tendencia al ataque fúngico corresponde al Pinus, Picea y Abies (Aguilar, 1985).

El desarrollo de este complejo fungoso está influenciado directamente por el pH de la madera, el cual mejora a pH ácido (Byrne, A. et al., 1983).

### 3.1.3 Descripción de la mancha azul y de mohos.

#### 3.1.3.1 Mancha azul.

3.1.3.1.1 Ceratocystis pilifera (Fries) C. Moreau. En un estudio realizado por Navarrete y Rosende (1992a), en la empresa ANDINOS S.A., concluyeron que el hongo Ceratocystis pilifera presenta una fuerte participación en el manchado azul de la madera aserrada. Así mismo, en estudios realizados en diversos lugares de la provincia de Valdivia por Osorio (1986), determinó que este hongo es fuertemente manchador y con gran poder de penetración.

Al igual que otras plagas, es necesario conocer todas las características estructurales de éste agente causal de la mancha azul. Osorio (1973) en su trabajo hace una caracterización específica de este hongo y señala que el estado perfecto está representado por un peritecio desarrollado (FIGURA 1 A). La base del peritecio es globosa, de color negro, de 140 a 250  $\mu\text{m}$  de diámetro; ornamentado con hifas tabicadas, de color pardo, de 100 a 300  $\mu\text{m}$  de largo por 2 a 3  $\mu\text{m}$  de ancho. El cuello del peritecio es delgado, de color negro, en general erecto salvo en algunos casos donde se presenta levemente curvado, de 600 a 1800  $\mu\text{m}$  de largo, con un diámetro de 9 a 18  $\mu\text{m}$  en su punta y de 18 a 32  $\mu\text{m}$  en su base. La punta del cuello presenta hifas ostiolares hilianas en número de 10 a 25, que tienen un largo de 12 a 75  $\mu\text{m}$  por 1,5 a 2,3  $\mu\text{m}$  de diámetro (FIGURA 1 C).

Las ascosporas son unicelulares, hialinas, curvadas, con forma de poroto o semejante a gajos de naranja, de 4,5 a 5,3  $\mu\text{m}$  de largo y 1,5 a 2,3  $\mu\text{m}$  de ancho, muy regulares en forma y tamaño (FIGURA 1 B), son exudadas por el ostiolo formando una gota viscosa, mucilaginoso, siendo éstas las unidades de propagación y que se encuentran siempre presentes en el aire, en áreas de aserraderos y bosques (Rose, 1987).

El micelio aéreo es hialino a café claro, frecuentemente crece formando un cordón constituido por varias hifas. También hay hifas de color café oscuro, frecuentemente ramificadas, y tienen un diámetro de 1,5 a 3,8  $\mu\text{m}$ ; son tabicadas y la distancia entre tabiques es de 15 a 39  $\mu\text{m}$ .

El estado conidial presenta conidióforos del estado *Sporotrix*, los que se caracterizan por desarrollarse aislados, algunas veces bifurcados; son tabicados, hialinos, de 30 a 40  $\mu\text{m}$  de largo por 1,5 a 3  $\mu\text{m}$  de ancho. A lo largo del conidióforo se desarrollan los conidios en forma simpodial, tomando esta formación un aspecto de ramillete. Cuando los conidios se desprenden, el conidióforo se muestra denticulado, a modo de raquis, y se aprecia en la base un poco más ancho que en su parte distal. Los conidios son unicelulares, hialinos, cilíndricos e elipsoides alargados, anchos en la parte distal y ahusados hacia la zona basal, zona en la cual se puede observar una pequeña puntuación que corresponde al lugar de adherencia; su tamaño es de 3,8 a 9  $\mu\text{m}$  de largo

por 1,5 a 3  $\mu\text{m}$  de ancho (FIGURA 1 E). Inicialmente, se encuentran únicamente conidióforos del estado *Hyalodendron* que presentan conidios muy semejantes en forma y tamaño a aquellos del estado *Sporotrix* (FIGURA 1 D).

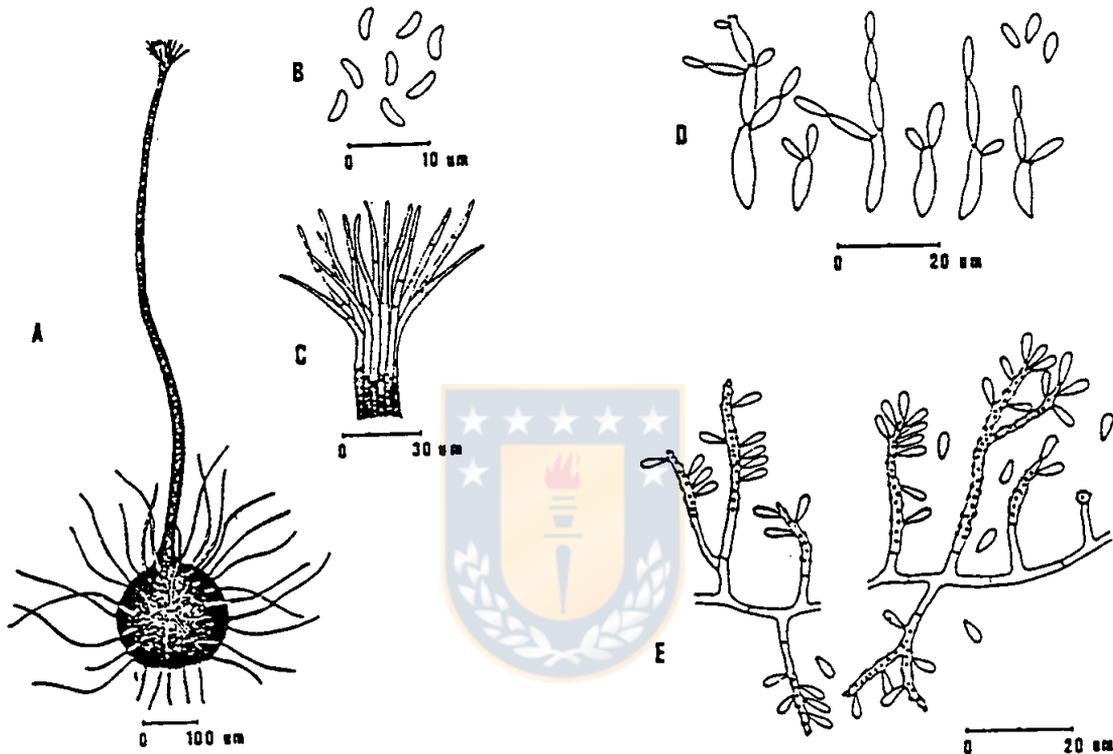


FIGURA 1: *Ceratocystis pilifera*: A Peritecio; B Ascosporas; C Punta del cuello mostrando las hifas ostiolares; D Conidióforos y Conidios del estado *Hyalodendron*; E Conidióforos y conidios del estado *Sporotrix*.

3.1.3.1.2 *Sphaeropsis sapinea* (Fr.) Dyko & Sutton. Este hongo produce manchado de madera en pie, aserrada, rollizos y astillas. Se observa un color gris azulado, generalmente en forma de cuña, debido al crecimiento del micelio a través de los radios medulares.

Sphaeropsis sapinea sobrevive como micelio o picnidios en ápices, tallos, conos o en la litera del bosque. Las conidias liberadas desde los cuerpos frutales, son diseminadas especialmente durante períodos cálidos y lluviosos, primavera y otoño. La máxima producción de conidias coincide generalmente con el rompimiento de las yemas, y la elongación de acículas y ápices. En Chile se ha determinado que las conidias están presentes durante todo el año, específicamente en localidades de la Octava Región (González y Sanfuentes, 1992).

La penetración se puede realizar en forma directa o a través de tejido dañado (podas, insectos, granizo, etc.)

Se ha observado al hongo desarrollándose como saprófito en corteza de ramas o fustes y escamas de conos sin producirse infecciones, de tal manera que, se hace evidente que factores como la sequía, excesos de agua, deficiencias nutricionales, ataques de insectos, o cualquier tipo de heridas, producidas especialmente en tejido no lignificado, están favoreciendo la ocurrencia y desarrollo de este hongo (González y Sanfuentes, 1992).

3.1.3.2 Mohos. Los mohos son microorganismos que desarrollan su micelio en la superficie de la madera, presentándose como una acumulación superficial con apariencia algodonosa, cuyas tonalidades varían del azul verdoso a amarillento o rojizo. Este tipo de hongo

pertenece a la subdivisión Deuteromicetes y por tratarse de hongos que carecen de fase sexual o estado perfecto, suelen llamarse *fungi imperfecti* (hongos imperfectos) (Nicholas, 1973; Rose, 1987).

Dentro de los géneros más comunes se encuentran: Trichoderma, Penicillium, Gliocladium, Aspergillus, Mucor y Rhizopus (Rose, 1987).

Este grupo de hongos ocasiona una alteración fúngica superficial debido a que las hifas normalmente no se introducen profundamente en la madera, pudiendo ser eliminadas a través de un cepillado. Sin embargo, puede constituir un defecto grave en maderas que han de servir para fabricar envases destinados a contener ciertas clases de alimentos quedando expuestos a una posible contaminación (Hunt y Garrat, 1967; citados por Améstica y Sepúlveda, 1994).

### 3.2 Pentaclorofenato de sodio.

Los productos organo-clorados, como es el caso del Pentaclorofenato de sodio, se han usado a partir de la década del 30, a nivel mundial, como preservante de la madera, obteniéndose buenos resultados en el control de los organismos biodegradadores (Clasing, 1987).

En Chile, una de las formas más efectivas para evitar la acción de los hongos y mohos causantes de la mancha de la madera, es la aplicación de productos químicos, tales como

el Pentaclorofenato de sodio en determinadas concentraciones (Juacida y Peredo, 1980; Peredo y Torres, 1987).

En términos generales, el nombre de *Penta* abarca, en el lenguaje común, varios productos químicos:

- Pentaclorofenol, como tal.
- Pentaclorofenato de sodio.
- Mezcla de Borax y Pentaclorofenato de sodio con tetraclorofenato de sodio (Skaric, 1994).

Las razones del por qué varios productores han detenido su fabricación, como es el caso del PCPNa y PCP, en general son las siguientes:

- Procesos de fabricación ineficientes y contaminantes.
- Ausencia de instalaciones para el tratamiento de los desechos.
- Razones de salud pública (dioxinas), como consecuencia del manejo y uso de Pentaclorofenoles en general, de dudosa fabricación (Skaric, 1994).

Este producto, en la actualidad se le emplea casi exclusivamente como fungicida en el tratamiento de la madera recién cortada o aserrada, para la protección temporal contra la mancha azul y mohos, mediante inmersión breve en solución acuosa de PCPNa del 2 al 4 % (con adición de Borax en igual proporción) (Skaric, 1994).

En la obtención de este producto antimancha se hace burbujear cloro-gas en los fenoles disueltos en solventes orgánicos, a fin de obtener pentaclorofenol, sin embargo, este producto incoloro y tóxico no es soluble en agua (oleosoluble), por lo que es necesario realizar una fenación, que consiste en agregarle un elemento que tenga afinidad por ella (alcalinos térreos), y además que forme un puente de conexión (OH) con la molécula, de aquí que el elemento utilizado es el sodio, quien se combina en forma de hidróxido de sodio (NaOH), resultando así el pentaclorofenato de sodio (hidrosoluble) (Skaric, 1994).

El principio de acción de este producto antimancha, se basa en la coagulación citoplasmática que ocasiona el fenol, potenciando su espectro con cloro (Donoso, J. comunicación personal; citado por Skaric, 1994).

3.2.1 Limitaciones al Pentaclorofenato de sodio en el Mercado Europeo. El PCP presenta indiscutiblemente una toxicidad aguda. En la Comunidad Económica Europea (CEE), el PCP está clasificado como tóxico. En el caso de la rata, y después de ser administrado por vía oral, el nivel LD 50 (Dosis Letal 50, marca el nivel en el que el 50 % de los animales mueren) es del orden de:

- PCP ==> 50 mg/Kg
- PCPNa ==> 210 mg/Kg (Skaric, 1994).

El uso como producto antimancha está limitado a excluido en los principales mercados internacionales (Comunidad

Europea, particularmente países nórdicos, Alemania, Italia, Holanda y otros, sólo aceptando por vía de excepción con moratoria cercana, en Francia y en los Estados Unidos) (Skaric, 1994). Las razones de esta determinación radica en la presencia de ciertos compuestos químicos denominados Dioxinas, que se acoplan a las moléculas de clorofenoles durante el proceso de cloración, e incluso a partir de diclorofenol (Ramade, 1979). La más peligrosa de estos compuestos es la T.C.D.D. (Tetracloro Dibenzo paradioxina), extremadamente tóxica a niveles muy pequeños (0,28 mg/Kg), y en dosis subletal produce en mamíferos, malformaciones, hiperplasia y mutaciones teratógenas (Skaric, 1994).

En los países integrantes de la Comunidad Económica Europea, la comercialización de maderas tratadas con PCP, está regulada por la Directriz de Comercialización de Productos Químicos 76/769. La IX enmienda a esta Directriz se refiere a la comercialización y utilización del PCP y se introdujo a solicitud de Alemania en el año 1988. La proposición alemana fue adoptada en marzo de 1991, con lo cual se restringe el uso de la madera tratada con PCP de acuerdo a los siguientes conceptos (Peredo, 1993):

- Se prohíbe el uso de madera tratada con PCP en interiores de construcciones y viviendas.
- Se prohíbe el uso de madera tratada con PCP en la fabricación de cajas, embalajes y contenedores.
- El PCP no debe contener Hexaclorodibenzoparadioxina (HCDD) en concentraciones superiores a 4 partes por millón.

- El PCP no debe ser colocado en el mercado en recipientes menores de 20 litros de capacidad.
- El PCP no debe ser vendido al público en general.
- Los recipientes que contienen el producto deben ir rotulados con la leyenda "Reservado para utilización industrial y profesional".

Alemania, Dinamarca, Holanda y Luxemburgo, que votaron contra la Directriz, ya que proponían la prohibición total, se han reservado el derecho de prohibir totalmente el uso del PCP y maderas tratadas con él, en sus respectivos países, de acuerdo al Artículo 100-A, Párrafo 4 del Acta Unica Europea (David, 1991; citado por Peredo, 1993).

3.2.2 Los Problemas del PCP para la Salud Humana. El pentaclorofenato de sodio puede ser absorbido por ingestión, inhalación y a través de la piel. Esta última vía es la de mayor importancia en la exposición laboral. Una vez absorbido, el PCP se distribuye rápidamente en todo el organismo. Inicialmente la mayor fracción se acumula en el hígado, donde es parcialmente metabolizada (Peredo, 1993).

El tiempo medio de eliminación es aproximadamente de 30,2 horas. Un simple día de exposición en el trabajo a  $0,5 \text{ mg/m}^3$  requerirá de alrededor de 168 horas para que se elimine el 86 % de la dosis original (ACHS, 1987; Peredo, 1993).

El PCP actúa en el organismo alterando la generación y utilización de la energía producida por el metabolismo de los azúcares y de las grasas. El mecanismo básico de la toxicidad es una estimulación del metabolismo oxidativo de las mitocondrias celulares que lleva a un aumento de la temperatura corporal, de la frecuencia del pulso y de la transpiración, produciendo, en último término, una reducción acelerada de las reservas de azúcares y grasas del organismo (ACHS, 1987; Peredo, 1993).

3.2.2.1 Alteraciones Médicas producidas por el PCP. Las principales alteraciones en el organismo humano provocado por la acción del PCP son las siguientes (Peredo, 1993):

a) Intoxicación aguda.

- Acción Local.

- Irritación de las mucosas nasal, faríngea, bronquios y las conjuntivas.

- Acción generalizada.

- Transpiración profusa.
- Dolor de cabeza.
- Debilidad general.
- Náuseas.
- Sed intensa.
- Dolor de pecho y abdomen.
- Pérdida progresiva de la conciencia.
- Coma.

b) Intoxicación crónica.

- Acción Local.

- Dermatitis de contacto.
- Conjuntivitis.
- Bronquitis.
- Cefalea.
- Dolores neurológicos y abdominales.
- Insomnio.
- Adinamia.
- Náuseas, diarrea, vómitos.

- Acción generalizada.

- Baja de peso.
- Daño hepático.



El PCP no produce efectos per se, teratogénicos, es decir, no habría malformación del feto. Paralelamente, es considerado no mutagénico por el Departamento Internacional de Investigación del Cáncer (International Agency for Research on Cancer, IARC), organismo dependiente de la Organización Mundial de la Salud (World Health Organization, WHO) (Skaric, 1994).

#### IV MATERIALES Y METODO.

##### 4.1 Materiales de Ensayo.

4.1.1 Especie utilizada. La especie forestal que se utilizó para la evaluación de los fungicidas fue Pinus radiata D. Don, ya que es la mas afectada por la mancha azul y corresponde a la especie comercial más importante en el país.

La materia prima se obtuvo de la madera que recibe y utiliza la empresa ANDINOS S.A., Planta Cabrero, VIII Región.

Los trozos de madera se procesaron en el aserradero de la empresa, para obtener escuadrías de 39 x 97 mm, que corresponden a una de las mas frecuentemente producidas.

4.1.2 Fungicidas a utilizar. Los fungicidas utilizados en este ensayo corresponden a preservantes antimancha sin fenoles clorados en su formulación, y que tienen una menor toxicidad para la salud humana y para el medio ambiente que el producto PCP.

En el estudio los productos se identificaron con letras, ya que otras características mas precisas de los ingredientes activos como estructura, formulación o nombres comunes no

fueron proporcionados, debido a motivos particulares de la empresa.

La TABLA 1 presenta los antimanchas que se emplearon en este estudio con sus respectivas concentraciones de operación para verano.

TABLA 1. PRESERVANTES ANTIMANCHA SIN FENOLES CLORADOS EN SU FORMULACIÓN.

Producto	Ingrediente Activo	Concentración de Operación Verano
A	Compuesto órgano bromado (45 %) + 2 % bórax	5 %
B	Sales sódicas bromofenoladas (35 %) + 3 % borax	8 %
C	Quinolinolato 8 de cobre + 1.5 % borax	2.5 %
D	TBP (35 %)	7 %

Para comparar la eficiencia de los fungicidas en estudio se utilizó PCP como fungicida de referencia, el cual se aplicó al 2.5 % de concentración + 3 % de borax. También se compararon con las piezas sin baño antimancha.

4.1.3 Xilohigrómetro. Este instrumento se utilizó para controlar el contenido de humedad general de cada una de las escuadrías.

4.1.4 Baños para tratamientos. Para llevar a cabo los baños antimancha se utilizó la infraestructura que dispone la Subgerencia de Estudios y Calidad para sus estudios, y que consiste en una pequeña piscina formada por cuatro tambores soldados en sus extremos.

Los baños se hicieron en forma manual con dos personas que introducían cinco piezas de madera en la piscina en cada oportunidad, y que además las mantuvieron sumergidas por el tiempo de un minuto el cual fue cronometrado. Este procedimiento fue idéntico para cada uno de los antimanchas.

4.1.5 Medio de cultivo. Se recolectó en la empresa ANDINOS S.A. trozos de madera con mancha azul y mohos, con el objeto de preparar en laboratorio micelio y esporas del complejo fungoso, especialmente del hongo Ceratocystis pilifera (Fries) C. Moreau.

Todos los aislamientos se realizaron en el laboratorio de Fitopatología Forestal de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad de Concepción, a cargo del profesor don Gastón González V.

a) Aislamiento de Ceratocystis pilifera. Se efectuaron aislamientos mediante suspensión de ascosporas tomadas de la zona ostiolar de los cuerpos fructíferos presentes en el material colectado. También se usó como inóculo una suspensión de peritecios macerados en agua destilada esterilizada. Luego tanto las ascosporas como la suspensión de peritecios se colocaron en pequeñas cantidades en el centro de discos de Petri que contenían Malta - Agar, y posteriormente estos cultivos fueron incubados a 25 °C durante dos semanas.

Tanto para los aislamientos como para el manejo de cultivos puros se utilizó una cámara de flujo laminar previamente esterilizada.

b) Aislamiento de Sphaeropsis sapinea. De rodelas de madera con este hongo, se sacaron astillas las que fueron esterilizadas sumergiéndolas en una solución de hipoclorito de sodio con agua (en una relación de 1:9) durante 30 segundos. Con pinzas esterilizadas estas astillas fueron colocadas en el centro de discos de Petri. Estos discos fueron incubados a 25 °C durante dos semanas.

c) Aislamiento de mohos. Con un bisturí esterilizado se recolectó pequeñas porciones de micelio de los diferentes mohos encontrados en los trozos de madera, y luego se procedió a colocarlos en el centro de los discos de Petri. Cada disco fue enumerado de acuerdo al tipo de moho presente y fueron incubados del mismo modo que en los puntos a) y b), pero durante una semana ya que las colonias se desarrollan rápidamente.

d) Substrato de Malta - Agar. En la preparación del inóculo se usó un nutriente medio consistente de un 2 % de extracto de malta, y de un 2 % de agar, según la norma ASTM D 4445-91 (American Society for Testing & Materials, 1991).

Este substrato fue esterilizado en un autoclave a 121 °C y 15 psi (0.1 Mpa) de presión durante 20 minutos.

4.1.6 Aspersor. Este equipo fue usado para la aspersión de una suspensión del inóculo en la madera bañada con los fungicidas en estudio. Se utilizó un aspersor marca SOLO con una capacidad de 15 litros.

4.1.7 Nylon. El nylon se empleó para cerrar los paquetes con las respectivas probetas de ensayo (escuadría 39 x 97 mm, por 2 metros de largo), bañadas con los preservantes mencionados e inoculadas con los hongos que provocan la mancha azul, de tal forma de obtener una temperatura y humedad mas favorable que la que existe en el ambiente. Se pretendió lograr con esto simular las condiciones de transporte marítimo en bodega.

4.1.8 Red de puntos. Se confeccionó una red de puntos de 2000 celdillas, con un área de  $0.97 \text{ cm}^2$  ( $1 \text{ cm} * 0.97 \text{ cm}$ ) por celdilla. Las celdillas se confeccionaron con estas medidas de acuerdo a la dimensiones de la cara mas ancha de la escuadría.

#### 4.2 Metodología Experimental.

En este estudio se propone realizar un ensayo industrial de acuerdo a lo publicado por Navarrete y Rosende (1992a), y que tiene su origen en ensayos realizados por la Subgerencia de Estudios y Calidad de ANDINOS S.A. desde el año 1990. Esta metodología original ha sido modificada por

el autor de este estudio, presentando un diseño experimental diferente y una inoculación artificial de los agentes que causan manchas en la madera. El método empleado deberá determinar el preservante antimancha más efectivo, comparado con PCP debido a su efectividad ya comprobada.

La evaluación de los sustitutos del PCP se realizó bajo las condiciones más desfavorables para la madera, debido a que generalmente los productos antimancha están expuestos a una infinidad de situaciones y ambientes diversos, como así ocurre en este país tan heterogéneo en clima. En este método de trabajo los hongos tuvieron las condiciones necesarias de humedad y temperatura para desarrollarse con rapidez y efectividad.

4.2.1 Antecedentes preliminares. Se detallan a continuación ciertos antecedentes que ayudarán a comprender el trabajo de tipo industrial que se realizó en la empresa.

a) Localización del ensayo. El lugar en que se realizó el estudio fue la empresa ANDINOS S.A., ubicada en la ciudad de Cabrero, VIII Región.

b) Fecha de realización. El ensayo se realizó los días 10, 12 y 13 de septiembre, debido a que en esta fecha las condiciones ambientales son favorables para la proliferación de hongos y mohos de la madera. Luego en forma quincenal se realizaron los controles culminando el 19 de diciembre de 1996.

c) Dimensiones de las Probetas. Las probetas corresponden a la escuadría 39 x 97 mm, por 2 metros de largo. Esta escuadría es una de las producidas y utilizadas por la empresa, y que junto a otras tienen una importante participación en la fabricación de molduras.

d) Paquetes. Las piezas que conformaron los paquetes estuvieron sin separadores y sin techo, ya que Navarrete y Rosende (1992a) señalan que sin estos elementos aumenta el ataque de hongos manchadores, debido a que la menor luminosidad y la disminución más lenta de la humedad favorecen la aparición de superficie manchada.

4.2.2 Proceso general del ensayo. El proceso secuencial del ensayo es el siguiente:

a) Preparación del inóculo. En laboratorio se procedió a preparar el inóculo con los hongos obtenidos de las muestras de madera manchada recolectadas en la empresa de acuerdo al punto 3.1.5.

b) Obtención de la materia prima. La madera se eligió de aquella recién obtenida del bosque, que fue recepcionada en la cancha de trozas de la planta.

c) Preparación de las probetas. Se aserreó la madera en escuadrías de 39 x 97 mm, por 2 m de largo.

El ensayo se estableció con 25 piezas de esta escuadría como unidad experimental.

d) Baños antimancha. Se procedió a bañar las probetas con los respectivos preservantes antimancha en estudio, de acuerdo a las dosis señaladas en el punto 3.1.2.

Se bañaron probetas con PCP, de acuerdo a las dosis antes prescritas. Este fungicida se utilizó como el patrón comparador con el cual se evaluó la eficacia de los preservantes propuestos.

El tiempo de inmersión para todas las probetas fue de 1 minuto.

Como probetas testigo se dejaron escuadrías sin baño antimancha, pero inoculadas con los hongos manchadores.

Las piezas de cada paquete se enumeraron y se identificaron los tratamientos correspondientes.

e) Inoculación. Los cultivos puros preparados en laboratorio fueron licuados en 30 litros de agua para obtener una solución de micelios y esporas. Una vez que todas las probetas fueron bañadas, se realizó la inoculación (24 hrs. después) mediante un sistema de aspersión en las 2 caras mas anchas de la escuadría.

Los hongos que sirvieron de inóculo fueron:

- \* Mancha azul: Ceratocystis pilifera (Fries) C. Moreau, 16 discos.  
Sphaeropsis sapinea (Fr) Dyko & Sutton, 11 discos.
- \* Mohos : Trichoderma sp., 16 discos.  
Mucor sp., 10 discos.  
Moho blanco, 17 discos.

En total se prepararon 70 discos con cultivos puros.

f) Cierre de paquetes. Los paquetes se cerraron con nylon, de tal forma de obtener una mayor temperatura y humedad, para favorecer la proliferación de hongos en la madera.

Sobre el nylon extendido se preparó una cama de agua (de 5 litros) para solventar la pérdida de humedad ambiental dentro de los paquetes, y luego se dispusieron las piezas encima de separadores, pero no entre ellas, y luego se procedió a cerrar cada paquete (FIGURA 2).

Todos los paquetes de cada uno de los tratamientos, fueron colocados a la intemperie distribuidos aleatoriamente.

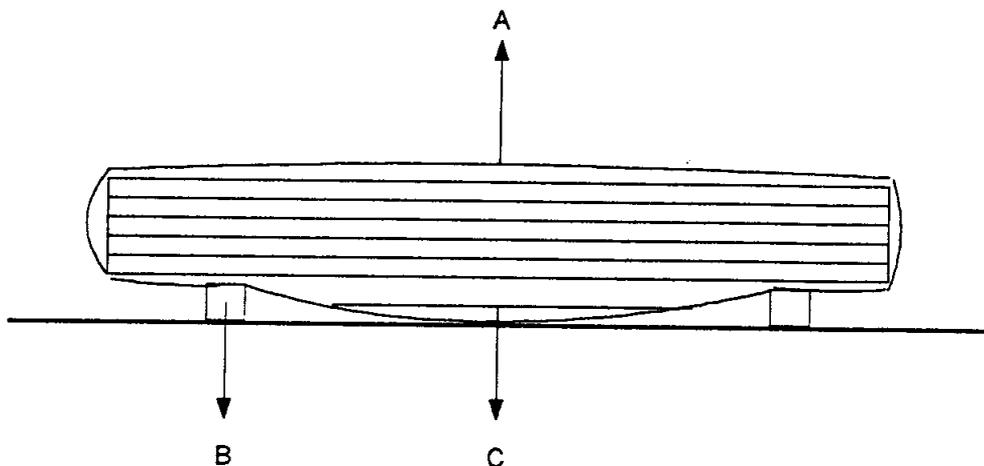


FIGURA 2: Paquete cerrado con nylon conteniendo 25 piezas (5 x 5). A Nylon; B Separador; C Cama de agua

4.2.3 Control del proceso. Los controles se realizaron cada 15 días aproximadamente, por un período de 3 meses.

El control consistió en determinar el número de piezas manchadas y porcentaje de la superficie de la cara más manchada de cada pieza de madera. También se midió la humedad general de cada pieza de los paquetes.

En la determinación de la superficie con mancha el criterio a seguir en la medición con la red de puntos fue contabilizar con valor 1 (con un área de  $0.97 \text{ cm}^2$  y que representa un 0.05 % del área total) las celdillas que se encontraron completas en las manchas, y valor  $\frac{1}{2}$  en los límites o bordes de la mancha.

En el último control, se eligieron 5 piezas más manchadas de cada tratamiento, y se cortaron para medir la penetración de los hongos (corte transversal). En el caso de aquellos tratamientos con un menor número de piezas manchadas se consideró todas las encontradas. El corte se hizo en la cara que presentó una mayor superficie de mancha azul, específicamente en la parte más ancha de la mayor área encontrada en la pieza, midiéndose la penetración en milímetros (máximo 39 mm) con una regla (FIGURA 3).

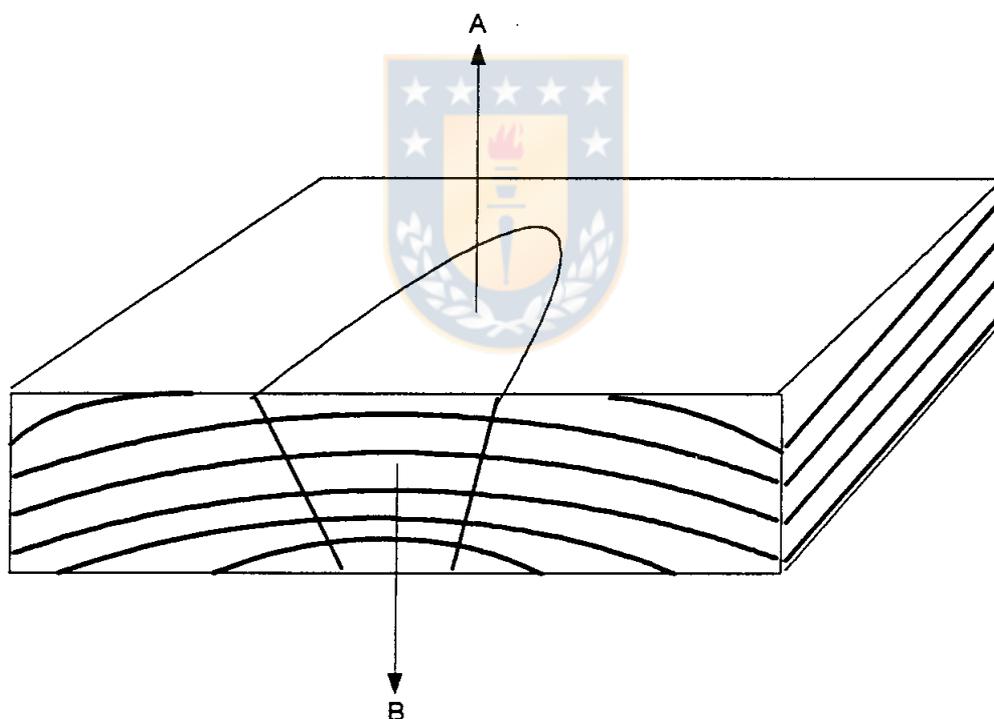


FIGURA 3: Corte transversal en la sección más ancha de la mayor superficie encontrada en la cara que presentó una mayor cantidad de mancha azul en la pieza. A Mancha azul; B Penetración de la mancha medida en milímetros (mm).

#### 4.4 Diseño Experimental.

Desde el punto de vista estadístico, los paquetes son las unidades experimentales, las que son completamente homogéneas, con 25 probetas cada una elegidas al azar. Los paquetes fueron distribuidos aleatoriamente. De acuerdo a lo ya señalado, se eligió el Diseño Completamente Aleatorio, con 3 repeticiones para cada tratamiento.

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y pruebas de comparaciones múltiples de Tuckey ( $n_1 = n_2 \dots = n_k$ ).

Los tratamientos que se utilizaron son 6 y se desglosan de la siguiente manera:

- 4 fungicidas ..... 4 tratamientos.
- Pentaclorofenato de sodio ..... 1 tratamiento.
- Testigo, sin baño (control) ..... 1 tratamiento.
- Total: ..... 6 tratamientos.

De acuerdo a lo anterior, se utilizó 450 piezas ( $6 * 25 * 3$ ) de madera de la escuadría  $39 * 97 * 2$  m.

## V RESULTADOS.

### 5.1 Número de piezas manchadas (frecuencia) por tratamiento a los 90 días.

TABLA 2: NUMERO DE PIEZAS CON MANCHA AZUL POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	5	10	0	11	0	24
2	6	4	0	8	0	25
3	7	2	1	1	0	25
Promedios	6 a	5.33 a	0.33 a	6.67 a	0 a	24.67 b

\* Medias con letras distintas son significativamente diferentes con  $\alpha= 0.05$ .

Se aprecia que el antimancha PCP y C poseen una menor frecuencia de piezas con mancha azul. En cambio los paquetes testigos la frecuencia es casi un 100 % (ANEXO 1, FIGURA 1).

TABLA 3: NUMERO DE PIEZAS CON MOHO VERDE POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	24	18	23	17	4	1
2	20	22	23	24	11	2
3	20	22	20	25	3	1
Promedios	21.33 b	20.67 b	22 b	22 b	6 a	1.33 a

\* Medias con letras distintas son significativamente diferentes con  $\alpha = 0.05$ .

En esta tabla se aprecia que los paquetes testigos presentan un bajo número de piezas con moho verde, pero en la realidad estos paquetes exponen una gran cantidad de piezas manchadas con este tipo de moho, pero no fueron contabilizadas debido a que la mancha azul se desarrolló primero y el moho verde posteriormente sobre ésta superficie. Otras piezas crecieron con mancha azul y moho verde a la vez, pero se eligió la mancha azul por tener mayor importancia por las pérdidas de valor económico que ocasiona.

Se observa en la tabla una alta frecuencia de piezas con moho verde en todos los antimanchas en estudio, en cambio, PCP posee valores bajos (ANEXO 1, FIGURA 2).

TABLA 4: NUMERO DE PIEZAS CON MOHO BLANCO POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
Promedios	0	0	0	0	0	0.33

Este hongo se presenta con una bajísima frecuencia, y solo se encontró en un paquete testigo.

TABLA 5: NUMERO DE PIEZAS CON MANCHA NARANJA POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	0	1	0	0	3	0
2	1	0	0	0	0	0
3	1	1	0	0	2	0
Promedios	0.66	0.66	0	0	1.66	0

Los antimanchas C, D y los paquetes testigos no presentaron este tipo de moho. En los demás antimanchas se presenta con una baja frecuencia.

TABLA 6: NUMERO DE PIEZAS CON MANCHAS EN GENERAL POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	24	25	23	22	6	25
2	24	25	23	25	11	25
3	22	22	20	25	4	25
Promedios	23.33 b	24 b	22 b	24 b	7 a	25 b

\* Medias con letras distintas son significativamente diferentes con  $\alpha = 0.05$ .

En esta tabla se consideran las piezas con mancha azul, moho verde, moho blanco y mancha naranja.

En general todos los antimanchas presentan una alta frecuencia con piezas manchadas, siendo menor en el PCP (ANEXO 1, FIGURA 3).

5.2 Porcentajes del área con mancha por tratamiento a los 90 días.

TABLA 7: PORCENTAJE PROMEDIO DEL AREA CON MANCHA AZUL POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	0.4	29.9	0	30.7	0	95.1
2	14.6	4.6	0	7.7	0	98.6
3	2.3	0.3	0.04	0.016	0	99.8
Promedios	5.77 a	11.6 a	0.01 a	12.81 a	0 a	97.83 b

\* Medias con letras distintas son significativamente diferentes con  $\alpha = 0.05$ .

El antimancha C posee el menor porcentaje de área con mancha azul. En el PCP el desarrolló de la mancha azul fue inexistente (ANEXO 2, FIGURA 1).

TABLA 8: PORCENTAJE PROMEDIO DEL AREA CON MOHO VERDE POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	61.3	33.7	15.1	36.1	2.4	0.9
2	39.2	66.9	17.5	59	1.2	1.4
3	49	54.2	23	58.4	0.1	0.2
Promedios	49.83 b	51.6 b	18.53 a	51.17 b	1.23 a	0.83 a

\* Medias con letras distintas son significativamente diferentes con  $\alpha = 0.05$ .

También en esta tabla se puede apreciar que en el tratamiento testigo el porcentaje de área con moho verde es bajo, y la explicación para esta situación es la misma descrita en el punto 4.1, TABLA 3.

PCP y el antimancha C son los tratamientos con un menor porcentaje del área con moho verde (ANEXO 2, FIGURA 2).

TABLA 9: PORCENTAJE PROMEDIO DEL ÁREA CON MOHO BLANCO POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	0	0	0	0	0	4
2	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0
Promedios	0	0	0	0	0	1.33

Este tipo de moho blanco no se desarrolló en ninguno de los tratamientos con antimancha.

TABLA 10: PORCENTAJE PROMEDIO DEL AREA CON MANCHA NARANJA POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	0	0.7	0	0	4.2	C
2	0.3	0	0	0	0	C
3	0.1	0.7	0	0	1.3	C
Promedios	0.13	0.46	0	0	1.8	C

Los porcentajes de área con mancha anaranjada es 0 en el antimancha C, D, y paquetes testigo. En los otros tratamientos los porcentajes son bajos.

TABLA 11: PORCENTAJE PROMEDIO DEL AREA CON TODAS LAS MANCHAS ENCONTRADAS POR TRATAMIENTO.

Repetición	Antimancha					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	61.7	64.3	15.1	66.9	6.6	100
2	54.1	71.5	17.5	66.7	1.2	100
3	51.4	55.2	23.04	58.4	1.4	100
Promedios	55.73 c	63.67 c	18.55 b	64 c	3.07 a	100 d

\* Medias con letras distintas son significativamente diferentes con  $\alpha = 0.05$ .

Se consideró la suma de todas las áreas con mancha azul, moho verde, moho blanco y mancha naranja.



La mancha azul comenzó a desarrollarse después del tercer control en los tratamientos con preservantes. En cambio, el tratamiento testigo presentó mancha azul en la segunda medición. Los antimanchas A, B y D presentan la mayor frecuencia con este tipo de mancha. La madera con PCP no desarrolló mancha azul, y el antimancha C presentó una menor frecuencia (ANEXO 3, FIGURA 1).

TABLA 13: NUMERO DE PIEZAS CON MOHO VERDE A TRAVES DEL TIEMPO PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

Trata- miento	Día						
	0	15	30	45	60	75	90
A	0	0	0	5.33	14.67	20.67	21.33
B	0	0	1	12.33	20.67	20.67	20.67
C	0	0	1.33	12	17.67	20.67	22
D	0	0	0	17.33	22	22	22
PCP	0	0	0.33	1.33	3	4	6
Testigo	0	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33

A partir del primer control podemos observar el desarrollo del moho verde en el tratamiento testigo. El PCP presentó una menor frecuencia con este moho (ANEXO 3, FIGURA 2).

TABLA 14: NUMERO DE PIEZAS MANCHADAS A TRAVES DEL TIEMPO PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

Trata- miento	Día						
	0	15	30	45	60	75	90
A	0	0	0	5.33	15	22.3	23.33
B	0	0	1	12.33	21.67	23.67	24
C	0	0	1.33	12	17.67	20.67	22
D	0	0	0	19	24	24	24
PCP	0	0	0.33	1.33	3	4	7
Testigo	0	25	25	25	25	25	25

Al considerar todas las manchas, podemos observar una alta frecuencia de piezas manchadas en todos los tratamientos a partir del tercer control (ANEXO 3, FIGURA 3).

5.3.2 Porcentaje del área manchada durante cada control.  
 Para determinar este porcentaje del área se empleó el mismo método que en la frecuencia, considerándose el promedio de los 3 paquetes.



Al observar cada control, podemos ver que el antimancha con un menor porcentaje promedio del área con moho verde es PCP, y en orden ascendente le sigue el antimancha C (ANEXO 4, FIGURA 2).

TABLA 17: PORCENTAJE PROMEDIO DEL AREA CON TODAS LAS MANCHAS A TRAVES DEL TIEMPO PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

Trata- miento	Día						
	0	15	30	45	60	75	90
A	0	0	0	0.12	5.22	27.63	55.73
B	0	0	0.05	1.24	13.86	55.02	63.67
C	0	0	0.12	1.05	7.27	13.82	18.53
D	0	0	0	7.72	25.61	45.65	64
PCP	0	0	0.03	0.08	0.21	0.374	3.07
Testigo	0	98.93	99.70	100	100	100	100

En general, PCP posee los porcentajes promedios menores del área manchada. El antimancha C es el segundo tratamiento con un menor porcentaje del área manchada (ANEXO 4, FIGURA 3).

#### 5.4 Penetración de la mancha azul en la madera de los diferentes tratamientos.

La penetración se midió en milímetros obteniéndose un promedio por paquete.

TABLA 18: PENETRACION DE LA MANCHA AZUL EN MILIMETROS (mm) EN LA MADERA PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

Repetición	Tratamiento					
	A	B	C	D	PCP	Testigo
1	25.3	20.2	0	33.8	0	39
2	33	25	0	25.5	0	33.8
3	23.6	0	0	39	0	29.6
Promedio	27.3 bc	15.1 ab	0 a	32.8 bc	0 a	34.13 c

\* Medias con letras distintas son significativamente diferentes con  $\alpha = 0.05$ .

Los antimanchas D y A poseen los mayores promedios de penetración de la mancha azul (ANEXO 5, FIGURA 1). El antimancha C presentó mancha azul solo en la superficie.

#### 5.5 Humedad general de cada uno de los tratamientos.

La humedad fue medida con el xilohigrómetro en porcentaje, pero por razones operativas no es posible hacer un análisis estadístico, debido a que este instrumento mide como margen superior solo hasta > 96 % de contenido de humedad, y un gran número de piezas de cada paquete hasta el último control se encontraron en estas condiciones. Otro problema encontrado es que la lectura de la humedad depende de la profundidad de la penetración de las agujas en la madera, presentando valores diferentes incluso al repetir la

medición en la misma pieza. Se hace necesario un instrumento más preciso para este tipo de investigación.

TABLA 19: NUMERO DE PIEZAS SEGUN RANGO DE CONTENIDO DE HUMEDAD EN PORCENTAJE PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

Rep.	c.H. (%)	Tratamiento						Total
		A	B	C	D	PCP	T	
1	0 - 31	0	3	2	4	0	2	11
	32 - 63	4	5	5	5	2	4	25
	64 - 95	3	1	5	3	2	1	15
	> 96	18	16	13	13	21	18	99
2	0 - 31	1	0	2	2	0	3	8
	32 - 63	7	2	4	3	3	7	26
	64 - 95	4	2	6	3	5	2	22
	> 96	13	21	13	17	17	13	94
3	0 - 31	1	1	1	2	0	3	8
	32 - 63	0	6	3	4	1	3	17
	64 - 95	4	2	5	4	2	6	23
	> 96	20	16	16	15	22	13	102

De la tabla podemos observar que en el intervalo de 0 - 31 % de contenido de humedad se encuentra el 6 % de las piezas, de 32 - 63 el 15.1 %, de 64 - 95 el 13.3 % y > 96 está el 65.6 % del total de las piezas.

## VI DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

En general los ensayos biológicos suelen ser complejos, debido a que dependen de muchas variables. En este caso depende de variables propias a la madera, al inóculo, a la aplicación de los tratamientos y al medio ambiente. Por este motivo, como las piezas de madera estuvieron en directo contacto unas con otras dentro de un paquete cerrado, siendo éste una unidad experimental, se tuvo la precaución de considerar tres repeticiones para disminuir los efectos de las variables antes mencionadas.

### 6.1 Antimanchas.

La madera fue bañada con estos productos químicos a la concentración de operación para verano recomendada por el fabricante, pero debido a que la madera estuvo en condiciones muy severas de humedad, temperatura e inoculación artificial dentro de paquetes cerrados, sería necesario evaluar estos productos en la concentración de operación para invierno, ya que para todos los casos es superior a la especificada en la TABLA 1.

6.1.1 Antimancha A. Este antimancha estadísticamente se muestra eficiente en la prevención de la mancha azul, ocupando el cuarto lugar en frecuencia (TABLA 2) y el tercer lugar en porcentaje promedio (TABLA 7) de mancha, mostrando diferencias significativas solo con el tratamiento testigo. Sin embargo, en cuanto a la

penetración de la mancha azul (TABLA 18) se presenta negativamente con un alto promedio, no presentando diferencias significativas con el tratamiento testigo.

En este producto aparece mancha azul en el cuarto control (TABLA 12), que corresponde al segundo mes después de la aplicación de todos los tratamientos. Como los paquetes estuvieron sometidos a condiciones adversas forzadas, la madera bañada con este antimancha previene el ataque de la mancha azul en un 100 % durante aproximadamente 45 días, y podría prevenir el ataque de la mancha azul un poco más de dos meses en condiciones normales de humedad y temperatura.

No es eficiente en la prevención contra el moho verde, presentando una alta frecuencia (TABLA 3) y porcentaje promedio de mancha (TABLA 8). Aparece en el tercer control (TABLA 16), lo que en condiciones normales podríamos tener la madera protegida por mas de un mes y medio.

Para manchas en general, en frecuencia ocupa el tercer lugar (TABLA 6) y no tiene diferencias significativas con los otros productos; en porcentaje ocupa el tercer lugar (TABLA 11) y no es eficiente como antimancha al compararlo estadísticamente con el testigo y PCP.

También este producto presentó mancha naranja, pero en un bajísimo promedio de frecuencia (TABLA 5) y porcentaje de mancha (TABLA 10).

6.1.2 Antimancha B. Este producto como el anterior, estadísticamente es eficiente en el control de la mancha azul; solo posee diferencias significativas con el testigo tanto en frecuencia, ocupando el tercer lugar (TABLA 2), como en porcentaje promedio de mancha donde ocupa el cuarto lugar (TABLA 7).

En cuanto a la penetración de la mancha azul ocupa el segundo lugar y los resultados de este producto nos podría llevar a concluir un buen comportamiento al poseer diferencias significativas con el testigo, y sin diferencias con PCP, pero podemos apreciar en la TABLA 18 que posee un alto promedio de penetración, lo que obviamente no es alentador en la búsqueda de un buen antimancha.

En la TABLA 12 podemos observar, que para las condiciones desfavorables dadas en este estudio a la madera, se muestra eficiente en el control de la mancha azul hasta el segundo mes. Del mismo modo que el producto A, para condiciones normales de humedad podemos prevenir la mancha azul por un lapso mayor a dos meses con este antimancha, lapso de tiempo que es necesario determinar para observar y discutir su comportamiento.

En el control del moho verde, notoriamente no es eficiente en su prevención, con una alta frecuencia, ocupando el segundo lugar (TABLA 3), y un alto porcentaje promedio de mancha con el quinto lugar (TABLA 8). Incluso este tipo de

moho aparece tempranamente en el segundo control (TABLA 13).

En su labor de prevenir manchas en general no es eficiente, apareciendo en el cuarto lugar tanto en frecuencia (TABLA 6) y porcentaje promedio de mancha (TABLA 11).

En la TABLA 5 y TABLA 10 se observa la presencia de mancha naranja en un bajo porcentaje de frecuencia y porcentaje promedio del área afectada respectivamente.

6.1.3 Antimancha C. Resulta notoria la eficiencia de este producto en la prevención de la mancha azul, presentando el segundo mejor lugar tanto en frecuencia (TABLA 2) y porcentaje promedio de mancha (TABLA 7) con la formulación comercial recomendada por su fabricante, si se compara con el testigo. Sin embargo, no tiene diferencias significativas con los otros productos. Por escaso margen es superado por PCP y posee los menores promedios de los cuatro productos en estudio.

Como el ataque de la mancha azul se presenta en muy baja magnitud, la penetración en la madera es cero al igual que PCP (TABLA 18).

La mancha azul se presenta en el cuarto control con los promedios mas bajos de frecuencia (TABLA 12) y porcentaje (TABLA 15), manteniéndose constante hasta el último control.

En la TABLA 3, este producto presenta una alta frecuencia de piezas con moho verde, compartiendo el cuarto lugar con el antimancha D, lo que lleva a suponer que no es eficiente en el control de este tipo de mancha, pero la TABLA 8 señala un bajo porcentaje promedio, sin diferencias significativas con PCP, en donde ocupa el segundo mejor lugar de los antimanchas. También este moho aparece tempranamente en el segundo control, pero en general su desarrollo es bajo (TABLA 16).

El cobre presente en este producto ayudó en el bajo porcentaje del moho verde, ya que se caracteriza por presentar buenas aptitudes tóxicas frente a este tipo de ataque (Améstica y Sepúlveda, 1994).

En su labor de prevenir manchas en general, ocupa el segundo lugar tanto en frecuencia (TABLA 6) como en porcentaje promedio del área con manchas (TABLA 11), siendo superado solo por PCP.

De esta forma, en general en la concentración de operación para verano recomendada por el fabricante (TABLA 1), este producto representa una alternativa absolutamente viable frente a la problemática que hoy genera el pentaclorofenato de sodio.

Con la concentración de operación de invierno, que es una concentración mayor, la madera tratada con este producto debería presentar una menor frecuencia y porcentaje promedio del área con manchas en general.

El único aspecto negativo es la coloración amarilla de las piezas, que tal vez sea eliminada completamente con un buen cepillado antes de ser utilizadas.

6.1.4 Antimancha D. Este producto químico ocupó el quinto lugar en frecuencia (TABLA 2) y porcentaje promedio del área con mancha azul (TABLA 7) entre cinco antimanchas evaluados. Estadísticamente no tiene diferencias significativas con ellos, siendo eficiente en la prevención, pero sus promedios son los mayores. Además, es el producto con una mayor penetración de mancha azul en las piezas con un promedio de 32.8 mm, muy cercano a las piezas testigo (TABLA 18), lo que es negativo si se pretende usar.

La mancha azul se presenta en la madera en el cuarto control y posee los mayores promedios de frecuencia (TABLA 12) y porcentaje promedio (TABLA 15) entre los 5 productos estudiados. Seguramente en la concentración de operación para invierno este producto tenga un mejor comportamiento.

En la prevención de moho verde es ineficiente. Ocupa el cuarto lugar tanto en frecuencia (TABLA 3) como en porcentaje promedio del área con mancha (TABLA 8). Este moho aparece en el tercer control y también presenta los mayores promedios de frecuencia (TABLA 13) y porcentaje de mancha (TABLA 16).

En la prevención de manchas en general, posee el cuarto lugar en frecuencia (TABLA 6) y el quinto lugar en

porcentaje promedio del área con manchas (TABLA 11), lo que indica que es el menos eficiente de los antimanchas evaluados.

A través del análisis estadístico, queda en evidencia que este producto es el más susceptible ante la presencia de complejos fungosos. El fabricante debe por lo tanto determinar en forma mas precisa la concentración mínima efectiva en que el desarrollo de los complejos fungosos sea cero.

6.1.5 PCP. Una vez mas queda de manifiesto la eficacia del PCPNa frente a la acción de la mancha azul, puesto que a pesar de las condiciones adversas, los paquetes presentaron 0 % de frecuencia (TABLA 2), y obviamente 0 % de porcentaje promedio del área con mancha (TABLA 7) y 0 mm de penetración en la piezas (TABLA 18).

En la prevención de moho verde, presenta la menor frecuencia (TABLA 3) y el menor porcentaje promedio de mancha (TABLA 8). En el segundo control este moho aparece con los menores promedios de frecuencia (TABLA 13) y porcentaje del área con mancha (TABLA 16).

Del mismo modo que el producto A y B, presentó mancha naranja con una baja frecuencia (TABLA 5) y porcentaje promedio del área afectada (TABLA 10), pero un poco mayor que los antimanchas ya citados.

Queda en evidencia que a pesar de ser el mejor antimancha, y el más tóxico de todos, no está libre del ataque de la mancha naranja y del moho verde. Estudios realizados por Navarrete y Rosende (1992a), Skaric (1994) y Améstica y Sepúlveda (1994), presentan resultados semejantes en cuanto al ataque de estos hongos en madera bañada con PCP.

Para manchas en general, también queda en claro que es el producto mas eficaz como lo indica la TABLA 6 y TABLA 11.

## 6.2 Hongos.

El efecto de los distintos tratamientos sobre la aparición de hongos y mohos en el material leñoso, se discuten en los puntos anteriores de este capítulo, por lo cual aquí sólo se abordan aspectos propios a los organismos detectados.

6.2.1 Hongos de mancha. Los hongos del complejo de la mancha azul en esta especie forestal son aquellos que están presentes en el medio natural y que fueron inoculados artificialmente a toda la madera. Se comprueba la presencia de Ceratocystis pilifera y Sphaeropsis sapinea, los cuales provocan una mancha azul oscura.

Claramente se observó que en los paquetes testigos la mancha azul aparece en el primer control con una altísima frecuencia (TABLA 12) y porcentaje promedio de mancha (TABLA 15), lo que obedece a que este complejo fungoso no encontró obstáculos, y en lugar de ello estaban dadas todas las condiciones favorables para su desarrollo.

Skaric (1994) en su investigación, logró asociar la mancha anaranjada con Aureobasidium sp. y Amblyosporium sp. Sin embargo, es importante destacar que no siempre la mancha naranja es producto de la acción de estos hongos, sino también en múltiples casos responde a manchas de naturaleza química, principalmente reacciones bioquímicas de oxidación por compuestos presentes en tejido parenquimático. También este tipo de coloración es un defecto frecuente de secado artificial mal realizado, que en este caso no ocurre porque la madera se trató recién aserreada.

De todas formas, e independiente de la naturaleza u origen de este tipo de mancha, resulta difícil de prevenir con los productos antimancha de uso común, incluso con PCPNa.

6.2.2 Hongos de moho. De acuerdo a los resultados y a estudios anteriores (como los realizados por Navarrete y Rosende (1992a), Améstica y Sepúlveda (1994), entre otros), los mohos son de muy difícil prevención con productos químicos, si las condiciones del entorno del material leñoso son desfavorables, y en cambio muy favorables para estos mohos, como por ejemplo la temperatura, humedad relativa, contenido de humedad de la madera y falta de ventilación. Por otra parte, el directo contacto de una pieza con otra favorece el desarrollo de los mohos, y de estas piezas se continúa afectando a las demás. Por este motivo, al realizar los controles se tuvo mucho cuidado al mover las piezas para no manchar al resto, e incluso al medir las áreas afectadas se limpió la red de puntos cuando

fue necesario para no transportar estos mohos a las demás piezas.

Los efectos de los mohos sobre el material leñoso son prácticamente insignificantes; son de desarrollo superficial y tienden a desaparecer si se alteran las condiciones ambientales. En productos forestales, se eliminan con un suave cepillado de la superficie, sin dejar alteración alguna en la madera.

Se establece la presencia de Trichoderma sp. y moho blanco en menor proporción.



## VII CONCLUSIONES.

De los resultados y del análisis estadístico se concluye que:

- 1.El antimancha con una menor frecuencia y porcentaje promedio del área con manchas en general es el producto PCP, pero a pesar de ser el mejor antimancha, no está libre del ataque del moho verde, ni de la mancha naranja.
- 2.El antimancha C, después de PCP, es el mejor producto químico (de los cuatro estudiados) para la prevención de todo tipo de manchas.
- 3.Todos los antimanchas presentaron una alta frecuencia de piezas manchadas, excepto PCP.
- 4.El antimancha D presentó las mas altas frecuencias y porcentajes promedio de manchas, y posee el mayor promedio de penetración de la mancha azul.
- 5.La estabilidad de los productos estudiados, permite asegurar como mínimo alrededor de 45 días de eficacia en el control de la mancha azul, lapso de tiempo comunmente requerido para el manipuleo posterior de la madera.

## VIII RESUMEN.

Debido a las limitaciones en el uso del Pentaclorofenato de sodio, en la prevención de la mancha azul de la madera en Pinus radiata D. Don, se hace necesario la búsqueda de compuestos alternativos para combatir el manchado de las maderas aserradas.

En este estudio se evalúa la eficacia de 4 preservantes antimanchas, sin fenoles clorados en su formulación.

La metodología empleada consistió en un ensayo de terreno, en donde la madera bañada con estos productos fue inoculada y sometida a condiciones favorables para la proliferación de hongos.

Durante 3 meses y cada 15 días se midió el número de piezas manchadas y el porcentaje promedio de mancha, de acuerdo al tipo de mancha. Al final del período se midió la penetración promedio de la mancha azul y la humedad general de las piezas.

De acuerdo a los resultados y al análisis estadístico, se concluye que el Pentaclorofenato de sodio es el preservante más efectivo en la prevención de la mancha azul y de mohos. El producto "C" ocupa el segundo lugar en la prevención de todo tipo de manchas.

**SUMMARY.**

Due to the environmental and health constrain to use Sodium Pentachlorophenate, to prevent "blue stain" on radiata pine lumber, it is made necessary to search alternative compounds in order to avoid stained wood.

In this study the efficacy of 4 wood preservatives without chlorophenolic formulations is evaluated in a field trial where wood pieces (39 \* 97 \* 2000 mm) were treated and inoculated with Ceratocystis pilifera, Sphaeropsis sapinea, Trichoderma sp. and Mucor sp., and then covered with a plastic sheet.

Every 15 days for a 3 month period, the number of stained pieces and the percentage of stain was recorded.

Results showed that PCP was more effective in the prevention of "blue stain" than the new products, but an alternative product based on copper quinolinate was also promissong.

## IX BIBLIOGRAFIA.

1. AGUILAR, A. 1985. Descripción e identificación de organismos asociados al azulado de la madera aserrada de Pino insigne (Pinus radiata D. Don). Tesis Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia. 89 p.
2. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING & MATERIALS, 1991. Standar Method for Testing Fungicides for Controlling Sapstain and Mold on Unseasoned Lumber (Laboratory Method). Norma ASTM D 445 - 91. Annual Book of ASTM Standars. Vol 11 01.
3. AMESTICA, A. Y SEPULVEDA, M., 1994. Estudio de la efectividad de protectores hidrodispersables en mezcla con hidrosolubles como alternativa al pentaclorofenato de sodio frente al ataque superficial en la madera. Seminario de Titulación para Ingeniero de Ejecución en Madera. Facultad de Ingeniería. Universidad del Bio Bio. Concepción, Chile. 63 p.
4. ASOCIACION CHILENA DE SEGURIDAD (ACHS), 1987. Medidas de prevención en el uso del Pentaclorofenol y Pentaclorofenato de sodio. Gerencia de Prevención. Santiago, Chile. 12 p.

5. BYRNE, A.; CSERJESI, A. J. and JOHNSON, E. L., 1983. Comparative evaluation of five sapstain, mould, and decay preventives with sodium tetrachlorophenate by a field trial. Final report. Agriculture Canada, Ottawa.
6. CASTILLO, H. y MICHELI, H., 1970. Prevención y control de la mancha azul en la madera. Informe Técnico 34, Instituto Forestal. Santiago, Chile, 30 p.
7. CLASING, A. 1987. Toxicidad y manipulación del pentaclorofenato de sodio, usado como antimancha en la industria maderera. In: Actas VI Reunión sobre Investigación y Desarrollo en productos forestales. Universidad del Bio-Bio, Concepción. Chile.
8. GONZALEZ, G. y SANFUENTES, E. 1992. Enfermedades del Bosque. Boletín de Extensión N° 57. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad de Concepción. Chillán. Chile. 54 p.
9. IGLESIAS, P; BENAVENTE, C.; OYAGUREN, C.; JUACIAL, A. y RUDOLF, I. 1990. Perfil clínico - bioquímico en 32 trabajadores expuestos a Pentaclorofenol en dos Industrias madereras de la VIII Región. In: III Jornadas Nacionales de Seguridad Forestal, Actas, Temuco, Chile, pp. 69 - 79.

10. JUACIDA, R. y PEREDO, M. 1985. Eficacia de algunos preservantes en la prevención de la mancha azul en *Pinus radiata*. In: Simposio *Pinus radiata*, Investigación en Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. V.2. pp. 203 - 219.
11. KOLLMANN, F. and COTE, W., 1968. Principles of wood science and technology. Solid wood, Springer - Verlag, Berlin V.1. 592 p.
12. MUÑOZ, G., 1983. Proposición de especificaciones técnicas para la certificación sanitaria de madera aserrada de exportación de Pino insigne (*Pinus radiata* D. Don.). Tesis Ingeniería Forestal Facultad de Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
13. NAVARRETE, C. y ROSENDE, R., 1992a. BC - 1000. Informe de producto antimancha en madera de Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don). INFOR, S/N. Concepción. Chile. 32 p.
14. NAVARRETE, C. y ROSENDE, R., 1992b. SINESTO - B. Informe de producto antimancha en madera de Pino radiata (*Pinus radiata* D. Don). INFOR, S/N. Concepción. Chile. 16 p.

15. NICHOLAS, D. D. 1973. Wood deterioration and it's prevention by preservative treatments. Syracuse, N. Y., Syracuse University Press. V.1. 380 p.
16. OSORIO, M., 1973. Aislamiento, descripción y clasificación preliminar de Ceratocystis sp., agente causal de mancha azul en madera de Pino insigne. Tesis Ingeniería Forestal Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
17. OSORIO, M., 1986. Ceratocystis pilifera, Hongo Causante de Mancha Azul en Madera de Pinus radiata. Bosque 6(2): 116 - 119. Valdivia. Chile.
18. PEREDO, M., 1993. Preservantes Antimancha alternativos al Pentaclorofenato de Sodio. Chile Forestal, Documento Técnico 68. Santiago. Chile. 8p.
19. PEREDO, M. y PEÑA, R., 1991. Determinación en laboratorio de la eficacia de preservantes antimancha sin fenoles clorados en su formulación. Bosque 12(1): 43-47. Valdivia. Chile.

20. PEREDO, M. y TORRES, M., 1987. Análisis cualitativos para determinar presencia de preservantes antimancha en la madera. Universidad Austral de Chile. Serie Técnica. Publicación Técnica N° 10. Valdivia. Chile. 13 p.
21. POO, F. E. 1984. Almacenamiento bajo aspersion de madera rolliza de Pino Insigne (Pinus radiata D. Don) para evitar el ataque de los hongos de mancha azul. Tesis Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
22. RAMADE, F. 1979. Ecotoxicologie. Masson, París. 228 p.
23. ROSE, M.C., 1987. Colonización Temprana de Trozos y Madera Aserrada. Renarres, Año IV. N° 20, 21 y 22. Chile.
24. ROYO, A., 1980. Curso de Estadística. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 304p.
25. SIEGEL, M; SISLER, H., 1977. Antifungal compounds. Discovery development and used. V. 1., 600 p.

26. SKARIC, R., 1994. Evaluación de fungicidas de bajo riesgo en la prevención de mancha azul en Pinus radiata D. Don. Tesis Ing. Forestal Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile, Santiago, 120 p.
27. SMITH, W., 1970. Tree pathology. A short introduction. Academic Press Inc. London Ltda., 309 p.
28. TORRES, J., 1970. El azulado de la madera y su tratamiento. Instituto Forestal de Investigaciones y Experiencias. Madrid, 63 p.



## X APENDICE.

### 10.1 Análisis estadístico.

El diseño experimental corresponde a un diseño completamente aleatorio, con 3 repeticiones para cada tratamiento. La unidad experimental es el paquete que contiene 25 piezas de madera, las cuales son homogéneas entre sí.

Las pruebas estadísticas utilizadas fueron un Análisis de Varianza para determinar las significancias entre los tratamientos, y una prueba de Comparaciones Múltiples de Tuckey para aquellos tratamientos con diferencias entre las medias (Royo, 1980).

El análisis es en función de la frecuencia de mancha en cada uno de los tratamientos y del área en % de mancha. En este punto se analizaron los tratamientos por mancha azul, moho verde y el total de todas las manchas. No se contempló las otras manchas porque no se justifica estadísticamente, debido a que presentaron valores muy bajos.

#### 10.1.1 Análisis de varianza para frecuencia de piezas con mancha azul.

$H_0 : T_j = 0 \Rightarrow \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_T$

$H_a : T_j \neq 0 \Rightarrow \mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_T$

N = 18 paquetes.

k = 6 tratamientos.

$$\alpha = 0.05$$

Los supuestos para este análisis son:

- Muestras independientes elegidas al azar.
- Población con distribución normal.
- Varianzas homogéneas.

TABLA 20: TABLA DE ANALISIS Y VARIANZA PARA FRECUENCIA DE PIEZAS CON MANCHA AZUL.

F. de variación	S. de C.	g.l.	MSC	F
Tratamiento	1227.8	5	245.57	Fm= 32.5 *
Error	90.667	12	7.55	F <sub>0.05(5, 12)</sub> = 3.11
Total	1318.5	17		

Como  $F_m > F_c$ , se rechaza  $H_0: T_j = 0$ , es decir, existen diferencias significativas entre las frecuencias de los distintos tratamientos. Por lo tanto se procede a realizar las comparaciones múltiples de Tuckey.

$$L = \bar{x}_i - \bar{x}_j \geq q_{(1-\alpha)}(k, N-k) * \sqrt{MSCE/n}$$

$$L \geq 4.75 * \sqrt{7.55/3}$$

$$L \geq 7.5382$$

$X_j$	$X_j - X_{PCP}$	$X_j - X_C$	$X_j - X_B$	$X_j - X_A$	$X_j - X_D$
$X_T = 24.67$	24.67 *	24.34 *	19.34 *	18.67 *	18 *
$X_D = 6.67$	6.7	6.34	1.34	0.67	
$X_A = 6$	6	5.67	0.67		
$X_B = 5.33$	5.33	5			
$X_C = 0.33$	0.33				
$X_{PCP} = 0$					

Existe diferencias significativas solo entre los tratamientos con antimancha con el tratamiento testigo. El antimancha C es el que posee la menor frecuencia.

#### 10.1.2 Análisis de varianza para frecuencia de piezas con mancha verde.

$$H_0 : T_j = 0 \Rightarrow \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_T$$

$$H_a : T_j \neq 0 \Rightarrow \mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_T$$

$N = 18$  paquetes.

$k = 6$  tratamientos.

$\alpha = 0.05$

Los supuestos para este análisis son:

- Muestras independientes elegidas al azar.
- Población con distribución normal.
- Varianzas homogéneas.

TABLA 21: TABLA DE ANALISIS Y VARIANZA PARA FRECUENCIA DE PIEZAS CON MANCHA VERDE.

F. de variación	S. de C.	g.l.	MSC	F
Tratamiento	1308.4	5	261.69	$F_m = 30.19^*$
Error	104	12	8.67	$F_{0.05(5, 12)} = 3.11$
Total	1412.4	17		

Como  $F_m > F_c$ , se rechaza  $H_0: T_j = 0$ , es decir, existen diferencias significativas entre las frecuencias de los distintos tratamientos. Por lo tanto se procede a realizar las comparaciones múltiples de Tuckey.

$$L = \bar{X}_i - \bar{X}_j \geq q_{(1-\alpha)}(k, N-k) * \sqrt{MSCE/n}$$

$$L \geq 4.75 * \sqrt{8.67/3}$$

$$L \geq 8.0734$$

$X_j$	$X_j - X_T$	$X_j - X_{PCP}$	$X_j - X_B$	$X_j - X_A$	$X_j - X_C$
$X_D = 22$	20.67 *	16 *	1.33	0.67	0
$X_C = 22$	20.67 *	16 *	1.33	0.67	
$X_A = 21.33$	20 *	15.33 *	0.66		
$X_B = 20.67$	19.34 *	14.67 *			
$X_{PCP} = 6$	4.67				
$X_T = 1.33$					

Solo el antimancha PCP se muestra efectivo para este tipo de mancha.

10.1.3 Análisis de varianza para frecuencia de piezas con manchas en general.

$$H_0 : T_j = 0 \Rightarrow \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_T$$

$$H_a : T_j \neq 0 \Rightarrow \mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_T$$

N = 18 paquetes.

k = 6 tratamientos.

$\alpha = 0.05$

Los supuestos para este análisis son:

- Muestras independientes elegidas al azar.
- Población con distribución normal.
- Varianzas homogéneas.

TABLA 22: TABLA DE ANALISIS Y VARIANZA PARA FRECUENCIA DE PIEZAS CON MANCHAS EN GENERAL.

F. de variación	S. de C.	g.l.	MSC	F
Tratamiento	709.11	5	141.82	$F_m = 36.47^*$
Error	46.67	12	3.89	$F_{0.05(5, 12)} = 3.11$
Total	755.78	17		

Como  $F_m > F_c$ , se rechaza  $H_0: T_j = 0$ , es decir, existen diferencias significativas entre las frecuencias de los distintos tratamientos. Por lo tanto se procede a realizar las comparaciones múltiples de Tuckey.

$$L = \bar{x}_i - \bar{x}_j \geq q_{(1-\alpha)}(k, N-k) * \sqrt{(MSCE/n)}$$

$$L \geq 4.75 * \sqrt{3.89/3}$$

$$L \geq 5.4081$$

$x_j$	$x_j - x_{PCP}$	$x_j - x_C$	$x_j - x_A$	$x_j - x_B$	$x_j - x_D$
$x_T = 25$	18 *	3	1.67	1	-
$x_D = 24$	17 *	2	0.67	0	
$x_B = 24$	17 *	2	0.67		
$x_A = 23.33$	16.33 *	1.33			
$x_C = 22$	15 *				
$x_{PCP} = 7$					

Solo el PCP posee la menor frecuencia de manchas.

### 10.2.1 Análisis de varianza para porcentaje de área con mancha azul.

$$H_0 : T_j = 0 \Rightarrow \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_T$$

$$H_a : T_j \neq 0 \Rightarrow \mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_T$$

N = 18 paquetes.

k = 6 tratamientos.

$\alpha = 0.05$

Los supuestos para este análisis son:

- Muestras independientes elegidas al azar.
- Población con distribución normal.
- Varianzas homogéneas.

TABLA 23: TABLA DE ANALISIS Y VARIANZA PARA PORCENTAJE DE AREA CON MANCHA AZUL.

F. de variación	S. de C.	g.l.	MSC	F
Tratamiento	21515.07	5	4303.01	Fm= 44.81*
Error	1152.20	12	96.02	F <sub>0.05(5, 12)</sub> = 3.11
Total	22667.27	17		

Como  $F_m > F_c$ , se rechaza  $H_0: T_j = 0$ , es decir, existen diferencias significativas entre los porcentajes de área de los distintos tratamientos. Por lo tanto se procede a realizar las comparaciones múltiples de Tuckey.

$$L = \bar{X}_i - \bar{X}_j \geq q_{(1-\alpha)}(k, N-k) * \sqrt{(MSCE/n)}$$

$$L \geq 4.75 * \sqrt{96.02/3}$$

$$L \geq 26.872$$

$X_j$	$X_j - X_{PCP}$	$X_j - X_C$	$X_j - X_A$	$X_j - X_B$	$X_j - X_D$
$X_T = 97.83$	97.83 *	97.82 *	92.06 *	86.23 *	85.02 *
$X_D = 12.81$	12.80	12.80	7.04	1.21	
$X_B = 11.6$	11.60	11.59	5.83		
$X_A = 5.77$	5.77	5.76			
$X_C = 0.013$	0				
$X_{PCP} = 0$					

Solo existe diferencias significativas entre los tratamientos con antimancha con el tratamiento testigo. El antimancha C es el que posee el menor porcentaje de área con mancha azul.

10.2.2 Análisis de varianza para porcentaje de área con moho verde.

Ho :  $T_j = 0 \Rightarrow \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_T$

Ha :  $T_j \neq 0 \Rightarrow \mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_T$

N= 18 paquetes.

k = 6 tratamientos.

$\alpha = 0.05$

Los supuestos para este análisis son:

- Muestras independientes elegidas al azar.
- Población con distribución normal.
- Varianzas homogéneas.

TABLA 24: TABLA DE ANALISIS Y VARIANZA PARA PORCENTAJE DE AREA CON MOHO VERDE.

F. de variación	S. de C.	g.l.	MSC	F
Tratamiento	9329.83	5	1865.96	F <sub>m</sub> = 18.92*
Error	11.83.37	12	98.61	F <sub>0.05(5, 12)</sub> = 3.11
Total	10513.20	17		

Como  $F_m > F_c$ , se rechaza Ho:  $T_j = 0$ , es decir, existen diferencias significativas entre las frecuencias de los distintos tratamientos. Por lo tanto se procede a realizar las comparaciones múltiples de Tuckey.

$$L = \bar{X}_i - \bar{X}_j \geq q_{(1-\alpha)}(k, N-k) * \sqrt{(MSCE/n)}$$

$$L \geq 4.75 * \sqrt{98.61/3}$$

$$L \geq 27.233$$

$X_j$	$X_j - X_T$	$X_j - X_{PCP}$	$X_j - X_C$	$X_j - X_A$	$X_j - X_D$
$X_B = 51.6$	50.77 *	50.37 *	33.07 *	1.77	0.43
$X_D = 51.17$	50.34 *	49.94 *	32.64 *	1.34	
$X_A = 49.83$	49 *	48.60 *	31.30 *		
$X_C = 18.53$	17.70	17.30			
$X_{PCP} = 1.23$	0.40				
$X_T = 0.83$					

Los antimanchas PCP y C son los más efectivos, ya que presentan porcentajes de área menores que los otros tratamientos.



### 10.2.3 Análisis de varianza para porcentaje de área con manchas en general.

$$H_0 : T_j = 0 \Rightarrow \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_T$$

$$H_a : T_j \neq 0 \Rightarrow \mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_T$$

$N = 18$  paquetes.

$k = 6$  tratamientos.

$\alpha = 0.05$

Los supuestos para este análisis son:

- Muestras independientes elegidas al azar.
- Población con distribución normal.
- Varianzas homogéneas.

TABLA 25: TABLA DE ANALISIS Y VARIANZA PARA PORCENTAJE DE AREA CON MANCHAS EN GENERAL.

F. de variación	S. de C.	g.l.	MSC	F
Tratamiento	18310.53	5	3662.106	$F_m=151.82^*$
Error	289.46	12	24.12	$F_{0.05(5, 12)} = 3.11$
Total	18559.99	17		

Como  $F_m > F_c$ , se rechaza  $H_0: T_j = 0$ , es decir, existen diferencias significativas entre los porcentajes promedios de los distintos tratamientos. Por lo tanto se procede a realizar las comparaciones múltiples de Tuckey.

$$L = \bar{x}_i - \bar{x}_j \geq q_{(1-\alpha)}(k, N-k) * \sqrt{(MSCE/n)}$$

$$L \geq 4.75 * \sqrt{24.12/3}$$

$$L \geq 13.469$$

$x_j$	$x_j - x_{PCP}$	$x_j - x_C$	$x_j - x_A$	$x_j - x_B$	$x_j - x_D$
$x_T = 100$	96.93 *	81.45 *	44.27 *	36.33 *	36 *
$x_D = 64$	60.93 *	45.45 *	8.27	0.33	
$x_B = 63.67$	60.6 *	45.12 *	7.94		
$x_A = 55.73$	52.66 *	37.18 *			
$x_C = 18.55$	15.48 *				
$x_{PCP} = 3.07$					

PCP es el antimancha más efectivo para todo tipo de manchas. El antimancha C presentó el menor porcentaje de manchas entre los 4 preservantes en estudio.

10.2.4 Análisis de varianza para penetración promedio en mm de la mancha azul para cada uno de los tratamientos.

$$H_0 : T_j = 0 \Rightarrow \mu_A = \mu_B = \dots = \mu_T$$

$$H_a : T_j \neq 0 \Rightarrow \mu_A \neq \mu_B \neq \dots \neq \mu_T$$

N = 18 paquetes.

k = 6 tratamientos.

$\alpha = 0.05$

Los supuestos para este análisis son:

- Muestras independientes elegidas al azar.
- Población con distribución normal.
- Varianzas homogéneas.

TABLA 26: TABLA DE ANALISIS Y VARIANZA PARA PENETRACION PROMEDIO EN MILIMETROS (mm) DE LA MANCHA AZUL PARA CADA UNO DE LOS TRATAMIENTOS.

F. de variación	S. de C.	g.l.	MSC	F
Tratamiento	3663.5	5	732.7	$F_m = 16.3 *$
Error	539.28	12	44.94	$F_{0.05(5, 12)} = 3.11$
Total	4202.78	17		

Como  $F_m > F_c$ , se rechaza  $H_0: T_j = 0$ , es decir, existen diferencias significativas entre los promedios de penetración de la mancha azul de los distintos tratamientos. Por lo tanto se procede a realizar las comparaciones múltiples de Tuckey.

$$L = \bar{x}_i - \bar{x}_j \geq q_{(1-\alpha)}(k, N-k) * \sqrt{(MSCE/n)}$$

$$L \geq 4.75 * \sqrt{44.94/3}$$

$$L \geq 18.38$$

$X_j$	$X_j - X_{PCP}$	$X_j - X_C$	$X_j - X_B$	$X_j - X_A$	$X_j - X_D$
$X_T = 34.1$	34.1 *	34.1 *	19 *	6.8	1.3
$X_D = 32.8$	32.8 *	32.8 *	17.7	5.5	
$X_A = 27.3$	27.3 *	27.3 *	12.2		
$X_B = 15.1$	15.1	15.1			
$X_C = 0$	0				
$X_{PCP} = 0$					

PCP y C presentaron diferencias significativas con el tratamiento A, B y Testigo.



**XI ANEXOS.**

ANEXO 1.

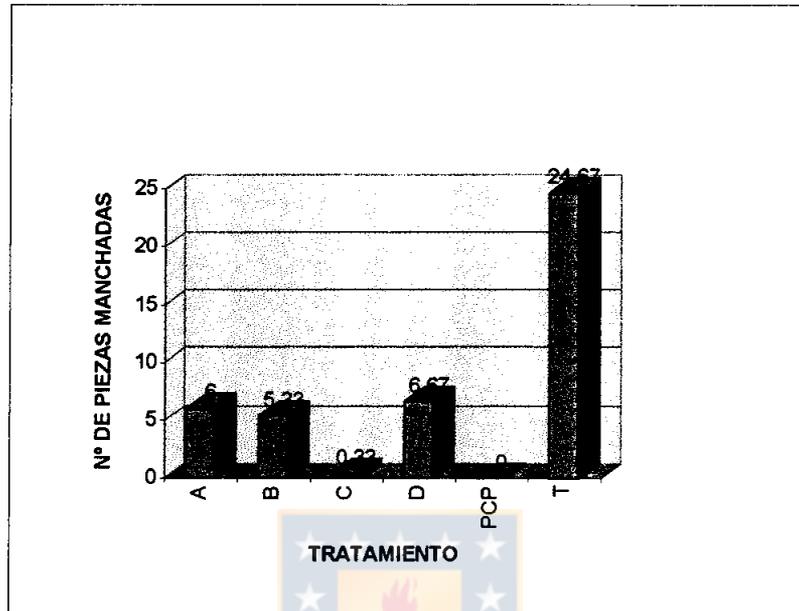


FIGURA 1: Número de piezas con mancha azul por tratamiento.

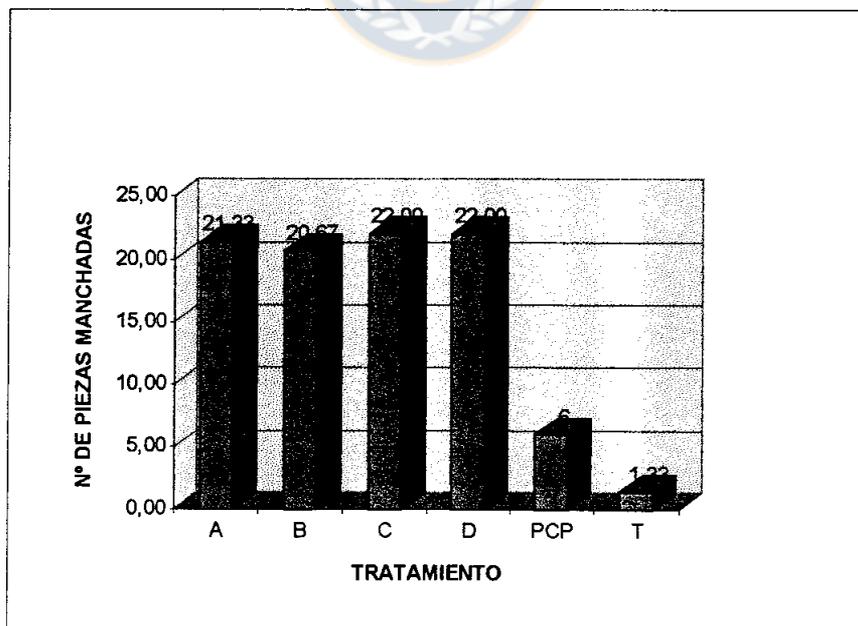


FIGURA 2: Número de piezas con moho verde por tratamiento.

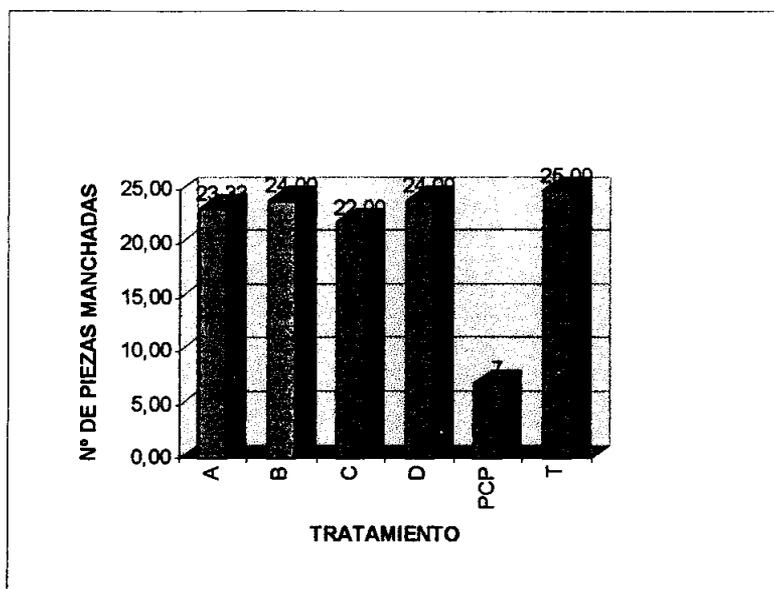


FIGURA 3: Número de piezas con manchas en general por tratamiento.

ANEXO 2.

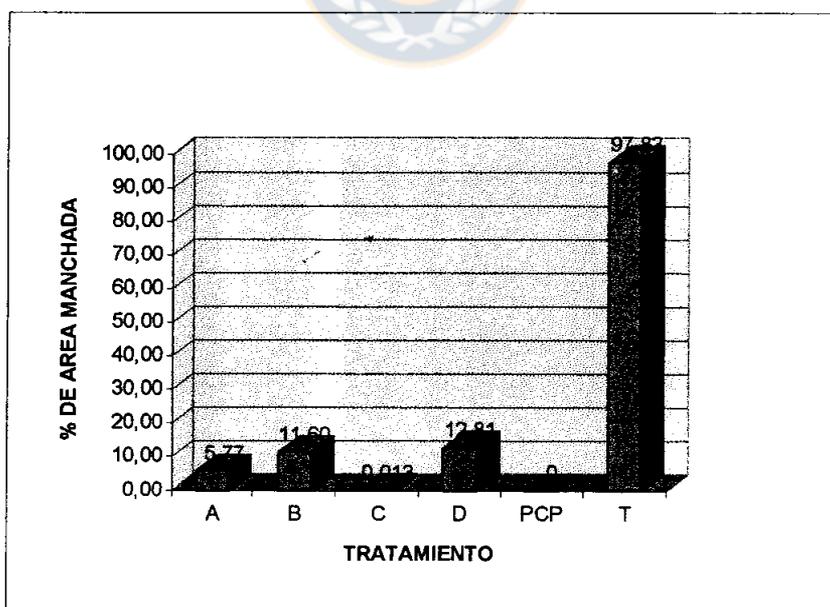


FIGURA 1: Porcentaje promedio del área con mancha azul por tratamiento.

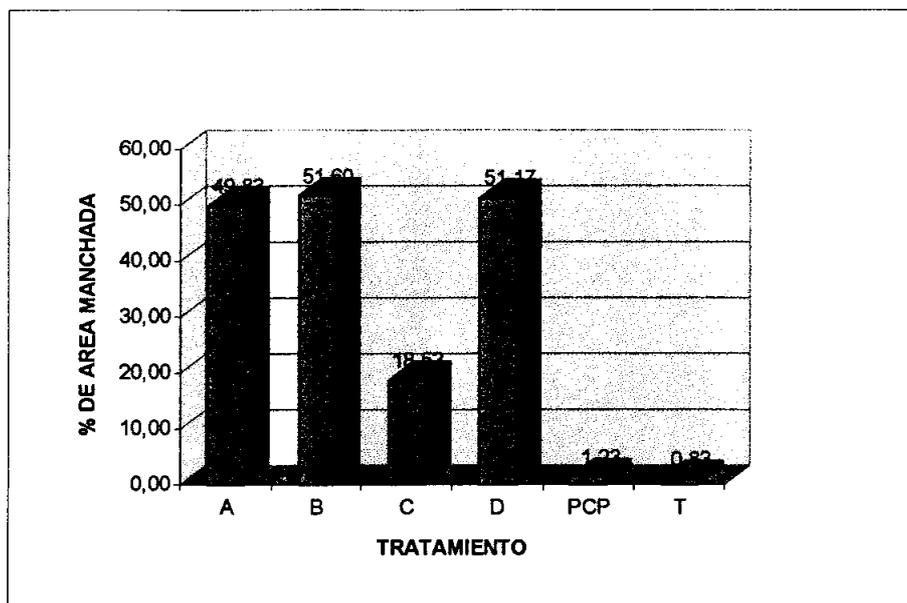


FIGURA 2: Porcentaje promedio del área con moho verde por tratamiento.

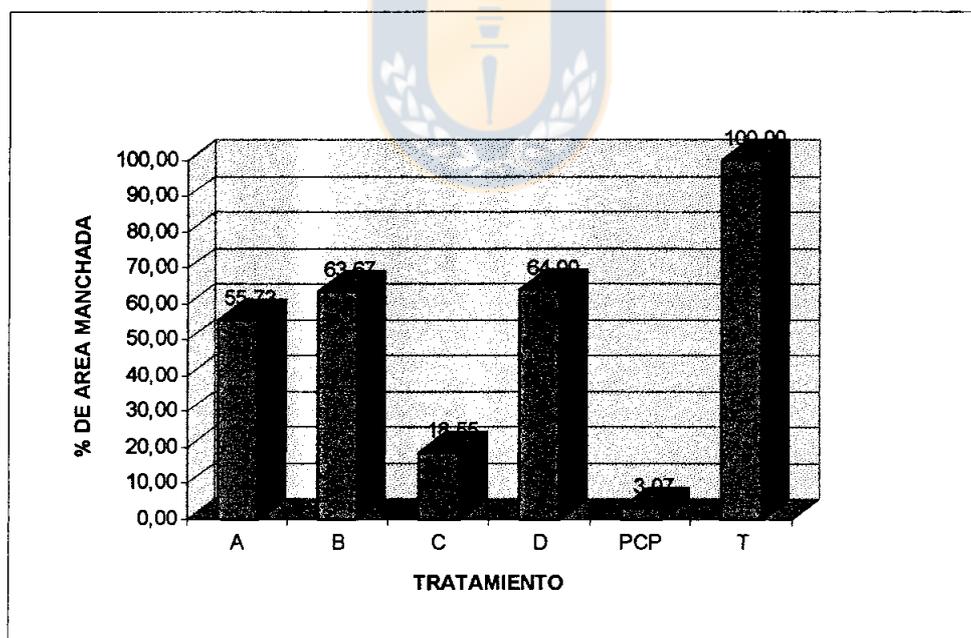


FIGURA 3: Porcentaje promedio del área con manchas en general por tratamiento.

## ANEXO 3.

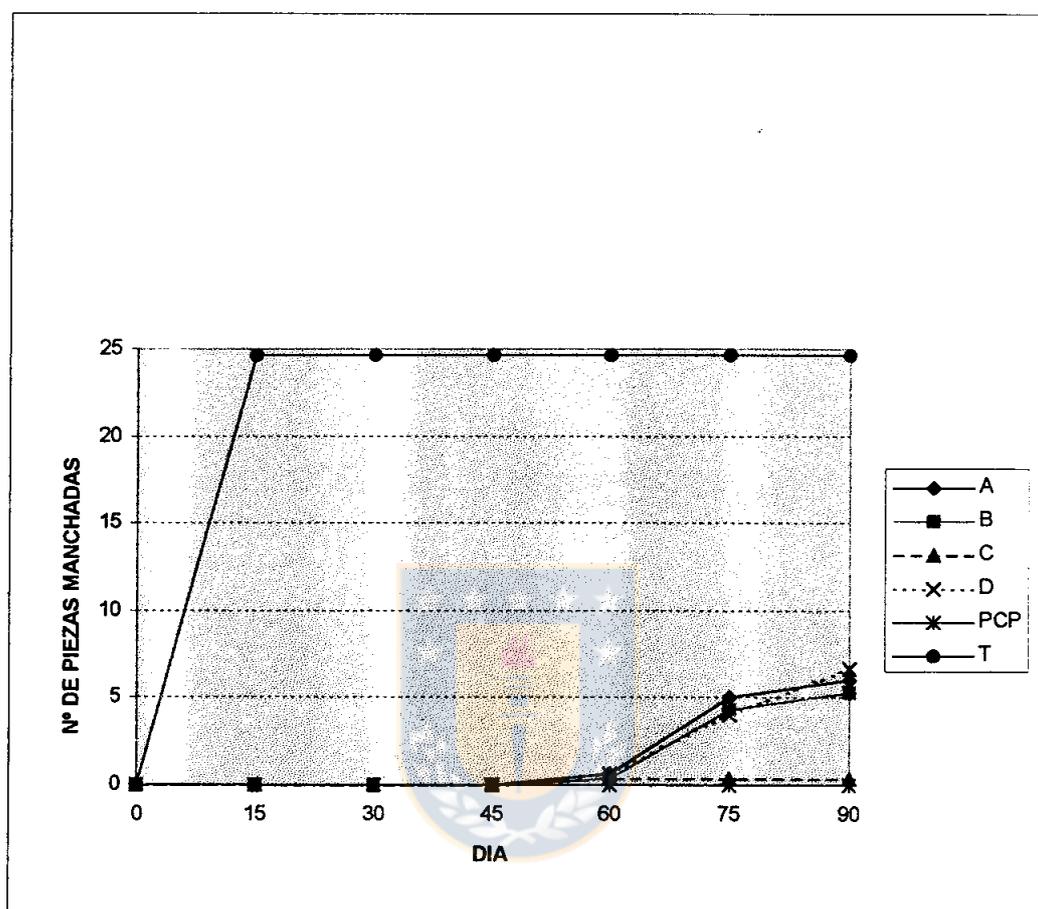


FIGURA 1: Número de piezas con mancha azul a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.

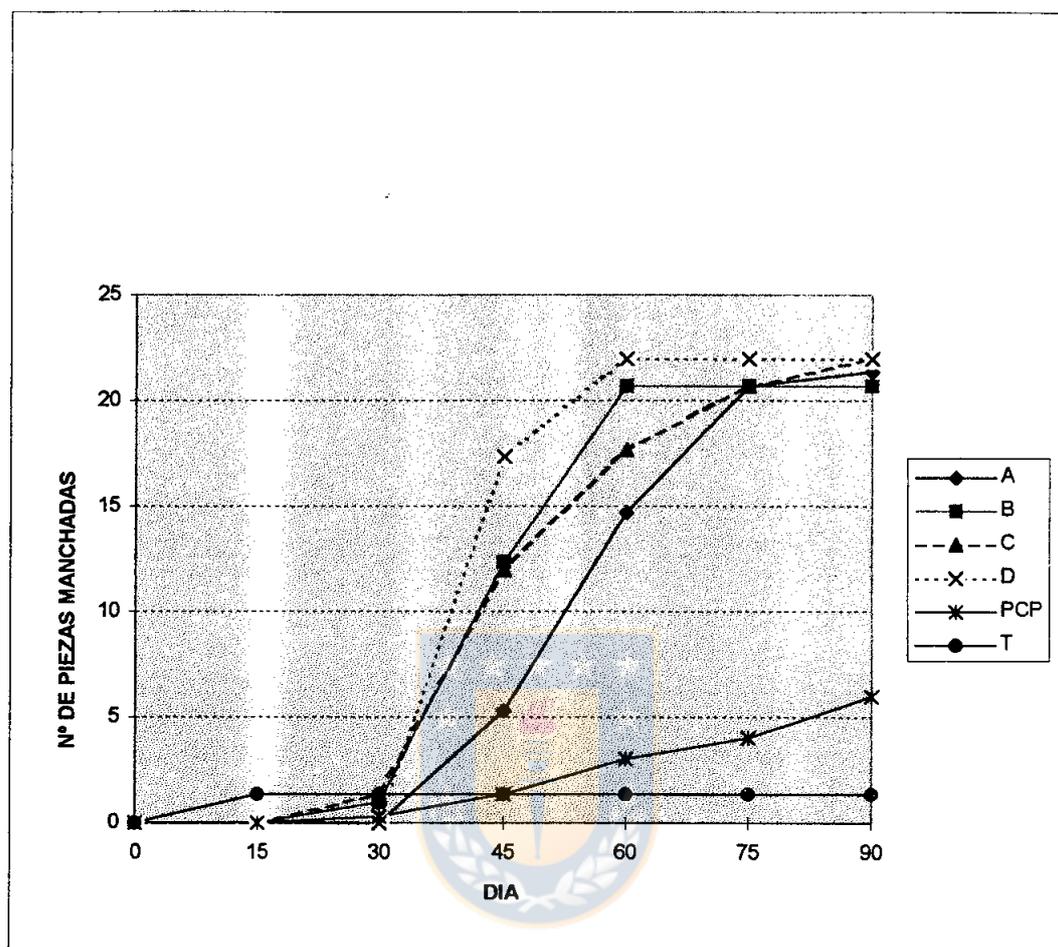


FIGURA 2: Número de piezas con moho verde a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.

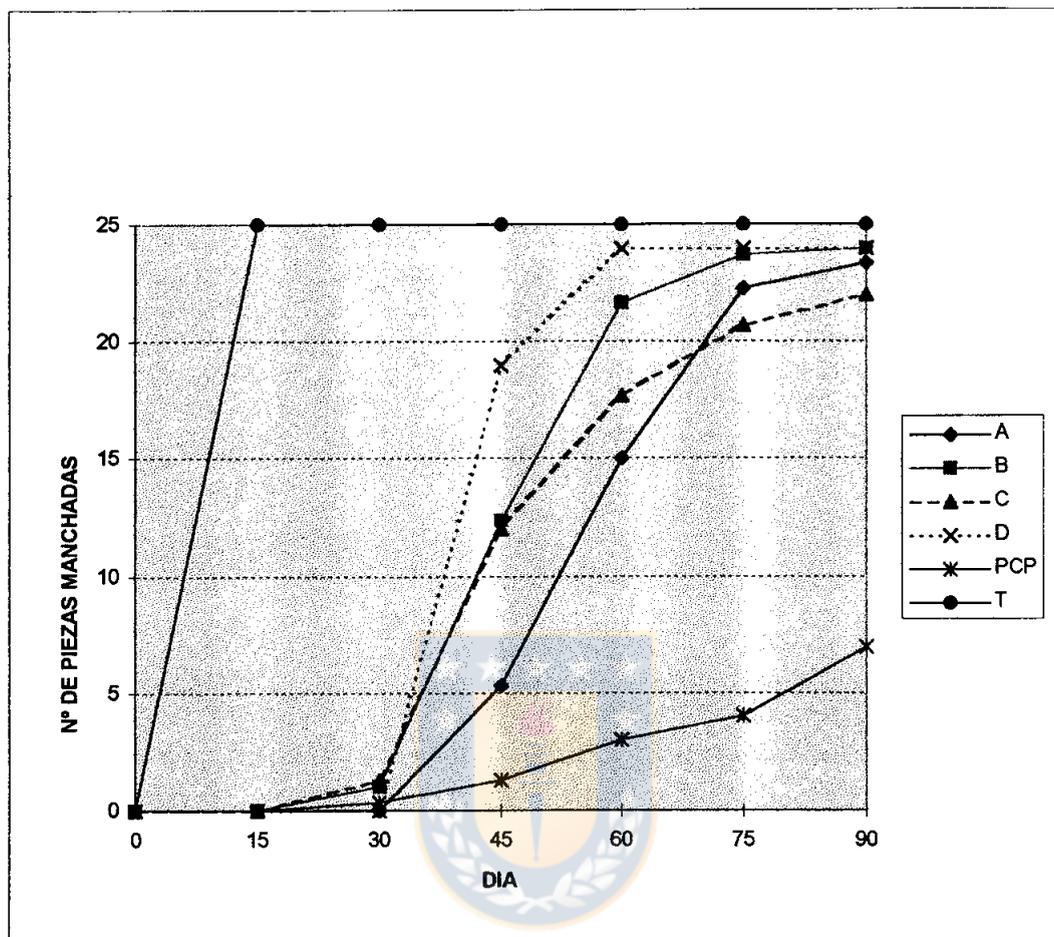


FIGURA 3: Número de piezas con manchas en general a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.

## ANEXO 4.

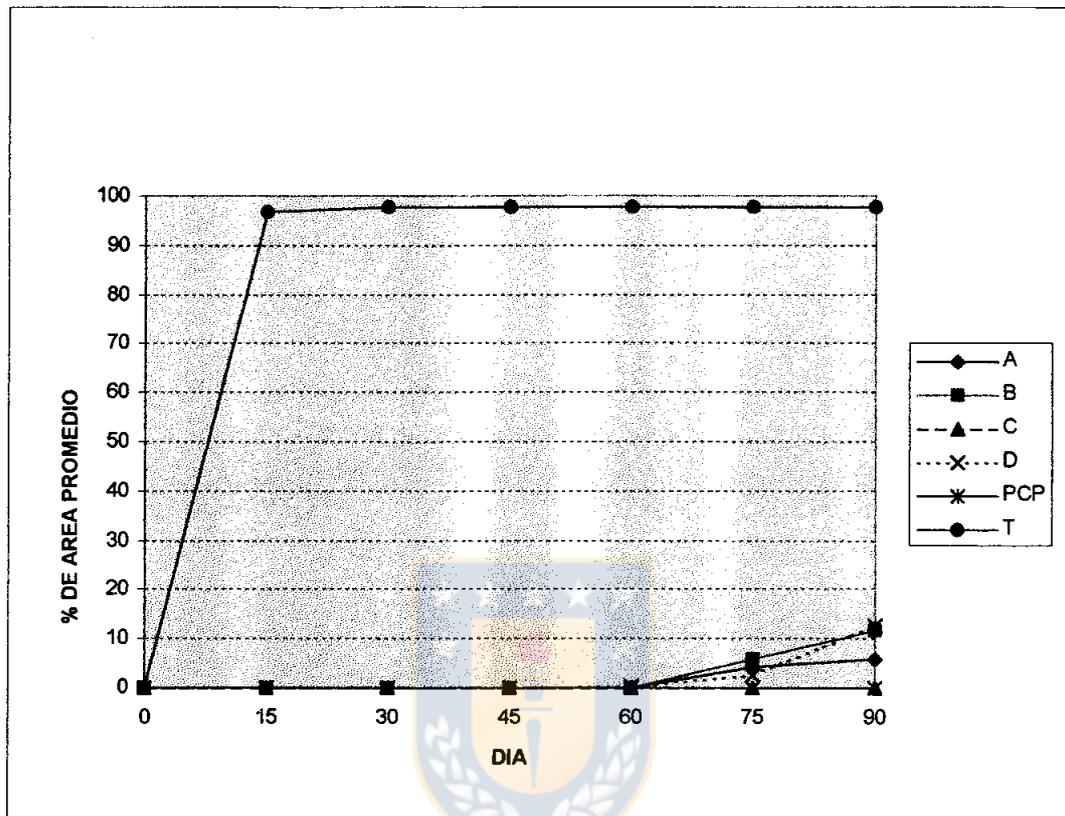


FIGURA 1: Porcentaje promedio del área con mancha azul a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.

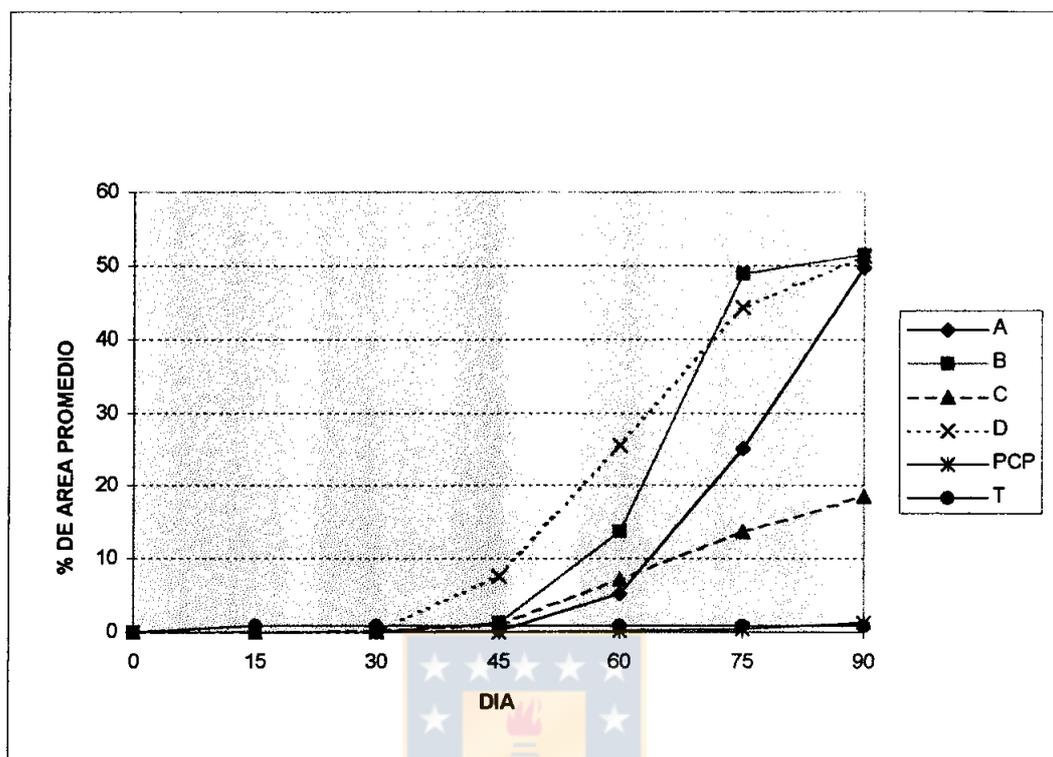


FIGURA 2: Porcentaje promedio del área con moho verde a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.

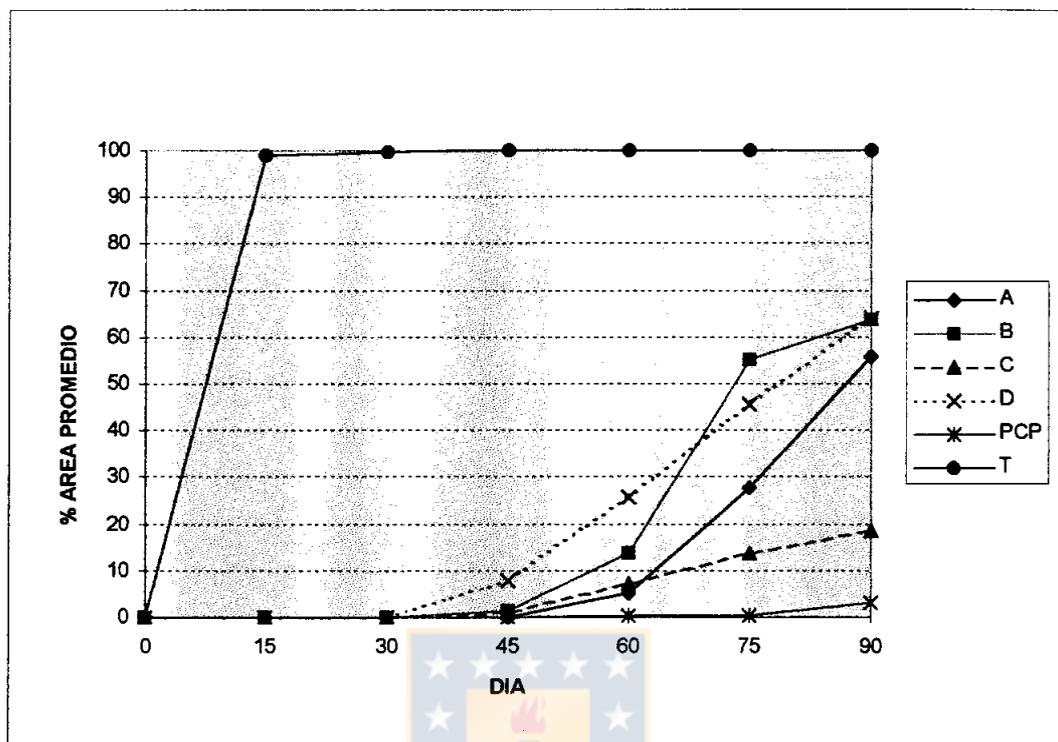


FIGURA 3: Porcentaje promedio del área con manchas en general a través del tiempo para cada uno de los tratamientos.

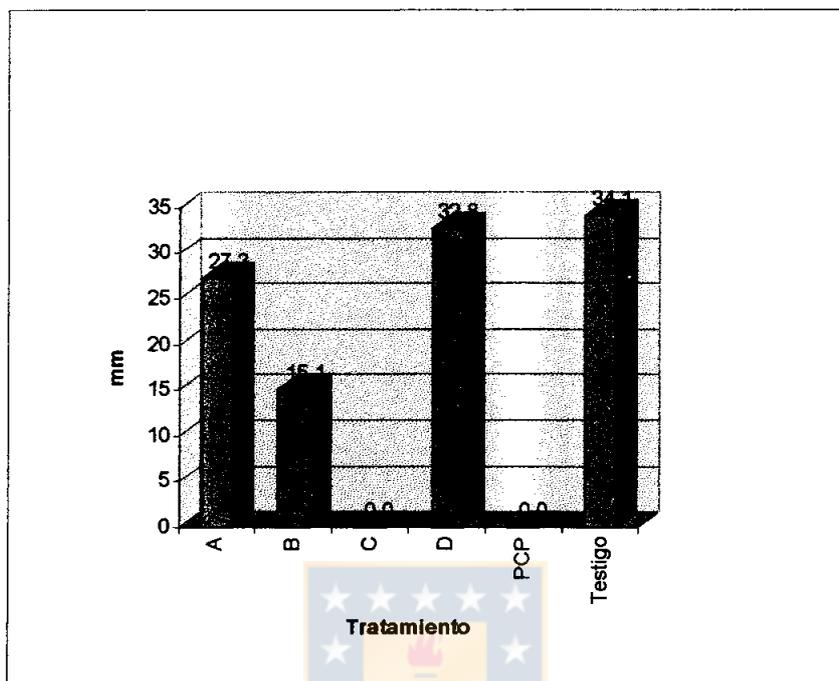
ANEXO 5.

FIGURA 1: Penetración de la mancha azul en milímetros (mm) en la madera para los diferentes tratamientos.

