



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

**Evaluación de ocurrencia del defecto mancha café en  
madera aserrada seca de *Pinus radiata* D. Don.**

Patrocinante: Sr. Alfredo Aguilera L.

Co-Patrocinante: Sr. Luís Inzunza D.

Trabajo de Titulación presentado  
como parte de los requisitos para optar  
al Título de **Ingeniero en Maderas.**

**RUBEN ALEJANDRO FUENTEALBA DELGADO**

VALDIVIA

2008

## CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

|                |                           | <b>Nota</b> |
|----------------|---------------------------|-------------|
| Patrocinante   | : Sr. Alfredo Aguilera L. | _____       |
| Copatrocinante | : Sr. Luís Inzunza D.     | _____       |
| Informante     | : Sr. Roberto Juacida P.  | _____       |

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de los contenidos y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.

\_\_\_\_\_  
Sr. Alfredo Aguilera León.

## **AGRADECIMIENTOS.**

A Dios, que es mi constante apoyo, el cual esta siempre en los momentos que necesito y me da fuerzas para cumplir mis objetivos, mediante la fe y esperanza que me entrega, de igual modo a mis padres que me dieron la vida y me dan su apoyo incondicional en todo momento, a mis hermanos que me dan alegría y apoyo.

Agradezco también a mi profesor patrocinante Sr. Alfredo Aguilera, por su colaboración, paciencia y constante apoyo durante el proyecto. De igual manera a mis profesores Sr. Luís Inzunza y Sr. Roberto Juacida, por la ayuda recibida en la realización de esta tesis y la culminación de mi vida universitaria.

En forma especial a mi abuela Zobeida y a mi tía Norma que siempre me estuvieron apoyando durante la vida universitaria, a todos mis tíos, a todos mis compañeros y amigos que estuvieron conmigo.

A mi tata Gumercindo Fuentealba que ya no esta presente, pero siempre esta en mi corazón, a mi tía Pilar porque de niño siempre me dio su apoyo en distintas cosas y en distintas formas.

También quiero agradecer a todos los profesores que trabajan en el Instituto de Tecnología de Productos Forestales; a Maria Eugenia, Alejandra, don Guido, Andrés, al chuncho que se portaron de muy buena forma durante mi paso por la universidad.

A todos ustedes con mucho cariño Rubén Fuentealba Delgado.

*Dedicada a mis padres Marlene y Rubén  
en forma muy especial por su  
apoyo y comprensión*

## INDICE DE MATERIAS

|       |   | Pagina |
|-------|---|--------|
| 1     | INTRODUCCIÓN  | 1      |
| 2     | MARCO TEORICO   | 3      |
| 2.1   | Antecedentes generales                                      | 3      |
| 2.2   | Caracterización general de la especie                       | 3      |
| 2.2.1 | Usos de la madera   | 4      |
| 2.3   | Composición química del pino radiata                        | 4      |
| 2.4   | Cambio de color o decoloración                              | 6      |
| 2.4.1 | Origen de los cambios de color tipo químico                 | 6      |
| 2.4.2 | Rol de los extraíbles                                       | 7      |
| 2.5   | Coloración café   | 7      |
| 2.6   | Secado  | 8      |
| 2.6.1 | Condiciones del secado que favorecen la aparición de mancha | 8      |
| 3     | MATERIAL Y METODO   | 9      |
| 3.1   | Material  | 9      |
| 3.1.1 | Madera  | 9      |
| 3.1.2 | Equipo instrumental   | 9      |
| 3.2   | Método  | 10     |
| 3.2.1 | Preparación de las piezas del ensayo                        | 10     |
| 3.2.2 | Ensayo experimental   | 13     |
| 3.2.3 | Programa de secado aplicado                                 | 14     |
| 3.2.4 | Controles antes del proceso de secado                       | 14     |
| 3.2.5 | Controles después del proceso de secado                     | 14     |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 4     | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS                  | 17 |
| 4.1   | Control antes del proceso de secado                         | 17 |
| 4.2   | Control después del proceso de secado                       | 20 |
| 4.2.1 | Cantidad de tablas manchadas y área cubierta por el defecto | 20 |
| 4.2.2 | Profundidad del defecto                                     | 21 |
| 4.2.3 | Intensidad del defecto                                      | 22 |
| 5     | CONCLUSIONES  | 30 |
| 6     | BIBLIOGRAFIA  |    |

#### ANEXOS

- 1.- Abstract
- 2.- Contenido de humedad y densidad de la madera
- 3.- Intensidades entregadas por el software
- 4.- Análisis Estadístico

## INDICE DE CUADROS

|  | Pagina |
|--|--------|
| Cuadro N° 1 Características Químicas pinus radiata                                       | 4      |
| Cuadro N° 2 Efecto de la edad en el contenido de extraíbles                              | 5      |
| Cuadro N° 3 Efecto de la velocidad de crecimiento en el contenido de extraíbles          | 5      |
| Cuadro N° 4 Muestras necesarias para el estudio  | 13     |
| Cuadro N° 5 Programa de secado   | 14     |
| Cuadro N° 6 Niveles de área cubierta   | 15     |
| Cuadro N° 7 Contenido de humedad inicial y final (%) de la carga                         | 17     |
| Cuadro N° 8 Contenido de Humedad promedio inicial y final de la madera lateral y central | 17     |
| Cuadro N° 9 Densidad básica de la madera ensayada  | 19     |

## INDICE DE FIGURAS

|              |  | Pagina |
|--------------|--|--------|
| Figura N° 1  | Cámara de secado   | 10     |
| Figura N° 2  | Esquema de la pieza de ensayo de 1.1 m   | 11     |
| Figura N° 3  | Posición de la madera lateral en el secador  | 11     |
| Figura N° 4  | Posición de la madera Central en el secador  | 12     |
| Figura N° 5  | Distribución de las piezas en la cámara de secado                                    | 13     |
| Figura N° 6  | Esquema del proceso de cepillado   | 15     |
| Figura N° 7  | Esquema de toma de imágenes  | 16     |
| Figura N° 8  | Área sometida al análisis de imágenes para medir Intensidad de mancha                | 16     |
| Figura N° 9  | Rango de humedad al inicio del programa de secado                                    | 18     |
| Figura N° 10 | Distribución del contenido de humedad final en las piezas de secado                  | 19     |
| Figura N° 11 | Distribución de la densidad básica obtenida de las piezas de ensayadas               | 20     |
| Figura N° 12 | Área manchada por tipo de madera   | 20     |
| Figura N° 13 | Profundidad de mancha en cara exterior e interior de madera                          | 21     |
| Figura N° 14 | Profundidad de penetración de mancha café para el tipo de madera                     | 22     |
| Figura N° 15 | Intensidad de mancha café según Tratamiento a mismas profundidades madera lateral    | 23     |
| Figura N° 16 | Intensidad de mancha café según Tratamiento y a mismas profundidades madera central  | 24     |
| Figura N° 17 | Intensidad de mancha café madera lateral según Tratamiento a distintas profundidades | 25     |

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Figura N° 18 | Intensidad de mancha café madera central según Tratamiento a distintas profundidades | 26 |
| Figura N° 19 | Intensidad de mancha café según Tratamiento de caras exteriores                      | 27 |
| Figura N° 20 | Intensidad de mancha café según Tratamiento de caras interiores                      | 28 |
| Figura N° 21 | Intensidad de mancha café según Tratamiento entre caras                              | 29 |

## RESUMEN EJECUTIVO

Se evaluó la ocurrencia del defecto mancha café en Pino radiata para madera lateral y central, para lo cual se procedió a la determinación de área cubierta de mancha café, la cual fue realizada en forma visual, También se determinó, el efecto producido por la posición de la madera en la cámara de secado. Se utilizó una cámara digital y el software Adobe.Photoshop para medir intensidades de mancha café, lo mismo ocurrió para la medir el efecto producido en las caras interiores y exteriores de la madera.

Los resultados obtenidos permiten apreciar una mayor área cubierta de mancha café en madera lateral. La posición de la madera en la cámara de secado no tiene relevancia en la aparición de mancha café para maderas centrales y laterales. Para el caso de caras exteriores e interiores se encuentra mancha café hasta los 3 mm de profundidad en madera lateral y en la superficie en madera central, presentando las caras exteriores una mayor intensidad de mancha café que las caras interiores, siendo la madera lateral la cual presenta mayor intensidad, se cree que esto se debe a que la madera lateral presenta una mayor aglomeración de constituyentes de azúcares.

**Palabras Claves:** Pinus radiata D. Don, Mancha café, ocurrencia del defecto.

## 1. INTRODUCCION

El Pino radiata es una especie importante en la producción de madera aserrada y protagonista del desarrollo del sector forestal chileno, su crecimiento observado se debe al gran esfuerzo nacional de forestación debido a que esta especie logra tener altos índices de crecimiento lo cual ha permitido la expansión de diversas industrias dedicadas a su explotación y transformación, sin embargo presenta algunas debilidades, siendo una de estas el desarrollo de color.

Este defecto denominado mancha café se observa en madera aserrada seca de pino radiata, sobre cual se especula que su aparición es provocada por la aglomeración de ciertos constituyentes dentro de la madera como azúcares y aminoácidos que producen por condensación una coloración café. Asimismo, la presencia de temperatura favorece la degradación de hemicelulosa que liberan azúcares intensificando la coloración, la cual esta asociada principalmente con el proceso de secado de madera.

Se dice que en el secado acelerado y de alta temperatura de pino radiata provoca la presencia de coloración café hasta 2 a 3 mm por debajo de la superficie de naturaleza termoquímica, así como la coloración oxidativa de la superficie de la madera, esta coloración puede ser reducida pero no eliminada bajo condiciones de temperatura de 45° a 50°C y la oxidación que se produce en la superficie puede ser reducida a temperaturas debajo de los 50°C, en este caso para el pino radiata que soporta un secado rápido genera pérdidas importantes de productividad la aplicación de bajas temperaturas.

Este defecto de mancha café producido en la madera afecta la apariencia del producto clear, pero no altera propiedades físico-mecánicas de la madera. Sin embargo desclasifica los productos de acuerdo a los requerimientos del cliente, ocasionando diversas pérdidas por ventas a menores precios o por disminución de la productividad, siendo definida esta ultima por perdidas de la madera generada en el proceso de cepillado que se realiza para la eliminación de este defecto, por lo cual la industria maderera a llegado a la necesidad de invertir en mejoras tecnológicas para minimizar y así poder dar un valor agregado a sus productos.

Los objetivos que se desarrollaran en este estudio se presentan a continuación.

## Objetivo General

- Evaluar la ocurrencia del defecto mancha café en madera aserrada seca de *Pinus radiata* D. Don.

## Objetivo específicos

- Determinar la profundidad y el área cubierta de mancha café sobre madera lateral y central
- Determinar la ocurrencia del defecto en madera central y lateral
- Determinar el efecto producido por la posición de la madera en la cámara de secado
- Determinar el efecto producido en las caras interiores y exteriores de la madera

## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 Antecedentes generales

El *Pinus radiata* D. Don, es una especie importante en la producción de madera aserrada, constituyendo extensas plantaciones en Chile, Nueva Zelanda, Australia, Sudáfrica y España. En Chile existen más de 1.4 millones de hectáreas (INFOR, 2005) plantadas con esta especie, desde la V a la X región, sustentando cerca del 80% del abastecimiento industrial de la madera.

El éxito de esta especie se debe a la rapidez de crecimiento en diferentes tipos de suelos y a la diversidad de usos de la madera.

Esta especie fue introducida en Chile a fines del siglo pasado, pero las plantaciones masivas sólo se iniciaron en la década de los 40. En 1965 la superficie plantada alcanzaba a unas 230.000 ha y en 1984 llegó al millón de hectáreas.

Este recurso ha dado origen a una importante industria forestal que produce pulpa, papel, madera aserrada, tableros diversos, muebles, embalajes y otros productos.

Pino radiata es una especie de gran adaptabilidad que se ha utilizado con éxito en la forestación desde la V a la X, teniendo un óptimo desarrollo en la costa de la VIII Región. También logra buenos crecimientos en los suelos volcánicos de la precordillera andina, hasta altitudes de 800 m.

Los períodos secos prolongados, los suelos demasiado arcillosos y la presencia de nieve limitan la distribución de la especie.

### 2.2 Caracterización general de la especie

El Pino radiata, conifera que posee un fuste recto que puede alcanzar de 30 a 50 m de altura y diámetros de 1,5 m. Correspondiente a una clasificación de orden superior, que abarca a aquellas especies cuyos frutos son estructuras llamadas conos, aunque en algunas coníferas esta estructura no es tan evidente. Generalmente sus hojas poseen forma de agujas o bien alargadas; por lo general la madera es resinosa. Sus estructuras florales son relativamente simples y la fecundación es realizada comúnmente por el viento o corrientes de aire.

La madera presenta una albura blanco – amarillenta y un duramen rojizo. Anillos de crecimiento muy notorios y anchos, con paso gradual entre madera de primavera y verano. Alto porcentaje de madera tardía, canales resiníferos muy visibles en caras longitudinales, textura gruesa y abundancia de nudos, rayos medulares bien visibles y numerosos, olor resinoso, liviana, blanda, poco durable y de baja resistencia mecánica, es Permeable y por lo tanto fácil de secar y de impregnar. El aserrío se realiza sin inconvenientes, comportándose normalmente en los procesos de

cepillado, ranurado y machihembrado. Muy susceptible al ataque de hongos provocadores de la mancha azul.

La madera de Pino radiata puede considerarse como relativamente estable cuando se han cumplido con las debidas prácticas de poda y raleos (Diaz–Vaz, 2003).

### 2.2.1 Usos de las maderas

El uso principal de la madera de pino es usado en muebles, pulpa y papel, envases, tableros aglomerados, tableros contrachapados y de fibras ebanistería, entarimados, a demás de sus usos potenciales como pisos, revestimientos, construcciones livianas. Es fácil de trabajar con herramientas manuales y en las diferentes operaciones de maquinado, pero a la vez no es resistente al ataque de hongos e insectos, por poseer una duración relativamente baja al exterior. Las trozas de gran diámetro y con un veteado homogéneo y buenas condiciones estéticas, se pueden utilizar en la fabricación de chapas utilizadas en mueblería, revestimientos interiores (Torres, 1971).

### 2.3 Composición Química del pino radiata.

La composición química de pino radiata sufre variaciones de acuerdo al lugar o zona geográfica donde este ubicado, de acuerdo a esto se han realizado diversos estudios.

De acuerdo a un estudio realizado por Forestal ARAUCO S.A., La composición química del pino radiata para la localidad de buena esperanza, de un bosque plantado en el año 1970, se puede apreciar en el cuadro N°1.

Cuadro 1: Características Químicas *Pinus radiata*

|              | <b>Características Químicas</b> | 1° raleo | 2° raleo |
|--------------|---------------------------------|----------|----------|
| Extraíbles   | Et OH-Benceno 1:2 (%b.m.s)      | 0,8      | 0,7      |
| Holocelulosa | (%b.m.s.l.e)                    | 74,4     | 74,8     |
| Celulosa     | (%b.m.s.l.e)                    | 57,8     | 58,1     |
| Hemicelulosa | (diferencia)                    | 16,6     | 16,7     |
| Lignina      | (%b.m.s.l.e)                    | 26,3     | 26,4     |
| Pentosanos   | (%b.m.s.l.e)                    | 6,4      | 6,5      |
| Solubilidad  | Soda 1 % aceptado               | 13,03    | 13,2     |

Fuente: Forestal ARAUCO S.A., Localidad de Buena esperanza

Cuadro 2: Efecto de la edad en el contenido de extraíbles

| Edad (años) | Extraíbles Benceno (%) | Extraíbles Diclorometano (%) |
|-------------|------------------------|------------------------------|
| 7 -- 8      | 1,32                   | 0,81                         |
| 16          | 1,52                   | 0,97                         |
| 22 --25     | 2,57                   | 1,9                          |

Fuente: Molina B. Hugo Celulosa Arauco y Constitución S. A. (1987).

Cuadro 3: Efecto de la velocidad de crecimiento en el contenido de extraíbles.

| Edad (años) | Diámetro Basal Fuste cm. | Extraíbles Benceno (%) | Extraíbles Diclorometano (%) |
|-------------|--------------------------|------------------------|------------------------------|
| 10          | 16                       | 0,98                   | 0,54                         |
|             | 41                       | 2,57                   | 1,81                         |
| 14          | 15                       | 1,18                   | 0,71                         |
|             | 45                       | 1,56                   | 0,9                          |
| 19          | 14                       | 1,26                   | 0,67                         |
|             | 24                       | 2,05                   | 1,36                         |

Fuente: Molina B. Hugo Celulosa Arauco y Constitución S. A. (1987).

De los siguientes cuadros se puede apreciar el comportamiento de los extraíbles en pino radiata frente a variables como edad y velocidad de crecimiento.

Los extraíbles representan un gran número de componentes orgánicos. El grupo más importante en términos de cantidad son los polifenoles y las resinas. Los polifenoles están presentes en angiospermas y gimnospermas, e incluyen a un gran número de componentes químicos orgánicos, entre estos los taninos. Estos materiales orgánicos están presentes en formas mezcladas (Panshin y De-Zeeuw, 1970).

A pesar de que la cantidad de extraíbles es muy baja, estos influyen en varias propiedades de la madera, como el olor y el color. Sin la presencia de los extraíbles, el reconocimiento macroscópico no sería posible, por lo que la madera se reconocería únicamente por un estudio anatómico microscópico (Panshin y De-Zeeuw, 1970).

Los extraíbles se pueden agrupar de acuerdo al solvente utilizado para la extracción. Es así como se reconocen extracciones en agua fría, en agua caliente, en etanol-tolueno y en soda, la extracción en agua fría elimina las sales orgánicas presentes en los lúmenes celulares, del mismo modo, se extraen los azúcares, gomas, galactanos, porciones de taninos y de pigmentos, por otra parte, la extracción en agua caliente

incrementa los solubles con agua fría, la extracción con etanol-tolueno elimina de la madera ceras, grasas, resinas, aceites, colorantes orgánicos, taninos, gomas e incluso materiales solubles en agua, los solubles en soda, esto es, hidróxido de sodio al 1%, corresponden a poliosas (Pentosanos y hexosanos), productos de degradación de celulosa, de lignina y algo de resinas (Diaz-Vaz, 2003).

## 2.4 Cambio de Color o Decoloración

Se denomina decoloración al cambio de color que experimenta la madera respecto a su color natural, este fenómeno puede ocurrir por diversas causas.

La decoloración puede ser clasificada en dos tipos (Gorisek *et al*, 2003):

- Biótica: causada por hongos o bacterias.
- Abiótica: de origen químico. También denominada química u oxidativa.

Los mecanismos implicados en la decoloración abiótica no están del todo claros y la literatura al respecto es limitada. Ésta involucra la formación de polímeros coloreados en la estructura química de la madera. Los constituyentes químicos de las distintas especies y el rol de los factores externos como la temperatura y la humedad están siendo estudiados para determinar las causas de este tipo de decoloración (Kreber y Byrne, 1994).

### 2.4.1 Origen de los Cambios de Color tipo Químico

En los procesos de decoloración química de la madera se han diferenciado dos orígenes, termoquímico y oxidativo.

a) *Origen termoquímico*: Se produce una reacción termoquímica entre los azúcares y los compuestos nitrogenados de la madera (reacción de Maillard), la que se desarrolla debajo de la superficie de la madera (Haslett *et al.*, 1999; Mc Donald, 2000) formando productos coloreados (Haslett, 1999). El oscurecimiento proviene de la formación de un gradiente de concentración de azúcares reductores (fructosas) y compuestos nitrogenados (ácidos amínicos tal como ácido glutamínico), a ciertas condiciones de temperatura (Mc Donald, 2000).

b) *Origen oxidativo*: Aunque se acepta que la oxidación de la lignina puede alterar el color de la madera, tales reacciones se dan en condiciones muy específicas, ya sea por acción enzimática o por reacción con ácidos o álcalis concentrados, situación ajena a las asociadas al tratamiento de la madera con vapor y temperatura. Así entonces, la decoloración derivada de las condiciones anteriores tiene su origen en la transformación química de los extraíbles en presencia de oxígeno. Cada especie se comporta de manera diferente, dependiendo del tipo de extraíbles presentes en esa madera, pero en general son los taninos (condensables o hidrolizables) los involucrados en este proceso. La decoloración por transformación química en presencia de oxígeno está condicionada por el contenido de humedad inicial de la

madera, la temperatura de secado y la presencia de oxígeno en la atmósfera de secado (Ananías, 2001).

#### 2.4.2 Rol de los Extraíbles

La decoloración de la madera proviene de los cambios de color de los extraíbles que constituyen la albura y el duramen (Sehlsted, 2003).

Al inducir calor a la madera, los extraíbles contribuyen significativamente en la intensidad del cambio de color (Chow y Troughton, 1973).

Ciertos extraíbles, especialmente polifenoles, son una fuente en la producción de color de la madera. La interacción entre los diferentes componentes químicos de ésta puede afectar el índice de la formación del color (Chow y Troughton, 1973). Los extraíbles fenólicos tipo flavonoides, como catequina y epicatequina, conocidos precursores de taninos, altamente coloreados y de fenoles poliméricos, son sugeridos, fuertemente, como productores del oscurecimiento (Kreber y Byrne, 1994).

#### 2.5 Coloración café

La Mancha café ocasionada por el secado del pino radiata, es un fenómeno mediante el cuál, reaccionan por condensación los precursores de la decoloración café: azúcares en presencia de aminoácidos con la temperatura de secado, este fenómeno termo-químico, es esencialmente una “caramelización”, conocida como reacción de Amadori-Maillard (Terziev et al., 1995; Kreber, 1998; McDonald, 2000). Una polimeración oxidativa de sustancias fenólicas (taninos), sustancias precursoras de la coloración en la superficie, es intensificada con la temperatura y la humedad del ambiente. La humedad de la madera juega además un rol importante (Avramidis et al. 1993; Kreber y Haslett 1997a; Ananías, 2000). Los cambios de color se producen en madera verde al comienzo del secado y se intensifican con la disminución de la humedad de la madera (Terziev et al. 1993; Avramidis, 1993; Terziev, 1995; Kreber y Haslett 1997a; Ananías, 2001b; Sundqvist, 2002).

McCurdy (2003) midió el color en madera lateral de pino radiata según varios programas de secado. Los autores citando a (Terziev, 1995) indican que este encontró que la concentración superficial de azúcares y nitrógeno de bajo peso molecular se incrementa en las primeras etapas del secado. Por otra parte los autores señalan que en la última parte del secado, los cambios de color son más pronunciados, siendo la coloración mas intensa en una capa de 1 a 2 mm bajo la superficie.

Mediante este estudio, los autores concluyen que las temperaturas de secado más altas producen un mayor oscurecimiento del color de la madera. Indican que el desarrollo de este oscurecimiento aparece muy rápido en programas de secado de

tipo alta temperatura (HT), pero se hace más lento y errático con programas de baja temperatura

Con respecto al color desarrollado en la madera de pino radiata Dieste y Williamson, (2002) indican en su estudio que el cambio de color durante el secado puede ser descrito en función del tiempo de secado y de la concentración de compuestos nitrogenados en las capas superficiales de la madera. Los azúcares solubles y estos compuestos nitrogenados servirían como reactivos para el desarrollo de la coloración de la madera durante el secado. Además, no encontraron evidencia que los compuestos fenólicos tengan alguna incidencia en el cambio de color.

El proyecto Fondef D0111160 biorreducción del pitch (resina) en madera de pino radiata indica que la presencia de azúcares, aminoácidos y otros compuestos (pitch), en la albura de la madera de pino radiata, promueven, durante el proceso de secado acelerado y de alta temperatura, una intensa coloración café y una disminución de su permeabilidad.

## 2.6 Secado

### 2.6.1 *Condiciones del secado que favorecen la aparición de mancha*

El secado artificial surgió como respuesta a las deficiencias del secado natural. Por medio de aparatos e instalaciones especiales, se establecen en recintos cerrados condiciones climáticas diferentes a las condiciones atmosféricas normales. Mediante ventiladores, se produce un flujo de aire estable que circula a través de las pilas de madera, con temperatura y humedad relativa controladas de acuerdo a programas preestablecidos según especie y dimensiones de la madera en proceso de secamiento.

El secado a elevada temperatura favorece tanto la coloración café hasta 2 a 3 mm por debajo de la superficie (Terziev, 1995; Kreber y Haslett 1997a) así como la coloración oxidativa de la superficie de la madera (Avramidis et al., 1993; Ananías et al., 2001a). De acuerdo a las referencias, la coloración café puede ser reducida pero no eliminada completamente bajo condiciones de baja temperatura 45 a 50 °C; la oxidación superficial por su parte puede ser reducida a temperaturas por debajo de los 50 °C, en este sentido para el caso del pino radiata, que soporta el secado rápido, la utilización de baja temperatura provoca pérdidas importantes en productividad. La humedad del ambiente de secado intensifica notablemente los cambios de color en la superficie de la madera (Avramidis et al., 1993; Ananías et al., 2001b), no obstante la coloración café por debajo de la superficie, parece ser intensificada a más baja humedad del ambiente (Kreber et al. 1998).

La prevención de la coloración ha sido abordada a través de diversos métodos y técnicas propuestas como solución a los problemas de cambios de color del secado de la madera (Charrier et al. 1992; Avramidis et al. 1993; Joyet y Meunier, 1996; Kreber y Haslett, 1997b; McCurdy et al. 2003). La oxidación en la superficie puede

ser controlada manipulando los programas de secado (Avramidis et al., 1993), reduciendo el oxígeno en el ambiente de secado (Ananías 2000) y secando bajo vacío (Charrier et al. 1992; Joyet et Meunier 1996).

La coloración café debajo de la superficie puede ser reducida pero no enteramente secando por presión antes del secado térmico (Kreber y Haslett 1997b); usando productos químicos para controlar el desarrollo de la reacción termoquímica (Kreber et al. 1999b). Además se ha explorado a escala de laboratorio la extracción de la savia antes del secado y el control biológico (McCurdy et al. 2002). A la escala industrial la sobredimensión y el posterior cepillado de la zona afectada por la coloración eliminan el problema.

### **3. MATERIAL Y METODO**

#### **3.1 Material**

En este capítulo se describe el equipamiento, la metodología y el material ocupado para realizar las mediciones de mancha café producida en la madera.

##### *3.1.1 Madera*

La madera aserrada ocupada en el presente estudio corresponde a pino radiata, proveniente del CEFOR ubicado en la Región de los Ríos. Corresponde a un producto recién aserrado, verde y de dimensiones definidas.

La muestra se obtuvo de un total de 7 trozas, con rangos diamétricos de 18 a 30 cm. y 2.5 m de largo.

##### *3.1.2 Equipo e instrumental*

El secador utilizado es Hildebrand, de construcción metálica con capacidad de 12.72 pulgadas madereras (0.3 m<sup>3</sup>), con dispositivo de vaporizado, calefactores eléctricos de generación automática. Sus rangos de temperaturas posibles son de 0° y 160° °C, con flujo de aire unidireccional de 3 m/seg. El control de proceso se realizó por medio del sistema patentado por Mühlbock (Fig. N° 1).



Figura N° 1 Cámara de secado

Para las mediciones se utilizaron elementos tales como; Balanzas digitales; estufa desecadora de laboratorio para determinar el contenido de humedad, sierra circular para la preparación de probetas y cepilladoras para niveles de profundidad, existentes en el taller de carpintería del Instituto y cámara digital “Sony Caber-Shot DSC-P51”

### 3.2 Método

Con el propósito de evaluar la ocurrencia del defecto de mancha café en madera lateral y central, se aserrearón 7 trozas de pino radiata de las cuales se obtuvieron piezas laterales y centrales de tipo de corte tangencial, estas fueron sometidas a un secado artificial, con el objeto de poder medir intensidad y profundidad de piezas manchadas.

#### 3.2.1 Preparación de las piezas del ensayo

Posterior al proceso de aserrío se obtuvieron 24 tablas de 40 mm X 150 mm X 1100 mm, a todas las tablas se le asignó un número, el tipo de madera, en el cual se tendrán las características y comportamiento de cada pieza, también, se determinó el contenido de humedad a través de probetas, esto se encuentra especificado en punto (3.2.4).

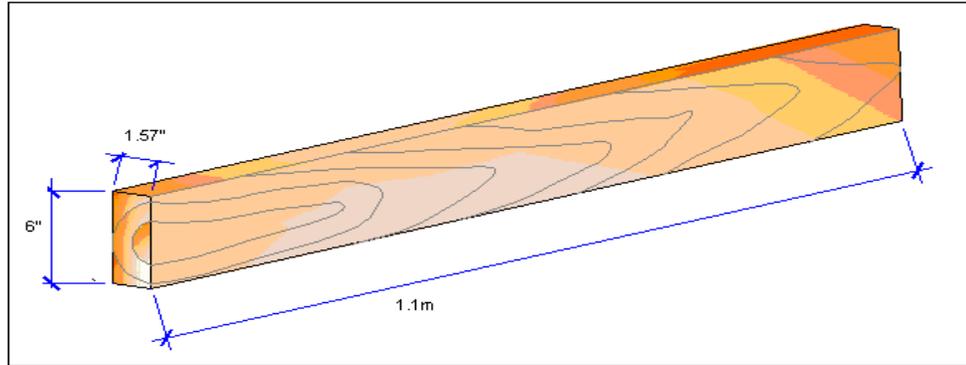


Figura N° 2 Esquema de la pieza de ensayo de 1.1 m

Estas probetas se diferenciaron por posición en el secador es decir por la orientación de los anillos de crecimiento, lo cual se indica en el siguiente esquema (Fig. 3 y 4).

**Madera lateral:**

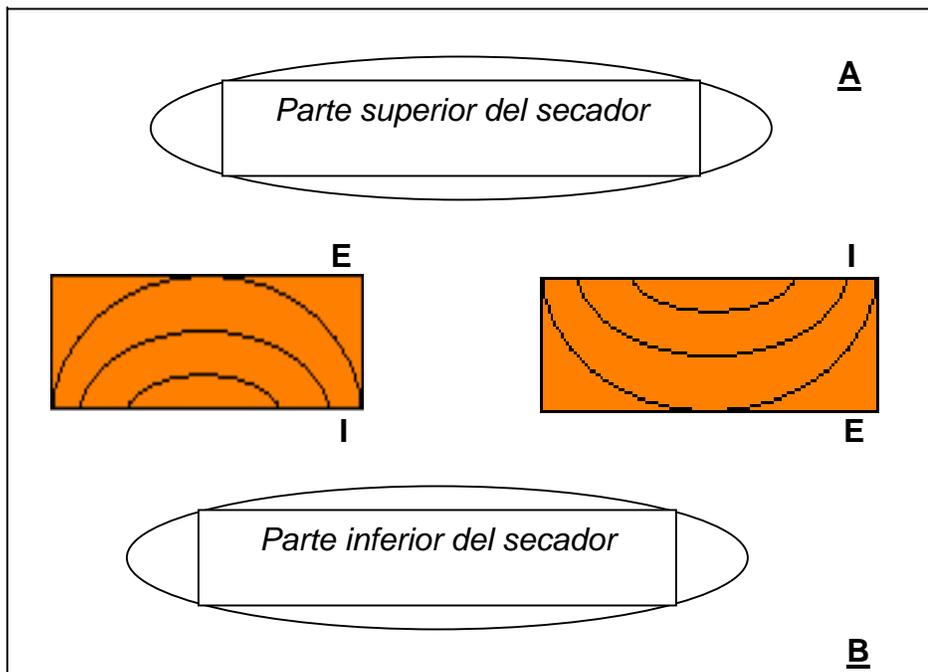


Figura N° 3 Posición de la madera lateral en el secador

E: Cara exterior  
I : Cara interior

T1=LAE  
T2=LAI

T3=LBE  
T4=LBI

LAE: Madera lateral cuya cara exterior se encuentra posicionada hacia Arriba del secador.

LAI: Madera lateral cuya cara interior se encuentra posicionada hacia Abajo del secador.

LBE: Madera lateral cuya cara exterior se encuentra posicionada hacia Abajo del secador.

LBI: Madera lateral cuya cara interior se encuentra posicionada hacia Arriba del secador.

**Madera central:**

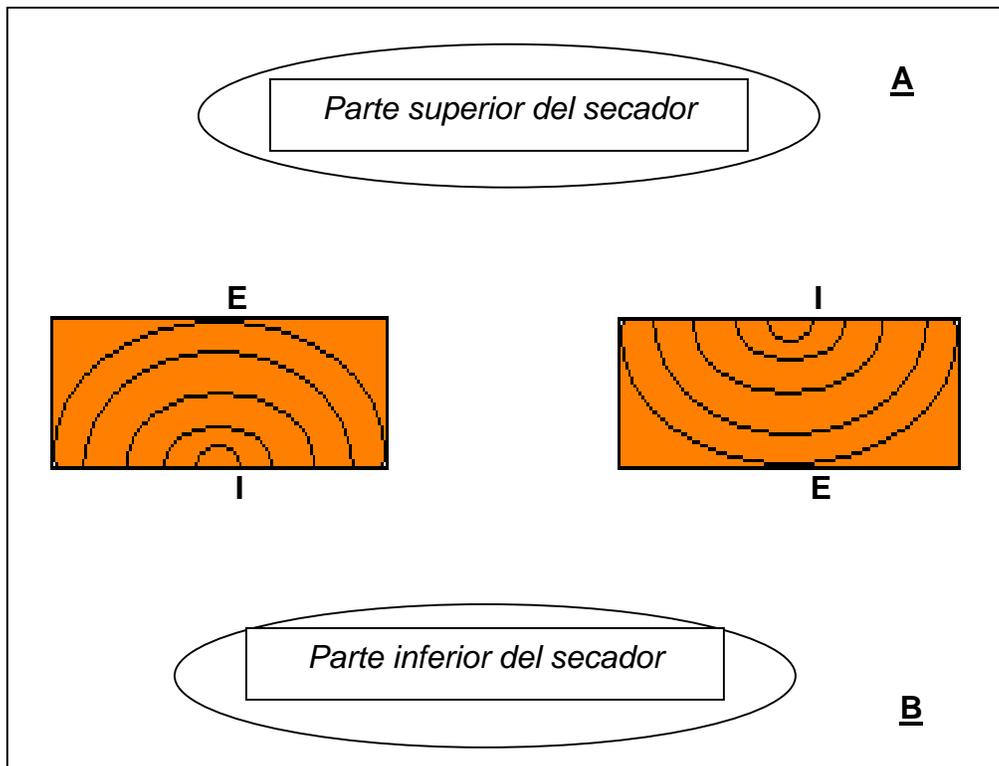


Figura N° 4 Posición de la madera Central en le secador

E: Cara exterior

I : Cara interior

T5=CAE

T6=CAI

T7=CBE

T8=CBI

CAE: Madera central cuya cara exterior se encuentra posicionada hacia Arriba del secador.

CAI: Madera central cuya cara interior se encuentra posicionada hacia Abajo del secador.

CBE: Madera central cuya cara exterior se encuentra posicionada hacia Abajo del secador.

CBI: Madera central cuya cara interior se encuentra posicionada hacia Arriba del secador.

### 3.2.2 Ensayo experimental

Probetas de madera lateral y central, las cuales se orientaron de acuerdo a los anillos de crecimiento posicionando hacia la parte superior del secador y hacia la parte inferior del secador clasificándose en caras exteriores e interiores.(cuadro N° 4)

Cuadro N° 4 Muestras necesarias para el estudio

| Variables                | Niveles |
|--------------------------|---------|
| Madera Lateral - Central | 2       |
| Posicion Arriba - Bajo   | 2       |
| Cara Interior - Exterior | 2       |
| Total de tratamientos    | 8       |

De esta forma se obtienen 8 tratamientos los cuales equivalen a 24 probetas, los cuales se dividieron en 4 tratamientos para madera central y 4 tratamientos para madera lateral, Cada probeta debió ser individualizada y debidamente marcada para facilitar su posterior identificación.

Finalizada la preparación de las piezas, Estas fueron sometidas a un proceso de secado, se procedió a encastillarla dentro de la cámara de secado constituida de un total de 24 piezas, de las dimensiones ya mencionadas, lo que completa la carga del secador. El castillo estuvo conformado de 6 filas y 4 columnas, entre cada fila se ubicaron 4 separadores de madera, sobre la carga se ubicaron tres bloques de acero relleno con una carga de 350 kg/m2. (Fig. 5)

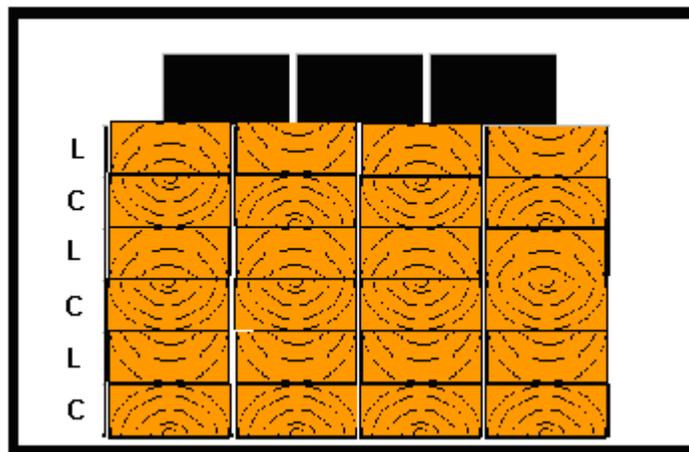


Figura N° 5. Distribución de las piezas en la cámara con la orientación de los anillos.

L: Madera Lateral  
C: Madera Central

### 3.2.3 Programa de secado aplicado

Cuadro N° 5 Programa de secado

| Etapa         | T de secado (horas) | Temperatura °C |              | Dif Ps | H R (%) | H° Equil |
|---------------|---------------------|----------------|--------------|--------|---------|----------|
|               |                     | Bulbo seco     | Bulbo Humedo |        |         |          |
| Calentamiento | 4 Horas             |                |              |        |         |          |
| Secado        | 2                   | 75             | 74           | 1      | 95      | 19       |
|               | 4                   | 85             | 73           | 12     | 59      | 7        |
|               | 2                   | 90             | 71           | 19     | 45      | 5        |
|               | 10                  | 95             | 68           | 27     | 32      | 3,9      |
|               | 27                  | 100            | 70           | 30     | 29      | 3,3      |
| Acondicionado | 4 Horas             |                |              |        |         |          |

### 3.2.4 Controles antes del proceso de secado

Determinación del contenido de humedad inicial: se realizó con probetas obtenidas de cada una de las piezas, las cuales fueron pesadas en su estado húmedo, para posteriormente desecarlas en una estufa a  $103 \pm 2$  °C hasta peso constante con el propósito de pesarlas en estado anhidro. El contenido de humedad se determinó de acuerdo a la fórmula descrita por la norma chilena 176-1 OF-84:

$$CH = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

Donde; CH: Contenido Humedad pieza (%)  
 Ph: Peso húmedo probeta antes del secado (g)  
 Ps: Peso anhidro probeta después del secado (g)

Determinación de la densidad: se determinó la densidad básica, mediante el método de desplazamiento de líquidos, según lo descrito por la norma chilena 176-2 OF-86. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\text{Densidad (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Masa anhidra (g)}}{\text{Volumen Húmedo (cm}^3\text{)}}$$

### 3.2.5 Controles después del proceso de secado

Determinación del área manchada

- a) Determinación de forma visual de madera seca cubierta por el defecto (mancha café): considerando para dicho efecto la peor cara, se definieron 4 niveles de cara cubierta tal como lo indica el cuadro siguiente:

Cuadro N° 6 Niveles de área cubierta

| Nivel    | % área afectada |
|----------|-----------------|
| Bueno    | < 25            |
| Regular  | 25 - 50         |
| Malo     | 50 - 75         |
| Muy malo | > 75            |

Fuente: (Aguilera y Inzunza, 2004).

Esta clasificación se realizó luego del término del proceso de secado, tanto a piezas laterales como a centrales.

#### Determinación de profundidad del defecto

La Determinación de profundidad de mancha café se realizó en forma visual donde la pieza obtenida después del proceso de secado, se sometió a un proceso de cepillado de 1 milímetro de ambas caras, tanto para madera lateral como central hasta la eliminación del defecto.

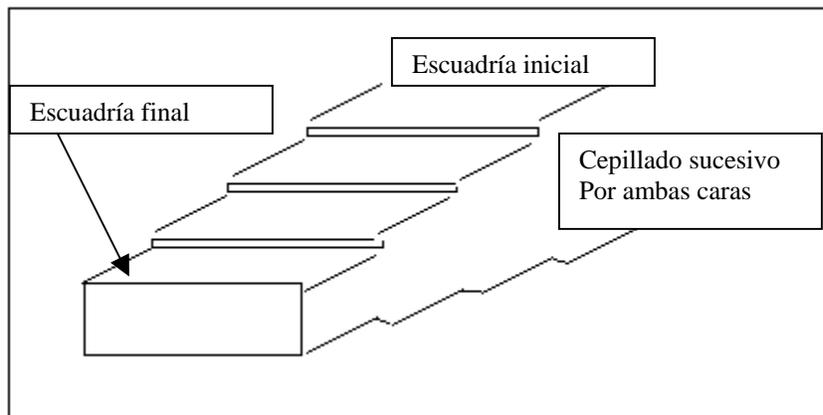


Figura N° 6 Esquema del proceso de cepillado

#### Determinación de intensidad del defecto

En forma paralela al análisis de profundidad, la muestra se fotografió antes de ser cepillada con una cámara digital "Sony Cyber-Shot DSC-P51", esta muestra se analizó mediante el programa "Adobe.Photoshop.CS2.v.9.0", el ambiente en el que se trabajó fue de luz artificial constante, de manera de evitar variaciones en la luminosidad que puedan afectar el análisis del software (figura N° 8).

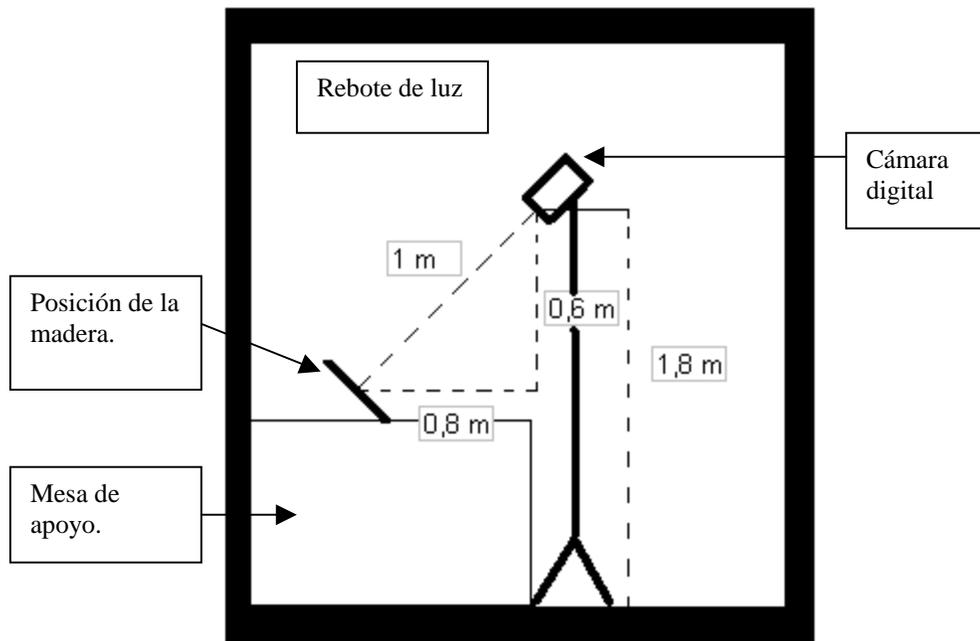


Figura Nº 7 Esquema de toma de imágenes

En este esquema se puede apreciar como la cámara digital se enfocó en un ángulo de  $90^\circ$  hacia la madera.

Para este ensayo se utilizó además, un trípode de altura de 1.7 m, con un reflector halógeno de 500W CE88A, ampollitas halógenas de 118 mm. 1x500W, el cual fue dirigido en forma indirecta a la madera, se hizo rebotar la luz en la pared, cuidando de mantener ángulo constante de incidencia de la luz.

En las imágenes obtenidas de las tablas, solo se analizaron secciones de la tabla libre de marcas de palillos separadores y de defectos. Este software muestra la (figura 9) tonalidad de las sombras que conforman esta imagen. Por ejemplo, una fotografía de 8 bits en escala de grises, tiene sólo un canal y utiliza 256 tonalidades de grises.

El valor entregado por este software es una desviación Standard de tonalidades de grises. Los resultados obtenidos se expresan en intensidad de tonalidad de gris, lo cual indica cuán gris es el píxel.

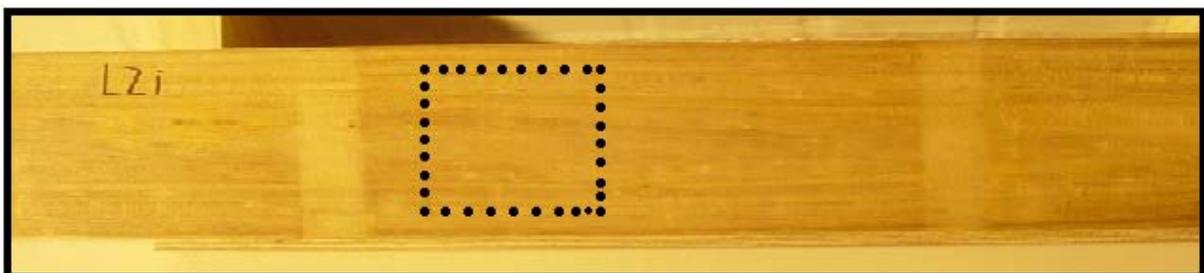


Figura Nº 8 Área sometida al análisis de imágenes para medir intensidad de mancha.

#### 4. Presentación y discusión de resultados

En este capítulo se dan a conocer los resultados y el análisis de los datos obtenidos de mancha café y sus diferencias existentes tanto como para madera de tipo lateral y central.

##### 4.1 Control antes del proceso de secado

Contenido de humedad:

El contenido de humedad inicial de la madera en promedio fue de 131 % para el total de la carga, al finalizar el programa se llegó a un promedio de humedad de la carga de un 10 %. En el cuadro N° 7, se presenta un resumen de los resultados obtenidos en relación con el contenido de humedad inicial y final alcanzado, valores máximos y mínimos.

Cuadro N° 7 Contenido de humedad inicial y final (%) de la carga

|                | <b>Contenido de humedad<br/>Inicial de la carga (%)</b> | <b>Contenido de humedad<br/>Final de la carga (%)</b> |
|----------------|---|---|
| Valor promedio | 131,3   | 10,18   |
| Valor maximo   | 169,7   | 12,6  |
| Valor minimo   | 100,7   | 8,5   |

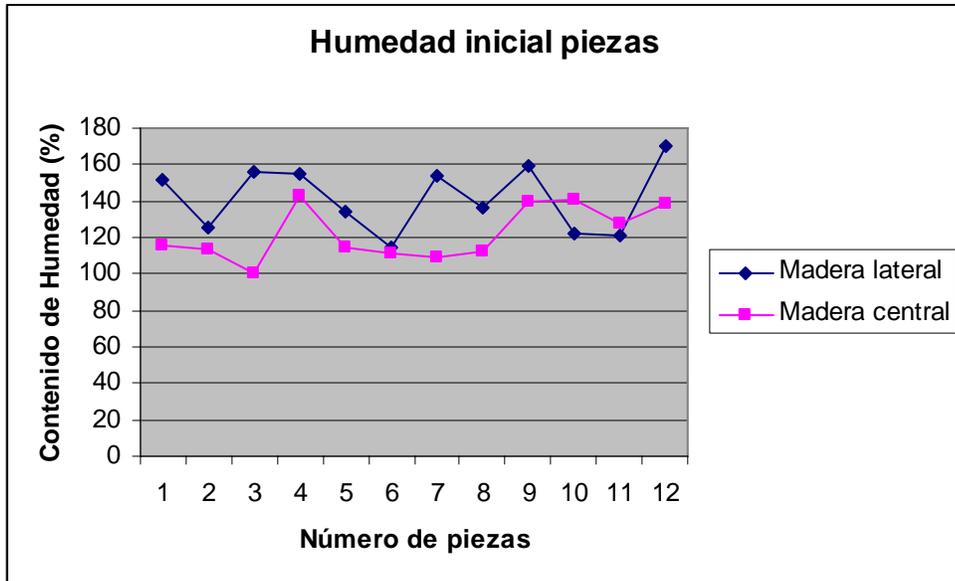
Contenido de humedad inicial y final de la madera presentan una diferenciación entre madera lateral y central. Las piezas de madera lateral presentan un promedio de contenido de humedad inicial de 141.5%, en tanto, a madera central presentan un 122.1%. Al finalizar el secado la humedad promedio de la madera lateral fue de 9.4% y de madera central 10.8%, diferencia que se explica por la mayor permeabilidad de la madera, de lo anterior se puede observar en el Cuadro N° 8.

Cuadro N° 8 Contenido de humedad promedio inicial y final (%) de la madera lateral y central.

|                | <b>Antes del secado</b> |         | <b>Despues del secado</b> |         |
|----------------|-------------------------|---------|---------------------------|---------|
|                | Lateral                 | Central | Lateral                   | Central |
| Valor promedio | 141,5                   | 122,1   | 9,4                       | 10,8    |
| Valor maximo   | 169,7                   | 142,4   | 10,5                      | 12,6    |
| Valor minimo   | 115                     | 100,7   | 8,5                       | 9,7     |

Figura N° 9. Rango de humedad al inicio del programa de secado

El contenido de humedad inicial de la piezas para madera de tipo lateral presenta una alta variabilidad, concentrándose un 50% de las piezas en el rango que va desde un 125 a un 150% del contenido de humedad, y un 50% de las piezas entre 150 a un 170% de contenido de humedad.



Para madera de tipo central el contenido de humedad inicial de la piezas presenta una alta variabilidad, concentrándose un 66,6% de las piezas en el rango que va desde un 100 a un 130% del contenido de humedad, y un 33,3% de las piezas entre 130 a un 143% de contenido de humedad.

En la figura N° 11, se presenta la frecuencia del número de piezas según contenido de humedad alcanzado al final del secado. En ella se puede observar que el contenido de humedad, para madera lateral se concentró 100% de las piezas entre un 8 y un 10%, no obstante para madera central se concentro entre un 9 y un 12% de contenido de humedad. En resumen, a pesar de alta variabilidad inicial, al término del proceso de secado se logró una gran homogeneidad de la humedad.

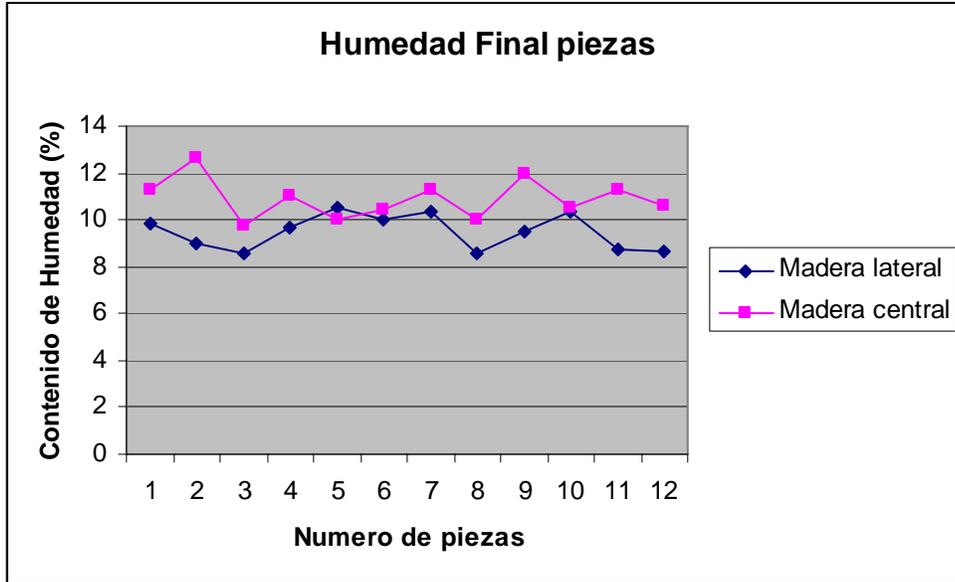


Figura N° 10 Distribución del contenido de humedad final en las piezas de secado.

### Densidad básica

De acuerdo a los valores de densidad básica arrojados de las piezas ensayadas, presentan un promedio que varía entre un rango de 341 y 487 kg/m<sup>3</sup> para madera lateral y para madera central varía entre un rango de 356 y 446 kg/m<sup>3</sup>, estas densidades fueron las que se obtuvieron del material de estudio.

Cuadro N° 9 Densidad básica de la madera ensayada

| Tipo de Madera | Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) |        |        |
|----------------|-------------------------------|--------|--------|
|                | Promedio                      | Maximo | Minimo |
| Lateral        | 427                           | 487    | 341    |
| Central        | 399                           | 446    | 356    |

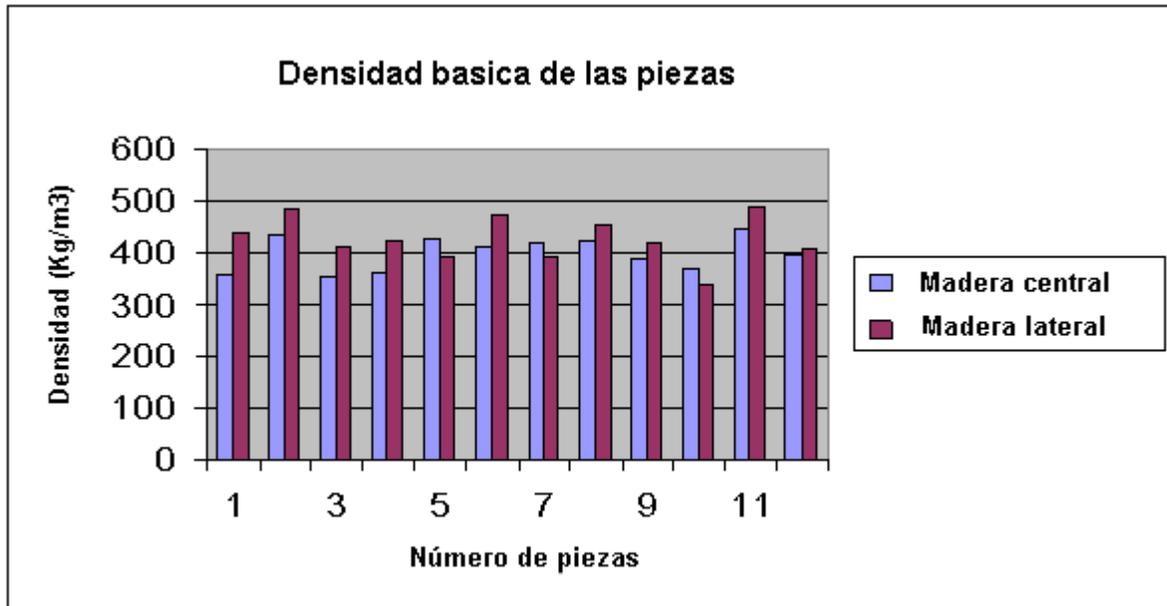


Figura N° 11 Distribución de la densidad básica obtenida de las piezas ensayadas.

#### 4.2 Control después del proceso de secado

##### 4.2.1 Cantidad de tablas manchadas y Área cubierta por el defecto

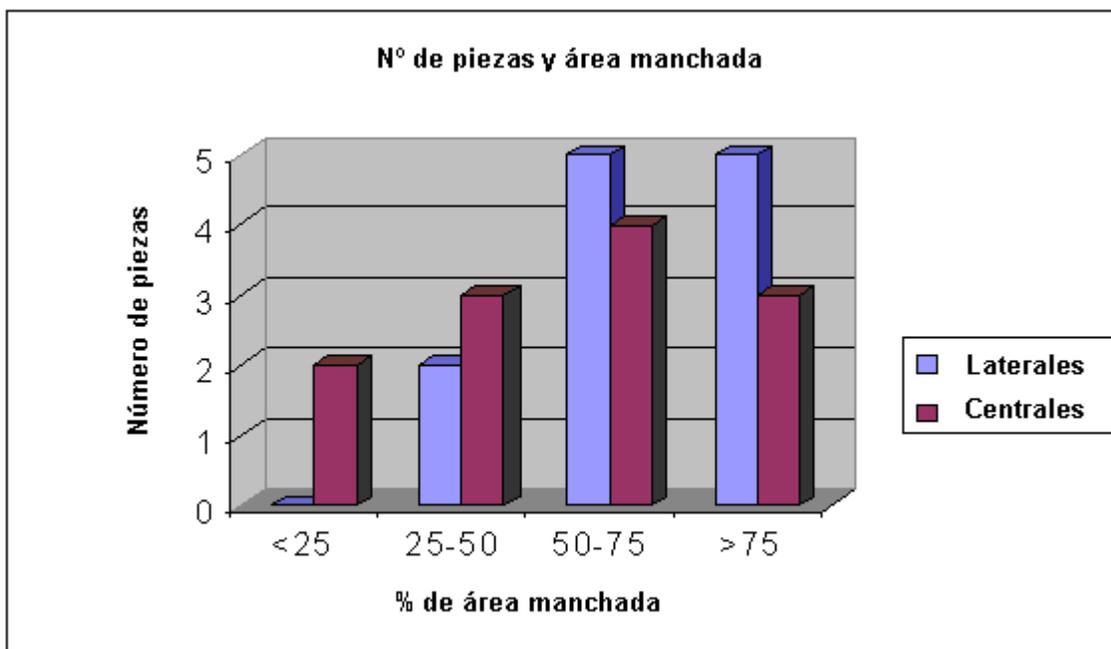


Figura N° 12 Área manchada por tipo de madera

En esta figura se puede apreciar que la madera lateral en comparación a la madera central presenta piezas con una mayor proporción de área cubierta de mancha café

siendo la madera central la que presenta mejores resultados, ya que la madera lateral en general el área manchada supera el 50%

#### 4.2.2 Profundidad del defecto

La profundidad se obtuvo mediante un proceso de cepillado de 12 piezas de madera lateral y 12 piezas de madera central de ambas caras, De esta forma se observa el avance en profundidad de la mancha cada 1 mm.

En la figura N° 14 se observa un área de la pieza manchada de 40 mm de espesor que fue cepillada a 1 mm, tanto la cara interior como exterior.

| Profundidad (mm) | Mancha café   |  | Espesor (mm) |
|------------------|---|--|--------------|
|                  | Cara exterior   | Cara interior  |              |
| 0                |    |    | 40           |
| 1                |   |   | 39           |
| 2                |  |  | 38           |
| 3                |  |  | 37           |

Figura N° 13 Profundidad de mancha en cara exterior e interior de madera

La pieza observada en la parte superior tiene un espesor de 40 mm, el cual va disminuyendo cada un milímetro hasta lograr la desaparición de la mancha, este defecto presenta las mismas condiciones en la cara exterior como interior de madera lateral, hasta los 3 mm de profundidad del espesor original se encuentra mancha, en madera central este defecto solo se encuentra en la superficie y desaparece con el proceso de cepillado a 1 mm.

#### Análisis de la profundidad de mancha café

La profundidad de mancha café para madera de tipo lateral y central se indica en la figura siguiente, la cual contempla la intensidad de coloración de mancha café.

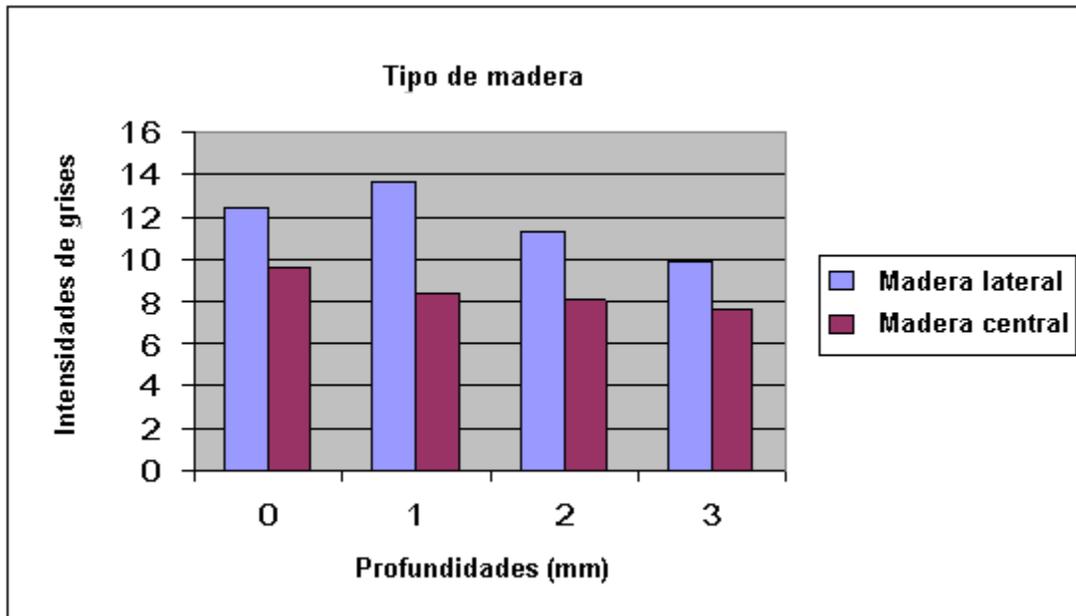


Figura N° 14 Profundidad de penetración de mancha café para el tipo de madera.

De la figura para madera de tipo lateral se observa que en el proceso de cepillado de un 1 mm, se produce un aumento de intensidad, lo que indica la notoria presencia de mancha a esta profundidad.

Además, se observa que con 2 mm de cepillado comienza a disminuir la intensidad de mancha café pero aún denota presencia, para la profundidad de 3 mm muestra un nivel de intensidad bajo, lo cual indica que el control de la mancha se concentra sobre el nivel de 3 mm.

De la figura se puede observar que para madera de tipo central a 0 mm de profundidad se encuentra mancha café en la madera, la cual es erradicada con el proceso de cepillado de 1 mm.

#### 4.2.3 Intensidad del defecto

Los resultados obtenidos de intensidad de la mancha mediante el software análisis de imágenes, se consideran resultados de intensidad según madera central y lateral, la cara interior y exterior, profundidad de penetración, posición de la madera en la cámara de secado.

En la figura N° 15 muestra el caso de los distintos tratamientos de madera lateral y su comportamiento general de la intensidad de mancha café según cara.

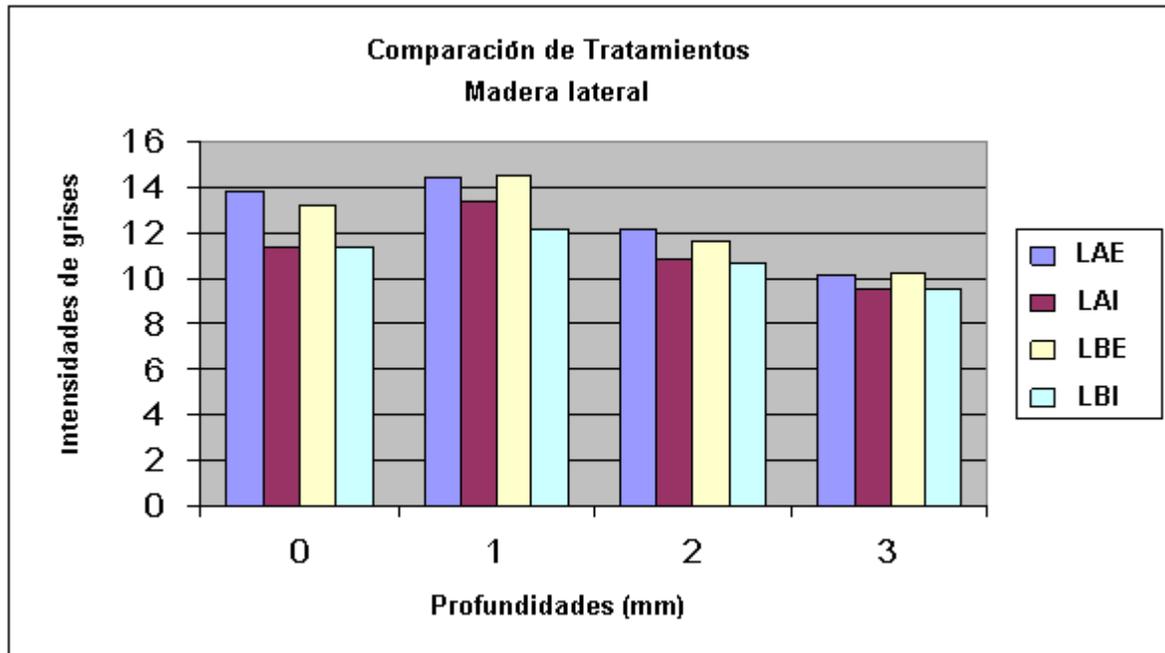


Figura N° 15 Intensidad de mancha café según Tratamiento a mismas profundidades madera lateral

En esta figura no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos en intensidades de mancha café para los distintos niveles de profundidad, lo que indica que ya sea cara externa o interna que este expuesta, el resultado es el mismo.

Además se puede observar que las mayores intensidades se presentan para los distintos tratamientos a la profundidad de 1 mm, lo cual coincide con resultados obtenidos por (McCurdy et al. 2003), el cual hace mención que la coloración es más intensa en 1 a 2 mm bajo la superficie. Del mismo modo se puede apreciar que desde 2 mm de profundidad comienza una disminución de intensidad de mancha café en los distintos tratamientos.

Cabe mencionar que los tratamientos que presentan mayores intensidades de mancha café son los de cara exterior. Pero tanto tratamientos de cara exterior como interior desaparece la mancha café cepillando sobre 3 mm de profundidad.

En la figura N° 16 muestra el caso de los distintos tratamientos de madera central y su comportamiento general de la intensidad de mancha café según cara.

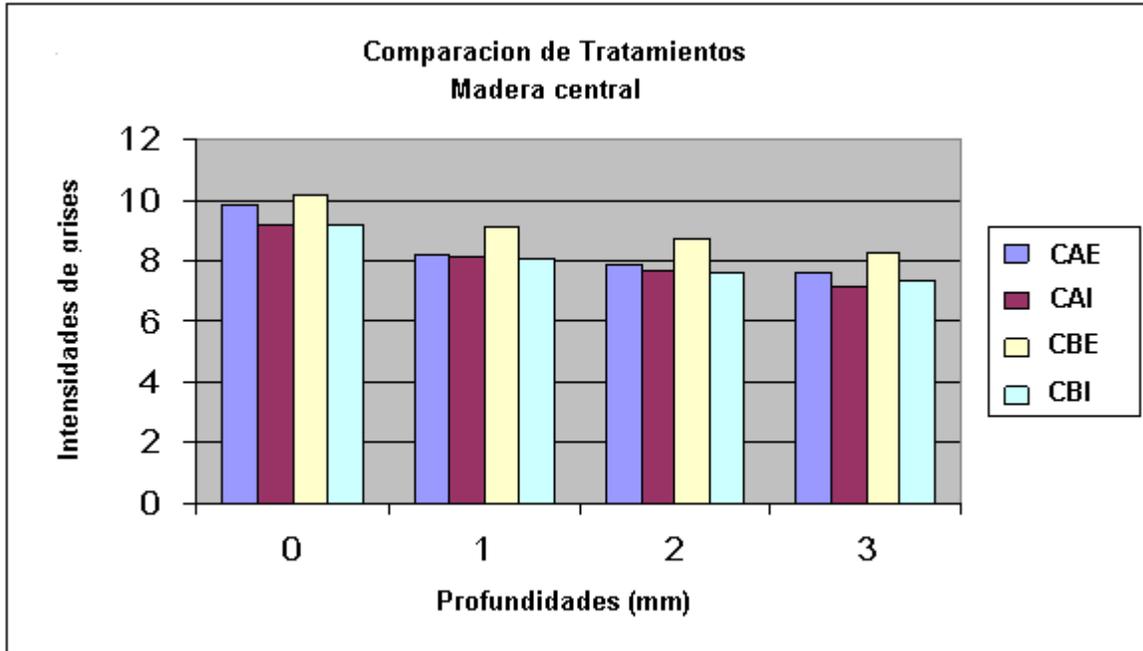


Figura N° 16 Intensidad de mancha café según Tratamiento y a mismas profundidades madera central

En esta figura no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos en intensidades de mancha café para los distintos niveles de profundidad, lo que indica que ya sea cara externa o interna que este expuesta, el resultado es el mismo.

Además se puede observar que las mayores intensidades se presentan para los distintos tratamientos a la profundidad de 0 mm. Igualmente se puede mencionar que los tratamientos que presentan mayores intensidades de mancha café son los de cara exterior.

Cabe mencionar que los distintos tratamientos ya sea cara exterior o interior, la presencia de mancha café desaparece a la profundidad de cepillado de 1 mm.

En la figura N° 17 Indica el caso puntual dentro de cada tratamiento de madera lateral a distinta profundidad y su comportamiento general de la intensidad de mancha café según cara.

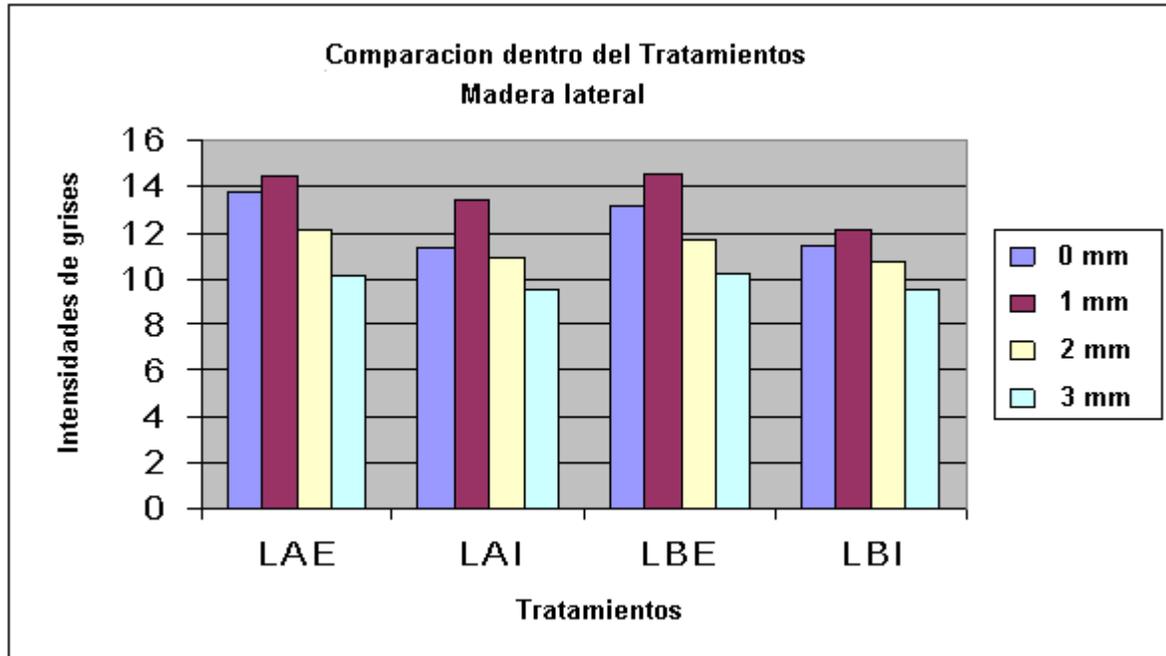


Figura N° 17 Intensidad de mancha café según Tratamiento a distintas profundidades

Este grafico muestra cada tratamiento a distintas profundidades, donde se obtienen diferencia estadísticamente significativa entre las medias en intensidades de mancha café en los tratamientos de cara exteriores para los niveles de profundidad entre 0 mm LAE y 3 mm LAE, 1 mm LAE y 3 mm LAE, logrando este último una mayor diferencia en intensidad, lo mismo ocurre para el tratamiento LBE.

Con este análisis se puede demostrar que las intensidades de mancha son mayores para caras exteriores, lo que indica que madera mas cercana a la corteza genera mayor intensidad de mancha café debido a la mayor presencia de azúcares que concentra.

En la figura N° 18 Indica los resultados para cada tratamiento de madera central a distinta profundidad y su comportamiento general de la intensidad de mancha café según cara.

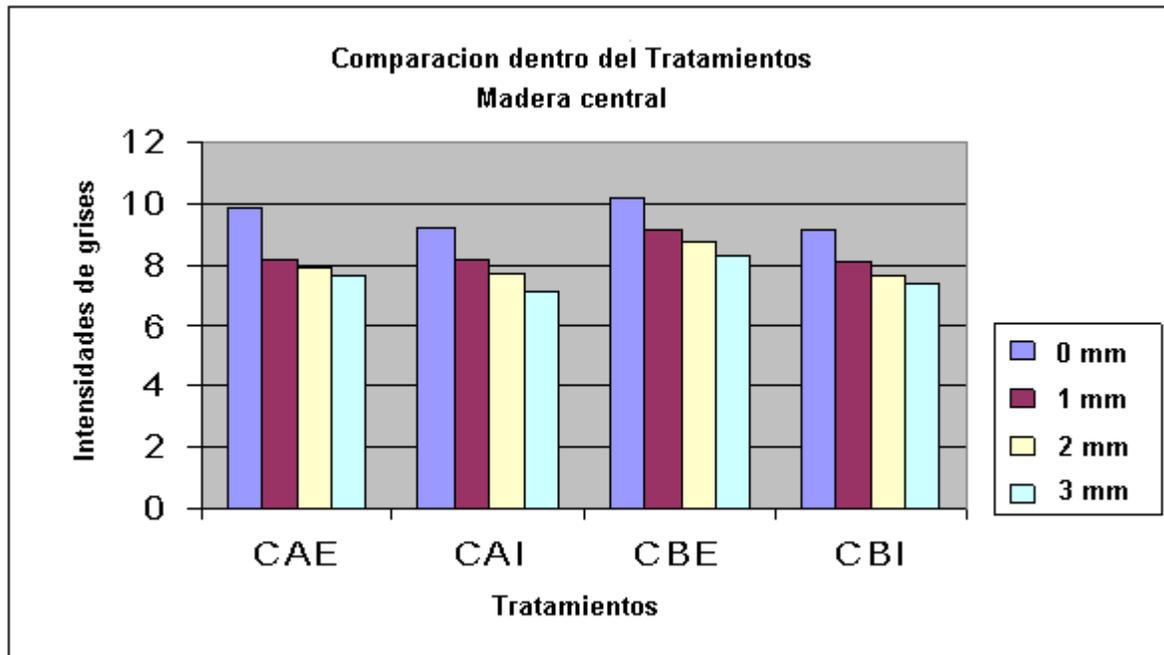


Figura N° 18 Intensidad de mancha café según Tratamiento a distintas profundidades

Para madera central como se muestra en la figura N° 19, se encuentran diferencias estadísticamente significativas, las tendencias son parecidas a la madera lateral, ya que la mancha va en disminución, presentan mancha caras exteriores como interiores, pero las caras exteriores presentan intensidades mayores, con la diferencia de que la madera presenta baja intensidad de mancha en comparación con la lateral y solo se encuentra a la profundidad de 0 mm y desaparece con un cepillado a 1 mm.

En la figura N° 19 Muestra el comportamiento de madera lateral v/s central de caras exteriores y la intensidad de mancha café.

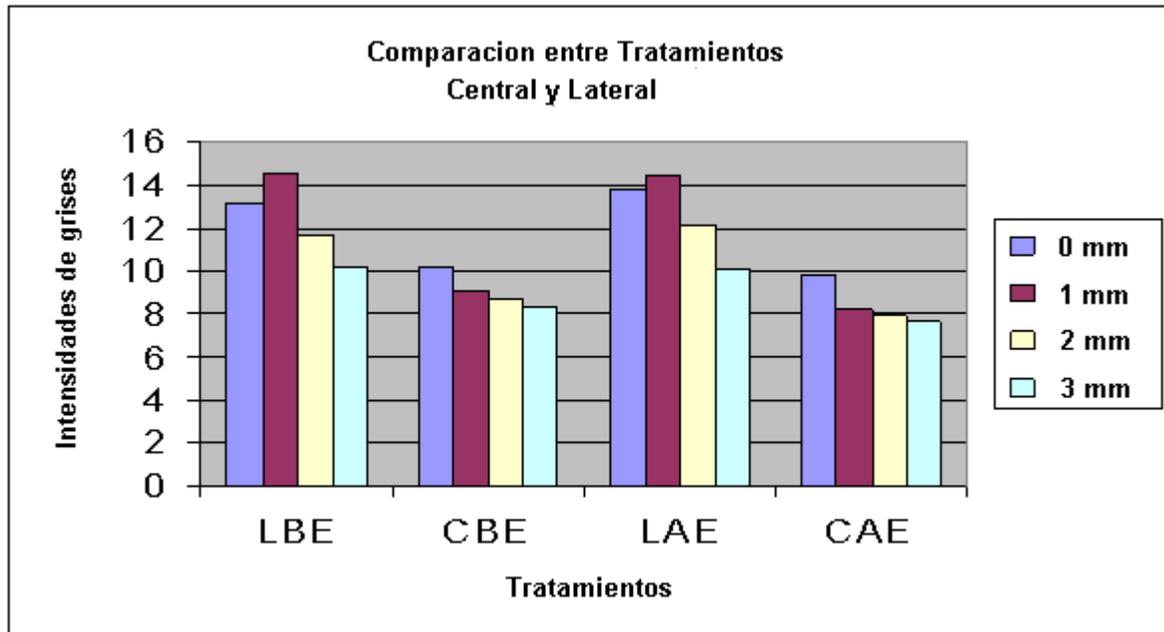


Figura N° 19 Intensidad de mancha café según Tratamiento de caras exteriores

En este grafico entre el tratamiento LBE y CBE hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de un nivel de profundidad, para la profundidad de 0 mm del tratamiento CBE se tienen diferencias importantes con el tratamiento LBE a 0 y 1 mm, se puede concluir que existe una mayor presencia de mancha café en madera lateral para los niveles de profundidad ya mencionados

Para el caso entre los tratamientos LAE y CAE también ocurre algo similar debido a que se encuentran diferencias significativas, para la profundidad de 0 mm del tratamiento CAE, se obtienen diferencias en intensidades de mancha con el tratamiento LAE a niveles de profundidad de 0 mm hasta 2 mm, se puede concluir que hay una mayor presencia de mancha café en madera lateral para niveles de profundidad de 0 hasta 2 mm en comparación a madera central.

También se puede apreciar que el efecto de la posición de la tabla dentro de la cámara no tiene diferencias entre los tratamientos LBE Y LAE de intensidad de mancha café.

En la figura N° 20 Muestra el comportamiento de madera lateral v/s central de caras interiores y la intensidad de mancha café.

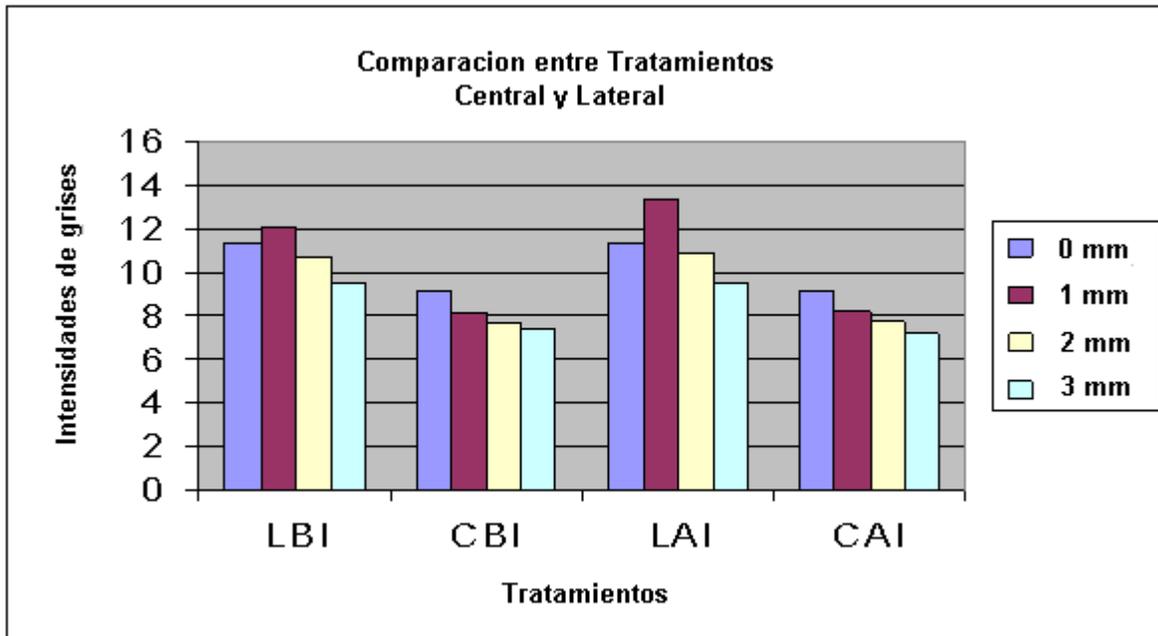


Figura N° 20 Intensidad de mancha café según Tratamiento de caras interiores

En este grafico, entre el tratamiento LBI y CBI hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de un nivel de profundidad, para la profundidad de 0 mm del tratamiento CBI se tienen diferencias importantes con el tratamiento LBE a 0 y 1 mm, se puede concluir que existe una mayor presencia de mancha café en madera lateral para los niveles de profundidad ya mencionados

Para el caso entre los tratamientos LAI y CAI también ocurre algo similar debido a que se encuentran diferencias significativas, para la profundidad de 0 mm del tratamiento CAI, se obtienen diferencias en intensidades de mancha con el tratamiento LAI a niveles de profundidad de 0 mm hasta 2 mm, se puede concluir que hay una mayor presencia de mancha café en madera lateral para niveles de profundidad de 0 hasta 2 mm en comparación a madera central.

Cabe mencionar que entre el nivel de profundidad de 3 mm en madera lateral de los tratamientos LBI y LAI, y los tratamientos en madera central CBI y CAI a una profundidad de 0 mm, se encuentran en similares niveles de intensidad de mancha café

En resumen después del análisis de los 2 gráficos mostrados anteriormente de caras exteriores e interiores comparando madera lateral y central, se puede deducir que hay una diferencia mayor de intensidad de mancha café al posicionar la madera con la cara exterior e interior hacia arriba del secador a las profundidades de 0 hasta 2 mm en comparación de la madera central a 0 mm de profundidad, en cambio en las

maderas laterales y centrales de caras exteriores e interiores posicionadas hacia abajo del secador, solo hay diferencia mayor de intensidad de mancha café a la profundidad de 0 a 1 mm en madera lateral en comparación con la madera central a 0 mm de profundidad.

En la figura N° 21 Muestra el comportamiento de madera lateral v/s central de caras exteriores e interiores y la intensidad de mancha café.

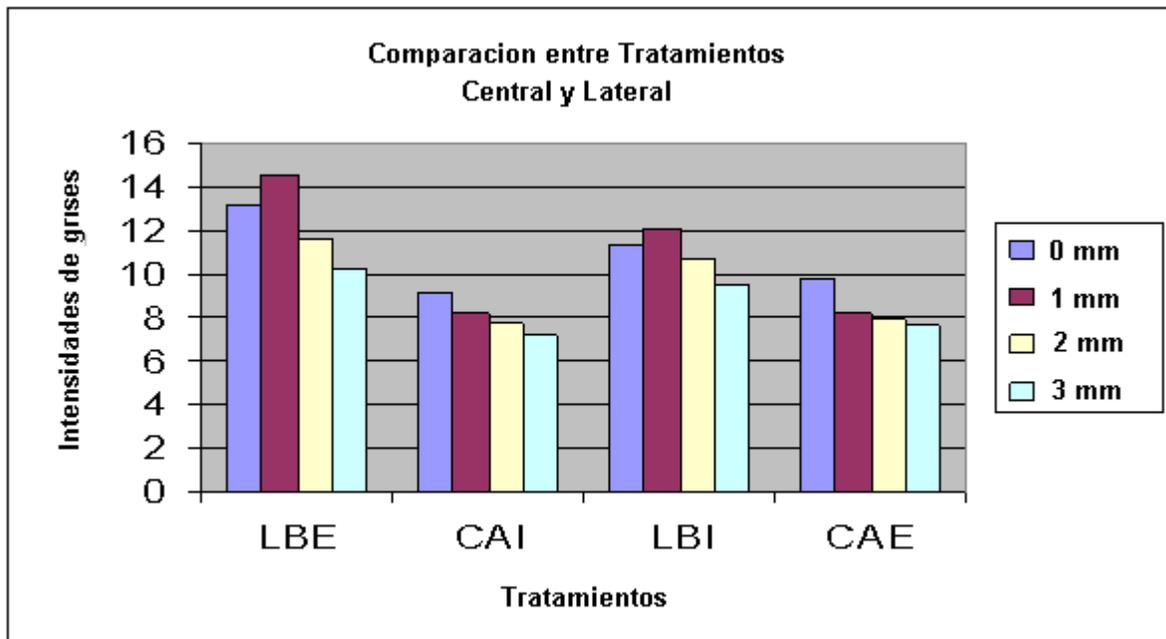


Figura N° 21 Intensidad de mancha café según Tratamiento entre caras

En esta figura se compara el comportamiento de intensidad de mancha café entre los tratamientos LBE Y CAI y también los tratamientos LBI Y CAE.

Para los tratamientos LBE Y CAI hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de un nivel de profundidad, donde se puede apreciar que la madera lateral de cara exterior presenta mayor intensidad de mancha café en comparación de madera central de cara interior

Con respecto a los tratamientos LBI y CAE también ocurre algo similar debido a que se encuentran diferencias significativas entre las medias de un nivel de profundidad, Además se puede ver que la madera lateral de cara interior tiene mayor presencia de mancha café que la madera central de cara exterior.

Por lo tanto se puede decir que la madera lateral independiente la cara, presenta mayor intensidad de mancha que la madera central.

## 5. Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos para la especie pino radiata en desarrollo de mancha café se puede decir:

La mancha café ocurre tanto en madera lateral como en madera central, pero en distintos grado de profundidad y de intensidad.

El área cubierta de mancha café en madera lateral en comparación a la madera central presenta una mayor proporción, siendo la madera central la que presenta mejores resultados, ya que la madera lateral en general el área manchada supera el 50% de la superficie.

Para el caso de madera lateral la profundidad de mancha café fue hasta 3 mm del espesor original y para madera central este defecto solo se encuentra en la superficie

Con respecto a la posición de la madera en la cámara de secado, ya sea arriba y abajo, no hay diferencia estadísticamente significativa entre las medias de los tratamientos en intensidades de mancha café para los distintos niveles de profundidad, lo que indica que ya sea cara externa o interna que este expuesta, el resultado es el mismo

En los tratamientos de caras exteriores e interiores de madera lateral se obtienen diferencia estadísticamente significativa entre las medias en intensidades de mancha café para los niveles de profundidad entre 0 mm y 3 mm, 1 mm y 3 mm, logrando la mayor intensidad la profundidad de 1 mm.

En maderas centrales se encuentran diferencias significativas entre los tratamientos de caras exteriores y también de caras interiores de 0 mm, en comparación a las otras profundidades, esto se debe a que solo se encuentra presencia de mancha café en la superficie, siendo las caras exteriores los cuales presentan mayor intensidad

Con este análisis se puede demostrar que las intensidades de mancha son mayores para caras exteriores, lo que indica que madera mas cercana a la corteza genera mayor intensidad de mancha café debido a la mayor presencia de azúcares que concentra, para el caso de madera lateral de cara exterior e interior este defecto desaparece cepillando sobre 3 mm de profundidad y para madera central cepillando la superficie 1 mm.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Aguilera, A; Inzunza, L. 2004 Informe final proyecto de caracterización de bosques podados de forestal valdivia, Estudio mancha café, bioforest S.A.
- Ananias, R.A.; Mougel, E.; Zoulalian, A. 2001b. Kiln drying discoloration in pino radiata.
- Ananías, R; Haluk, J. y Mougel, E. 2001. Discoloration du hêtre *Fagus sylvatica* lors d'un séchage convectif basse température. Les Cahiers Scientifiques du Bois 2 : pp 15 –30.
- Avramidis, S. ; Ellis, S. ; Liu, J. 1993. The alleviation of brown in hem-fir through manipulation of kiln-drying schedules. *Forest Prod. J.* 43(10):65-69
- Charrier, B.; Haluk, J.P. ; Janin, G. 1992. Prevention of brown discoloration in European oakwood occurring during kiln drying by a vacuum process: Colorimetric comparative study with a traditional process. *Holz Roh Werkstoff* 52:433-437.
- Chow, S. y Troughton, G. 1973. Heat – induced color – intensity change in coastal Douglas – Fir and White Spruce. *Wood and fiber* 4: pp 259–263.
- Díaz-Vaz, J.E. 2003. Anatomía de maderas. Universidad Austral. Valdivia, Chile. 151 p.
- .Gorisek, Z; Oven, P; Straze, A. y Zupancic, M. 2003. Colour changes of Ash – wood (*Fraxinus excelsior* L.) during conventional drying. 8th International IUFRO Wood drying conference. 465–469 p.
- Haslett, A; Kreber, B. y MC Donald, A. 1999. Use of sodium dithionite for controlling kiln brown stain development in radiata pine sapwood. *Forest products journal* 49(4): pp. 66 – 70.
- INFOR, El sector forestal chileno 2005. (boletín anual 2005).
- Joyet, P.; Meunier, T. 1996. Drying green oak under vacuum with superheated steam without discoloration and drawback: Industrial Results. *5th. International IUFRO Wood Drying Conference* 1: 169-176
- Kollmann, F. 1959. Tecnología de la madera y sus aplicaciones, Tomo I. Gráficas reunidas S.A. 675 p.
- Kreber, B. y Byrne, A. 1994. Discolorations of hem – fir wood: a review of the mechanisms. *Forest products journal* 44 (5): pp 35–41.
- Kreber, B.; Fernández, M.; McDonald, A.G. 1998. Migration of kiln brown stain precursors the drying of radiata pine sapwood. *Holzforschung* 52(4):441-446.

- Kreber, B.; Haslet, A.N. 1997a. A study of some factors promoting Kiln Brown stain formation in radiata pine. *Holz Roh Werkstoff* 55:215-220.
- McCurdy M., Pang S., Keey R. 2003. Measurement of colour development in pinus radiata sapwood boards during drying at various schedules. 8<sup>o</sup> International IUFRO Wood Drying Conference. Brasov; Rumania, August 24-29. pp. 445-449.
- MC Donald, A; Fernandez M; Kreber B. y Laytner F. 2000. The chemical nature of kiln brown stain in radiata pine. *Holzforschung* 54 (1): pp 12–22.
- Molina, B, Hugo. 1987. Optimización del control de Pitch en pulpa Kraft de pino Insigne, Celulosa ARAUCO y Constitución S.A.
- PAN GOMEZ, E.1995. Secado de renovales de raulí (*Nothofagus alpina*), (OPEP. Et endl.) oerst). Tesis de magíster Instituto de Tecnología de Productos forestales, Facultad de ciencias forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia (Chile). 103 p.
- Panshin, A.J., De-Zeeuw, C. 1970. Textbook of wood technology, vol. 1, third edition, Structure, Identification, Uses and Properties of the Commercial Woods of the United States and Canada. Mc. Graw Hill Series in Forest Resources. E.E.U.U. 652p.
- SALDIVAR. 1995. Aserrio y secado de tres cultivares de Pópulos euromericana (dode) Guinier creciendo en la provincia de Valdivia. Tesis de ingeniería forestal, Universidad Austral de Chile. Valdivia (Chile). 98p.
- Sehlisted, M. 2003. Colour responses to heat – treatment of extractives and sap from pine and spruce. 8th International IUFRO Wood drying conference. 459–464 p.
- Sundqvist, B. 2002. Colour response of Scots pine (*Pinus sylvestris*), Norway spruce (*Picea abies*) and birch (*Betula pubescens*) subjected to heat treatment in capillary phase. *Holz as Roh und Werkstoff* 60 :106–114
- Terziev, N. 1995. Migration of low-molecular sugars and nitrogenous compounds in *Pinus sylvestris* L. during kiln and air drying. *Holzforschung* 49(6):565-574
- Terziev, N.; Boutelje, J.; Soderstrom, O. 1993. The influence of drying schedules on the redistribution of low-molecular sugars in *Pinus sylvestris* L. *Holzforschung* 47(1):3-8.
- Torres, H. 1971. Maderas. Corporación Chilena de la madera. Santiago, Chile. 261 p.

## Anexos

**ANEXO 1**  
Abstract

## Abstract

Brown stain is a discoloration on the surface of boards developed during kiln drying. The presence of this problem was evaluated for central and lateral radiate pine lumber, where covered area and board position in drying camera were also studied. To measure colour intensity a digital camera and image software were utilized, as well to evaluate brown stain presence on inner and outer faces of the boards.

To control the penetration of brown stain, all boards were planed in 1 mm layers until 3 mm depth, after that an image was recorded and analysed in every layer to verify colour intensity.

The results indicate a great area covered of brown stain mainly in lateral lumber. The position of the boards in the drying camera was non significant for both lateral and central lumber.

The brown stain was present at 3 mm depth for lateral lumber, for both faces, and in the case of central lumber, the stain was present only in the surface. About external face of the board, the intensity found was high than internal face.

Key words: brown stain, kiln drying, radiate pine.

## **ANEXO 2**

### **Valores de la madera seleccionada**

1. Contenido de humedad
2. Densidad de la madera

## 1. Contenido de humedad

Cuadro 1a. Datos contenido humedad probetas centrales

|          |           | MADERAS CENTRALES |                  |                |
|----------|-----------|-------------------|------------------|----------------|
| Muestras | Ph (grs.) | Po (grs.)         | C.H. Inicial (%) | C.H. Final (%) |
| 4c       | 82,24     | 38,16             | 115,5136268      | 11,285         |
| 6c       | 98,57     | 46,23             | 113,2165261      | 12,651         |
| 8c       | 75,47     | 37,6              | 100,7180851      | 9,762          |
| 11c      | 93,5      | 38,57             | 142,4163858      | 11             |
| 12c      | 100,16    | 46,57             | 115,074082       | 9,985          |
| 13c      | 92,2      | 43,63             | 111,3224845      | 10,456         |
| 14c      | 92,4      | 44,25             | 108,8135593      | 11,265         |
| 16c      | 95,5      | 45,04             | 112,0337478      | 9,987          |
| 17c      | 100,1     | 41,85             | 139,1875747      | 11,922         |
| 18c      | 95,2      | 39,47             | 141,1958449      | 10,489         |
| 19c      | 108,11    | 47,51             | 127,5520943      | 11,265         |
| 20c      | 101,26    | 42,5              | 138,2588235      | 10,564         |
|          |           | totales           | 1465,302835      | 130,631        |
|          |           | promedios         | 122,1085696      | 10,88591667    |

Cuadro 1b. Datos contenido humedad probetas laterales

|          |           | MADERAS LATERALES |                  |                |
|----------|-----------|-------------------|------------------|----------------|
| Muestras | Ph (grs.) | Po (grs.)         | C.H. Inicial (%) | C.H. Final (%) |
| 2L       | 114,99    | 45,77             | 151,234433       | 9,856          |
| 3L       | 114,6     | 50,91             | 125,1031232      | 8,956          |
| 5L       | 110,17    | 43,02             | 156,0901906      | 8,543          |
| 7L       | 111       | 43,53             | 154,9965541      | 9,651          |
| 8L       | 95,6      | 40,73             | 134,7164252      | 10,562         |
| 9L       | 106,3     | 49,43             | 115,0515881      | 9,996          |
| 10L      | 103,35    | 40,77             | 153,4952171      | 10,365         |
| 11L      | 113,71    | 48,1              | 136,4033264      | 8,562          |
| 14L      | 113,6     | 43,85             | 159,0649943      | 9,526          |
| 16L      | 79,06     | 35,64             | 121,8294052      | 10,325         |
| 17L      | 112,14    | 50,68             | 121,2707182      | 8,755          |
| 18L      | 116,41    | 43,16             | 169,7173309      | 8,652          |
|          |           | totales           | 1698,973306      | 113,749        |
|          |           | promedios         | 141,5811089      | 9,479083333    |

## 2. Densidad de la madera

Cuadro2a. Datos densidad Básica madera central

|          |           | Madera central |                    |
|----------|-----------|----------------|--------------------|
| Muestras | Po (grs.) | Volumen (cm3.) | Densidad (gr./cm3) |
| 4c       | 38,16     | 106,3          | 0,358984008        |
| 6c       | 46,23     | 106,09         | 0,435762089        |
| 8c       | 37,6      | 105,49         | 0,356431889        |
| 11c      | 38,57     | 106,65         | 0,361650258        |
| 12c      | 46,57     | 108,74         | 0,428269266        |
| 13c      | 43,63     | 105,75         | 0,412576832        |
| 14c      | 44,25     | 105,17         | 0,420747361        |
| 16c      | 45,04     | 106,15         | 0,424305228        |
| 17c      | 41,85     | 107,68         | 0,38865156         |
| 18c      | 39,47     | 106,56         | 0,370401652        |
| 19c      | 47,51     | 106,45         | 0,446312823        |
| 20c      | 42,5      | 107,43         | 0,395606441        |
|          |           | totales        | 4,799699408        |
|          |           | promedios      | 0,399974951        |

Cuadro 2b. Datos densidad Básica madera lateral

|          |           | Madera lateral |                    |
|----------|-----------|----------------|--------------------|
| Muestras | Po (grs.) | Volumen (cm3.) | Densidad (gr./cm3) |
| 2L       | 45,77     | 104,42         | 0,438325991        |
| 3L       | 50,91     | 105,3          | 0,483475783        |
| 5L       | 43,02     | 104,54         | 0,411517123        |
| 7L       | 43,53     | 102,55         | 0,424475865        |
| 8L       | 40,73     | 103,32         | 0,394212156        |
| 9L       | 49,43     | 104            | 0,475288462        |
| 10L      | 40,77     | 103,35         | 0,394484761        |
| 11L      | 48,1      | 105,35         | 0,456573327        |
| 14L      | 43,85     | 104,49         | 0,419657383        |
| 16L      | 35,64     | 104,45         | 0,341215893        |
| 17L      | 50,68     | 103,99         | 0,487354553        |
| 18L      | 43,16     | 105,6          | 0,408712121        |
|          |           | totales        | 5,135293419        |
|          |           | promedios      | 0,427941118        |

### **ANEXO 3**

#### **Intensidades entregadas por el software**

1. Tratamientos laterales
2. Tratamientos centrales

1. Tratamientos laterales (desviación estándar)

| corteza hacia<br>abajo del secador | LBE    |             |        |        |
|------------------------------------|--------|-------------|--------|--------|
|                                    | 0      | 1           | 2      | 3      |
| 17 L                               | 13,04  | 15,67       | 11,15  | 11,08  |
| 14 L                               | 17,21  | 19,36       | 16,12  | 12,68  |
| 8 L                                | 11,95  | 13,01       | 8,58   | 7,75   |
| 3 L                                | 11,13  | 13,81       | 12,4   | 11,01  |
| 10 L                               | 13,67  | 15,16       | 11,63  | 8,9    |
| 5 L                                | 12,05  | 10,34       | 10,11  | 10,05  |
| Totales                            | 79,05  | 87,35       | 69,99  | 61,47  |
| Promedios                          | 13,175 | 14,55833333 | 11,665 | 10,245 |

|           | LBI         |             |       |            |
|-----------|-------------|-------------|-------|------------|
|           | 0           | 1           | 2     | 3          |
|           | 11,18       | 12,41       | 10,87 | 10,48      |
|           | 16,53       | 15,78       | 14,89 | 10,78      |
|           | 11,28       | 11,59       | 9,79  | 9,48       |
|           | 11,09       | 13,01       | 11,8  | 10,58      |
|           | 8,64        | 9,59        | 8,69  | 8,43       |
|           | 9,69        | 10,41       | 8,22  | 7,75       |
| promedios | 11,40166667 | 12,13166667 | 10,71 | 9,58333333 |

| corteza hacia<br>arriba del secador | LAE   |        |             |             |
|-------------------------------------|-------|--------|-------------|-------------|
|                                     | 0     | 1      | 2           | 3           |
| 7 L                                 | 12,67 | 18,29  | 11,26       | 8,07        |
| 9 L                                 | 10,94 | 12,48  | 15,03       | 13,82       |
| 16 L                                | 16,91 | 14,37  | 12,83       | 8,72        |
| 2 L                                 | 10,71 | 13,7   | 9,84        | 8,05        |
| 11 L                                | 17,37 | 11,65  | 9,94        | 9,17        |
| 18 L                                | 14,2  | 16,3   | 13,89       | 12,96       |
| Totales                             | 82,8  | 86,79  | 72,79       | 60,79       |
| Promedio                            | 13,8  | 14,465 | 12,13166667 | 10,13166667 |

|           | LAI         |        |        |            |
|-----------|-------------|--------|--------|------------|
|           | 0           | 1      | 2      | 3          |
|           | 12,41       | 16,21  | 9,93   | 8,38       |
|           | 8,64        | 9,89   | 9,79   | 8,43       |
|           | 15,92       | 16,42  | 15,24  | 13,87      |
|           | 7,25        | 12,71  | 8,19   | 7,27       |
|           | 11,01       | 11,52  | 10,58  | 8,66       |
|           | 12,98       | 13,56  | 11,58  | 10,79      |
| promedios | 11,36833333 | 13,385 | 10,885 | 9,56666667 |

2. Tratamientos centrales (desviación estándar)

| corteza hacia<br>abajo del secador | CBE                |                    |                    |              |
|------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------|
|                                    | 0                  | 1                  | 2                  | 3            |
| 13 c                               | 10,23              | 9,56               | 9,05               | 8,45         |
| 17c                                | 11,42              | 7,93               | 7,26               | 6,79         |
| 16c                                | 10,51              | 9,41               | 9,23               | 8,6          |
| 4c                                 | 8,97               | 9,01               | 8,98               | 8,87         |
| 19c                                | 9,35               | 9,03               | 8,82               | 8,12         |
| 20c                                | 10,5               | 9,95               | 9,27               | 8,91         |
| <b>totales</b>                     | <b>60,98</b>       | <b>54,89</b>       | <b>52,61</b>       | <b>49,74</b> |
| <b>Promedios</b>                   | <b>10,16333333</b> | <b>9,148333333</b> | <b>8,768333333</b> | <b>8,29</b>  |

|                  | CBI                |              |                    |                    |
|------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|
|                  | 0                  | 1            | 2                  | 3                  |
|                  | 9,53               | 8,34         | 7,87               | 7,83               |
|                  | 8,86               | 7,57         | 7,13               | 6,74               |
|                  | 10,45              | 7,94         | 7,8                | 7,74               |
|                  | 8,56               | 8,12         | 7,05               | 6,52               |
|                  | 9,05               | 9,01         | 8,77               | 8,28               |
|                  | 8,62               | 7,53         | 7,33               | 7,12               |
| <b>promedios</b> | <b>9,178333333</b> | <b>8,085</b> | <b>7,658333333</b> | <b>7,371666667</b> |

| corteza hacia<br>arriba del secador | CAE                |              |                    |                    |
|-------------------------------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|
|                                     | 0                  | 1            | 2                  | 3                  |
| 12 c                                | 10,15              | 8,82         | 8,77               | 8,53               |
| 6c                                  | 10,41              | 6,99         | 6,79               | 6,68               |
| 18c                                 | 8,95               | 8,22         | 7,46               | 6,88               |
| 11c                                 | 10,03              | 8,99         | 8,76               | 8,29               |
| 14c                                 | 8,95               | 8,84         | 8,71               | 8,51               |
| 8c                                  | 10,59              | 7,25         | 7,05               | 6,99               |
| <b>Totales</b>                      | <b>59,08</b>       | <b>49,11</b> | <b>47,54</b>       | <b>45,88</b>       |
| <b>Promedio</b>                     | <b>9,846666667</b> | <b>8,185</b> | <b>7,923333333</b> | <b>7,646666667</b> |

|                  | CAI                |                    |             |              |
|------------------|--------------------|--------------------|-------------|--------------|
|                  | 0                  | 1                  | 2           | 3            |
|                  | 9,25               | 8,35               | 8,2         | 8,02         |
|                  | 9,94               | 7,98               | 6,9         | 5,8          |
|                  | 7,89               | 7,56               | 7,02        | 6,45         |
|                  | 9,63               | 8,78               | 8,54        | 8,05         |
|                  | 8,74               | 8,69               | 8,58        | 8,08         |
|                  | 9,82               | 7,56               | 7,02        | 6,59         |
| <b>promedios</b> | <b>9,211666667</b> | <b>8,153333333</b> | <b>7,71</b> | <b>7,165</b> |

## **ANEXO 4**

### **Análisis estadístico**

1. Tratamientos laterales
2. Tratamientos centrales
3. Comparación entre tratamientos laterales y centrales

## 1. Tratamientos laterales

Tabla anova para desviación estándar según profundidad LBE

| Análisis de la Varianza |                |    |                |            |         |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente                  | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| Entre grupos            | 62,6569        | 3  | 20,8856        | 3,58       | 0,0322  |
| Intra grupos            | 116,771        | 20 | 5,83855        |            |         |
| Total (Corr.)           | 179,428        | 23 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |         |                   |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec.       | Media   | Grupos homogéneos |
| 3mm LBE                     | 6           | 10,245  | X                 |
| 2mm LBE                     | 6           | 11,665  | XX                |
| 0mm LBE                     | 6           | 13,175  | X                 |
| 1mm LBE                     | 6           | 14,5583 | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |         | +/- Límites       |
| 0mm LBE - 1mm LBE           | -1,38333    |         | 2,91004           |
| 0mm LBE - 2mm LBE           | 1,51        |         | 2,91004           |
| 0mm LBE - 3mm LBE           | *2,93       |         | 2,91004           |
| 1mm LBE - 2mm LBE           | 2,89333     |         | 2,91004           |
| 1mm LBE - 3mm LBE           | *4,31333    |         | 2,91004           |
| 2mm LBE - 3mm LBE           | 1,42        |         | 2,91004           |

\* indica una diferencia significativa.

Tabla anova para desviación estándar según profundidad LAE

| Análisis de la Varianza |                |    |                |            |         |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente                  | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| Entre grupos            | 67,3567        | 3  | 22,4522        | 3,51       | 0,0342  |
| Intra grupos            | 127,938        | 20 | 6,39688        |            |         |
| Total (Corr.)           | 195,294        | 23 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |         |                   |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec.       | Media   | Grupos homogéneos |
| 3mm LAE                     | 6           | 10,1317 | X                 |
| 2mm LAE                     | 6           | 12,1317 | XX                |
| 0mm LAE                     | 6           | 13,8    | X                 |
| 1mm LAE                     | 6           | 14,465  | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |         | +/- Límites       |
| 0mm LAE - 1mm LAE           | -0,665      |         | 3,04601           |
| 0mm LAE - 2mm LAE           | 1,66833     |         | 3,04601           |
| 0mm LAE - 3mm LAE           | *3,66833    |         | 3,04601           |
| 1mm LAE - 2mm LAE           | 2,33333     |         | 3,04601           |
| 1mm LAE - 3mm LAE           | *4,33333    |         | 3,04601           |
| 2mm LAE - 3mm LAE           | 2,0         |         | 3,04601           |

\* indica una diferencia significativa.

## 2. Tratamientos centrales

Tabla anova para desviación estándar según profundidad CBE

| Análisis de la Varianza |                |    |                |            |         |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente                  | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| Entre grupos            | 11,3933        | 3  | 3,79778        | 6,18       | 0,0038  |
| Intra grupos            | 12,2889        | 20 | 0,614445       |            |         |
| Total (Corr.)           | 23,6822        | 23 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |         |                   |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec.       | Media   | Grupos homogéneos |
| 3mm CBE                     | 6           | 8,29    | X                 |
| 2mm CBE                     | 6           | 8,76833 | X                 |
| 1mm CBE                     | 6           | 9,14833 | X                 |
| 0mm CBE                     | 6           | 10,1633 | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |         | +/- Límites       |
| 0mm CBE - 1mm CBE           | *1,015      |         | 0,944036          |
| 0mm CBE - 2mm CBE           | *1,395      |         | 0,944036          |
| 0mm CBE - 3mm CBE           | *1,87333    |         | 0,944036          |
| 1mm CBE - 2mm CBE           | 0,38        |         | 0,944036          |
| 1mm CBE - 3mm CBE           | 0,858333    |         | 0,944036          |
| 2mm CBE - 3mm CBE           | 0,478333    |         | 0,944036          |

\* indica una diferencia significativa.

Tabla anova para desviación estándar según profundidad CBI

| Fuente        | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
|---------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Entre grupos  | 11,3143        | 3  | 3,77144        | 8,89       | 0,0006  |
| Intra grupos  | 8,485          | 20 | 0,42425        |            |         |
| Total (Corr.) | 19,7993        | 23 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |         |                   |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec.       | Media   | Grupos homogéneos |
| 3mm CBI                     | 6           | 7,37167 | X                 |
| 2mm CBI                     | 6           | 7,65833 | X                 |
| 1mm CBI                     | 6           | 8,085   | X                 |
| 0mm CBI                     | 6           | 9,17833 | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |         | +/- Límites       |
| 0mm CBI - 1mm CBI           | *1,09333    |         | 0,784437          |
| 0mm CBI - 2mm CBI           | *1,52       |         | 0,784437          |
| 0mm CBI - 3mm CBI           | *1,80667    |         | 0,784437          |
| 1mm CBI - 2mm CBI           | 0,426667    |         | 0,784437          |
| 1mm CBI - 3mm CBI           | 0,713333    |         | 0,784437          |
| 2mm CBI - 3mm CBI           | 0,286667    |         | 0,784437          |

\* indica una diferencia significativa.

Tabla anova para desviación estándar según profundidad CAE

| Análisis de la Varianza |                |    |                |            |         |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente                  | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| Entre grupos            | 17,6027        | 3  | 5,86758        | 8,05       | 0,0010  |
| Intra grupos            | 14,5778        | 20 | 0,728888       |            |         |
| Total (Corr.)           | 32,1805        | 23 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |         |                   |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec.       | Media   | Grupos homogéneos |
| 3mm CAE                     | 6           | 7,64667 | X                 |
| 2mm CAE                     | 6           | 7,92333 | X                 |
| 1mm CAE                     | 6           | 8,185   | X                 |
| 0mm CAE                     | 6           | 9,84667 | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |         | +/- Límites       |
| 0mm CAE - 1mm CAE           | *1,66167    |         | 1,0282            |
| 0mm CAE - 2mm CAE           | *1,92333    |         | 1,0282            |
| 0mm CAE - 3mm CAE           | *2,2        |         | 1,0282            |
| 1mm CAE - 2mm CAE           | 0,261667    |         | 1,0282            |
| 1mm CAE - 3mm CAE           | 0,538333    |         | 1,0282            |
| 2mm CAE - 3mm CAE           | 0,276667    |         | 1,0282            |

\* indica una diferencia significativa.

Tabla anova para desviación estándar según profundidad CAI

| Análisis de la Varianza |                |    |                |            |         |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente                  | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| Entre grupos            | 13,5514        | 3  | 4,51714        | 7,03       | 0,0021  |
| Intra grupos            | 12,8506        | 20 | 0,642528       |            |         |
| Total (Corr.)           | 26,402         | 23 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |         |                   |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec.       | Media   | Grupos homogéneos |
| 3mm CAI                     | 6           | 7,165   | X                 |
| 2mm CAI                     | 6           | 7,71    | XX                |
| 1mm CAI                     | 6           | 8,15333 | X                 |
| 0mm CAI                     | 6           | 9,21167 | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |         | +/- Límites       |
| 0mm CAI - 1mm CAI           | *1,05833    |         | 0,965368          |
| 0mm CAI - 2mm CAI           | *1,50167    |         | 0,965368          |
| 0mm CAI - 3mm CAI           | *2,04667    |         | 0,965368          |
| 1mm CAI - 2mm CAI           | 0,443333    |         | 0,965368          |
| 1mm CAI - 3mm CAI           | *0,988333   |         | 0,965368          |
| 2mm CAI - 3mm CAI           | 0,545       |         | 0,965368          |

\* indica una diferencia significativa.

### 3. Comparación entre tratamientos laterales y centrales

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |       |             |                   |
|-----------------------------|-------|-------------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec. | Media       | Grupos homogéneos |
| 3mm CBE                     | 6     | 8,29        | X                 |
| 2mm CBE                     | 6     | 8,76833     | X                 |
| 1mm CBE                     | 6     | 9,14833     | X                 |
| 0mm CBE                     | 6     | 10,1633     | XX                |
| 3mm LBE                     | 6     | 10,245      | XX                |
| 2mm LBE                     | 6     | 11,665      | XX                |
| 0mm LBE                     | 6     | 13,175      | XX                |
| 1mm LBE                     | 6     | 14,5583     | X                 |
| Contraste                   |       | Diferencias | +/- Límites       |
| 0mm CBE - 0mm LBE           |       | *-3,01167   | 2,09599           |
| 0mm CBE - 1mm CBE           |       | 1,015       | 2,09599           |
| 0mm CBE - 1mm LBE           |       | *-4,395     | 2,09599           |
| 0mm CBE - 2mm CBE           |       | 1,395       | 2,09599           |
| 0mm CBE - 2mm LBE           |       | -1,50167    | 2,09599           |
| 0mm CBE - 3mm CBE           |       | 1,87333     | 2,09599           |
| 0mm CBE - 3mm LBE           |       | -0,0816667  | 2,09599           |
| 0mm LBE - 1mm CBE           |       | *4,02667    | 2,09599           |
| 0mm LBE - 1mm LBE           |       | -1,38333    | 2,09599           |
| 0mm LBE - 2mm CBE           |       | *4,40667    | 2,09599           |
| 0mm LBE - 2mm LBE           |       | 1,51        | 2,09599           |
| 0mm LBE - 3mm CBE           |       | *4,885      | 2,09599           |
| 0mm LBE - 3mm LBE           |       | *2,93       | 2,09599           |
| 1mm CBE - 1mm LBE           |       | *-5,41      | 2,09599           |
| 1mm CBE - 2mm CBE           |       | 0,38        | 2,09599           |
| 1mm CBE - 2mm LBE           |       | *-2,51667   | 2,09599           |
| 1mm CBE - 3mm CBE           |       | 0,858333    | 2,09599           |
| 1mm CBE - 3mm LBE           |       | -1,09667    | 2,09599           |
| 1mm LBE - 2mm CBE           |       | *5,79       | 2,09599           |
| 1mm LBE - 2mm LBE           |       | *2,89333    | 2,09599           |
| 1mm LBE - 3mm CBE           |       | *6,26833    | 2,09599           |
| 1mm LBE - 3mm LBE           |       | *4,31333    | 2,09599           |
| 2mm CBE - 2mm LBE           |       | *-2,89667   | 2,09599           |
| 2mm CBE - 3mm CBE           |       | 0,478333    | 2,09599           |
| 2mm CBE - 3mm LBE           |       | -1,47667    | 2,09599           |
| 2mm LBE - 3mm CBE           |       | *3,375      | 2,09599           |
| 2mm LBE - 3mm LBE           |       | 1,42        | 2,09599           |
| 3mm CBE - 3mm LBE           |       | -1,955      | 2,09599           |

\* indica una diferencia significativa.

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |       |             |                   |
|-----------------------------|-------|-------------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec. | Media       | Grupos homogéneos |
| 3mm CBI                     | 6     | 7,37167     | X                 |
| 2mm CBI                     | 6     | 7,65833     | X                 |
| 1mm CBI                     | 6     | 8,085       | XX                |
| 0mm CBI                     | 6     | 9,17833     | XXX               |
| 3mm LBI                     | 6     | 9,58333     | XXX               |
| 2mm LBI                     | 6     | 10,71       | XXX               |
| 0mm LBI                     | 6     | 11,4017     | XX                |
| 1mm LBI                     | 6     | 12,1317     | X                 |
| Contraste                   |       | Diferencias | +/- Límites       |
| 0mm CBI - 0mm LBI           |       | *-2,22333   | 1,90957           |
| 0mm CBI - 1mm CBI           |       | 1,09333     | 1,90957           |
| 0mm CBI - 1mm LBI           |       | *-2,95333   | 1,90957           |
| 0mm CBI - 2mm CBI           |       | 1,52        | 1,90957           |
| 0mm CBI - 2mm LBI           |       | -1,53167    | 1,90957           |
| 0mm CBI - 3mm CBI           |       | 1,80667     | 1,90957           |
| 0mm CBI - 3mm LBI           |       | -0,405      | 1,90957           |
| 0mm LBI - 1mm CBI           |       | *3,31667    | 1,90957           |
| 0mm LBI - 1mm LBI           |       | -0,73       | 1,90957           |
| 0mm LBI - 2mm CBI           |       | *3,74333    | 1,90957           |
| 0mm LBI - 2mm LBI           |       | 0,691667    | 1,90957           |
| 0mm LBI - 3mm CBI           |       | *4,03       | 1,90957           |
| 0mm LBI - 3mm LBI           |       | 1,81833     | 1,90957           |
| 1mm CBI - 1mm LBI           |       | *-4,04667   | 1,90957           |
| 1mm CBI - 2mm CBI           |       | 0,426667    | 1,90957           |
| 1mm CBI - 2mm LBI           |       | *-2,625     | 1,90957           |
| 1mm CBI - 3mm CBI           |       | 0,713333    | 1,90957           |
| 1mm CBI - 3mm LBI           |       | -1,49833    | 1,90957           |
| 1mm LBI - 2mm CBI           |       | *4,47333    | 1,90957           |
| 1mm LBI - 2mm LBI           |       | 1,42167     | 1,90957           |
| 1mm LBI - 3mm CBI           |       | *4,76       | 1,90957           |
| 1mm LBI - 3mm LBI           |       | *2,54833    | 1,90957           |
| 2mm CBI - 2mm LBI           |       | *-3,05167   | 1,90957           |
| 2mm CBI - 3mm CBI           |       | 0,286667    | 1,90957           |
| 2mm CBI - 3mm LBI           |       | *-1,925     | 1,90957           |
| 2mm LBI - 3mm CBI           |       | *3,33833    | 1,90957           |
| 2mm LBI - 3mm LBI           |       | 1,12667     | 1,90957           |
| 3mm CBI - 3mm LBI           |       | *-2,21167   | 1,90957           |

\* indica una diferencia significativa.

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |           |                   |
|-----------------------------|-------------|-----------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec.       | Media     | Grupos homogéneos |
| 3mm CAE                     | 6           | 7,64667   | X                 |
| 2mm CAE                     | 6           | 7,92333   | X                 |
| 1mm CAE                     | 6           | 8,185     | XX                |
| 0mm CAE                     | 6           | 9,84667   | XX                |
| 3mm LAE                     | 6           | 10,1317   | XX                |
| 2mm LAE                     | 6           | 12,1317   | XX                |
| 0mm LAE                     | 6           | 13,8      | XX                |
| 1mm LAE                     | 6           | 14,465    | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |           | +/- Límites       |
| 0mm CAE - 0mm LAE           |             | *-3,95333 | 2,20254           |
| 0mm CAE - 1mm CAE           |             | 1,66167   | 2,20254           |
| 0mm CAE - 1mm LAE           |             | *-4,61833 | 2,20254           |
| 0mm CAE - 2mm CAE           |             | 1,92333   | 2,20254           |
| 0mm CAE - 2mm LAE           |             | *-2,285   | 2,20254           |
| 0mm CAE - 3mm CAE           |             | 2,2       | 2,20254           |
| 0mm CAE - 3mm LAE           |             | -0,285    | 2,20254           |
| 0mm LAE - 1mm CAE           |             | *5,615    | 2,20254           |
| 0mm LAE - 1mm LAE           |             | -0,665    | 2,20254           |
| 0mm LAE - 2mm CAE           |             | *5,87667  | 2,20254           |
| 0mm LAE - 2mm LAE           |             | 1,66833   | 2,20254           |
| 0mm LAE - 3mm CAE           |             | *6,15333  | 2,20254           |
| 0mm LAE - 3mm LAE           |             | *3,66833  | 2,20254           |
| 1mm CAE - 1mm LAE           |             | *-6,28    | 2,20254           |
| 1mm CAE - 2mm CAE           |             | 0,261667  | 2,20254           |
| 1mm CAE - 2mm LAE           |             | *-3,94667 | 2,20254           |
| 1mm CAE - 3mm CAE           |             | 0,538333  | 2,20254           |
| 1mm CAE - 3mm LAE           |             | -1,94667  | 2,20254           |
| 1mm LAE - 2mm CAE           |             | *6,54167  | 2,20254           |
| 1mm LAE - 2mm LAE           |             | *2,33333  | 2,20254           |
| 1mm LAE - 3mm CAE           |             | *6,81833  | 2,20254           |
| 1mm LAE - 3mm LAE           |             | *4,33333  | 2,20254           |
| 2mm CAE - 2mm LAE           |             | *-4,20833 | 2,20254           |
| 2mm CAE - 3mm CAE           |             | 0,276667  | 2,20254           |
| 2mm CAE - 3mm LAE           |             | *-2,20833 | 2,20254           |
| 2mm LAE - 3mm CAE           |             | *4,485    | 2,20254           |
| 2mm LAE - 3mm LAE           |             | 2,0       | 2,20254           |
| 3mm CAE - 3mm LAE           |             | *-2,485   | 2,20254           |

\* indica una diferencia significativa.

Tabla anova para desviación estándar según profundidad entre tratamientos LAI Y CAI

| Análisis de la Varianza |                |    |                |            |         |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente                  | Sumas de cuad. | Gl | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| Entre grupos            | 299,843        | 7  | 42,8348        | 12,02      | 0,0000  |
| Intra grupos            | 142,515        | 40 | 3,56288        |            |         |
| Total (Corr.)           | 442,359        | 47 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |       |             |                   |
|-----------------------------|-------|-------------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec. | Media       | Grupos homogéneos |
| 3mm CAI                     | 6     | 7,64667     | X                 |
| 2mm CAI                     | 6     | 7,92333     | X                 |
| 1mm CAI                     | 6     | 8,185       | XX                |
| 0mm CAI                     | 6     | 9,84667     | XX                |
| 3mm LAI                     | 6     | 10,1317     | XX                |
| 2mm LAI                     | 6     | 12,1317     | XX                |
| 0mm LAI                     | 6     | 13,8        | XX                |
| 1mm LAI                     | 6     | 14,465      | X                 |
| Contraste                   |       | Diferencias | +/- Límites       |
| 0mm CAI - 0mm LAI           |       | *-3,95333   | 2,20254           |
| 0mm CAI - 1mm CAI           |       | 1,66167     | 2,20254           |
| 0mm CAI - 1mm LAI           |       | *-4,61833   | 2,20254           |
| 0mm CAI - 2mm CAI           |       | 1,92333     | 2,20254           |
| 0mm CAI - 2mm LAI           |       | *-2,285     | 2,20254           |
| 0mm CAI - 3mm CAI           |       | 2,2         | 2,20254           |
| 0mm CAI - 3mm LAI           |       | -0,285      | 2,20254           |
| 0mm LAI - 1mm CAI           |       | *5,615      | 2,20254           |
| 0mm LAI - 1mm LAI           |       | -0,665      | 2,20254           |
| 0mm LAI - 2mm CAI           |       | *5,87667    | 2,20254           |
| 0mm LAI - 2mm LAI           |       | 1,66833     | 2,20254           |
| 0mm LAI - 3mm CAI           |       | *6,15333    | 2,20254           |
| 0mm LAI - 3mm LAI           |       | *3,66833    | 2,20254           |
| 1mm CAI - 1mm LAI           |       | *-6,28      | 2,20254           |
| 1mm CAI - 2mm CAI           |       | 0,261667    | 2,20254           |
| 1mm CAI - 2mm LAI           |       | *-3,94667   | 2,20254           |
| 1mm CAI - 3mm CAI           |       | 0,538333    | 2,20254           |
| 1mm CAI - 3mm LAI           |       | -1,94667    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 2mm CAI           |       | *6,54167    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 2mm LAI           |       | *2,33333    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 3mm CAI           |       | *6,81833    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 3mm LAI           |       | *4,33333    | 2,20254           |
| 2mm CAI - 2mm LAI           |       | *-4,20833   | 2,20254           |
| 2mm CAI - 3mm CAI           |       | 0,276667    | 2,20254           |
| 2mm CAI - 3mm LAI           |       | *-2,20833   | 2,20254           |
| 2mm LAI - 3mm CAI           |       | *4,485      | 2,20254           |
| 2mm LAI - 3mm LAI           |       | 2,0         | 2,20254           |
| 3mm CAI - 3mm LAI           |       | *-2,485     | 2,20254           |

\* indica una diferencia significativa.

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras, Tests de Rangos Múltiples

| Método: 95,0 porcentaje LSD |       |             |                   |
|-----------------------------|-------|-------------|-------------------|
| PROFUNDIDAD                 | Frec. | Media       | Grupos homogéneos |
| 3mm CAI                     | 6     | 7,64667     | X                 |
| 2mm CAI                     | 6     | 7,92333     | X                 |
| 1mm CAI                     | 6     | 8,185       | XX                |
| 0mm CAI                     | 6     | 9,84667     | XX                |
| 3mm LAI                     | 6     | 10,1317     | XX                |
| 2mm LAI                     | 6     | 12,1317     | XX                |
| 0mm LAI                     | 6     | 13,8        | XX                |
| 1mm LAI                     | 6     | 14,465      | X                 |
| Contraste                   |       | Diferencias | +/- Límites       |
| 0mm CAI - 0mm LAI           |       | *-3,95333   | 2,20254           |
| 0mm CAI - 1mm CAI           |       | 1,66167     | 2,20254           |
| 0mm CAI - 1mm LAI           |       | *-4,61833   | 2,20254           |
| 0mm CAI - 2mm CAI           |       | 1,92333     | 2,20254           |
| 0mm CAI - 2mm LAI           |       | *-2,285     | 2,20254           |
| 0mm CAI - 3mm CAI           |       | 2,2         | 2,20254           |
| 0mm CAI - 3mm LAI           |       | -0,285      | 2,20254           |
| 0mm LAI - 1mm CAI           |       | *5,615      | 2,20254           |
| 0mm LAI - 1mm LAI           |       | -0,665      | 2,20254           |
| 0mm LAI - 2mm CAI           |       | *5,87667    | 2,20254           |
| 0mm LAI - 2mm LAI           |       | 1,66833     | 2,20254           |
| 0mm LAI - 3mm CAI           |       | *6,15333    | 2,20254           |
| 0mm LAI - 3mm LAI           |       | *3,66833    | 2,20254           |
| 1mm CAI - 1mm LAI           |       | *-6,28      | 2,20254           |
| 1mm CAI - 2mm CAI           |       | 0,261667    | 2,20254           |
| 1mm CAI - 2mm LAI           |       | *-3,94667   | 2,20254           |
| 1mm CAI - 3mm CAI           |       | 0,538333    | 2,20254           |
| 1mm CAI - 3mm LAI           |       | -1,94667    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 2mm CAI           |       | *6,54167    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 2mm LAI           |       | *2,33333    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 3mm CAI           |       | *6,81833    | 2,20254           |
| 1mm LAI - 3mm LAI           |       | *4,33333    | 2,20254           |
| 2mm CAI - 2mm LAI           |       | *-4,20833   | 2,20254           |
| 2mm CAI - 3mm CAI           |       | 0,276667    | 2,20254           |
| 2mm CAI - 3mm LAI           |       | *-2,20833   | 2,20254           |
| 2mm LAI - 3mm CAI           |       | *4,485      | 2,20254           |
| 2mm LAI - 3mm LAI           |       | 2,0         | 2,20254           |
| 3mm CAI - 3mm LAI           |       | *-2,485     | 2,20254           |

\* indica una diferencia significativa.

Tabla anova para desviación estándar según profundidad entre tratamientos LBI Y CAE

| Análisis de la Varianza |                |    |                |            |         |
|-------------------------|----------------|----|----------------|------------|---------|
| Fuente                  | Sumas de cuad. | GI | Cuadrado Medio | Cociente-F | P-Valor |
| Entre grupos            | 117,169        | 7  | 16,7384        | 5,91       | 0,0001  |
| Intra grupos            | 113,216        | 40 | 2,83041        |            |         |
| Total (Corr.)           | 230,385        | 47 |                |            |         |

Hay diferencia estadísticamente significativa entre las sd medias de un nivel de PROFUNDIDAD a otro para un nivel de confianza del 95,0%. Para determinar las medias que son significativamente diferentes unas de otras.

| Método: 95,0 porcentaje LSD |             |         |                   |
|-----------------------------|-------------|---------|-------------------|
| ubicacion                   | Frec.       | Media   | Grupos homogéneos |
| 3 mm CAE                    | 6           | 7,64667 | X                 |
| 2 mm CAE                    | 6           | 7,92333 | XX                |
| 1 mm CAE                    | 6           | 8,185   | XX                |
| 3 mm LBI                    | 6           | 9,58333 | XXX               |
| 0 mm CAE                    | 6           | 9,84667 | XX                |
| 2 mm LBI                    | 6           | 10,71   | XX                |
| 0 mm LBI                    | 6           | 11,4017 | XX                |
| 1 mm LBI                    | 6           | 12,1317 | X                 |
| Contraste                   | Diferencias |         | +/- Límites       |
| 0 mm CAE - 0 mm LBI         | -1,555      |         | 1,96312           |
| 0 mm CAE - 1 mm CAE         | 1,66167     |         | 1,96312           |
| 0 mm CAE - 1 mm LBI         | *-2,285     |         | 1,96312           |
| 0 mm CAE - 2 mm CAE         | 1,92333     |         | 1,96312           |
| 0 mm CAE - 2 mm LBI         | -0,863333   |         | 1,96312           |
| 0 mm CAE - 3 mm CAE         | *2,2        |         | 1,96312           |
| 0 mm CAE - 3 mm LBI         | 0,263333    |         | 1,96312           |
| 0 mm LBI - 1 mm CAE         | *3,21667    |         | 1,96312           |
| 0 mm LBI - 1 mm LBI         | -0,73       |         | 1,96312           |
| 0 mm LBI - 2 mm CAE         | *3,47833    |         | 1,96312           |
| 0 mm LBI - 2 mm LBI         | 0,691667    |         | 1,96312           |
| 0 mm LBI - 3 mm CAE         | *3,755      |         | 1,96312           |
| 0 mm LBI - 3 mm LBI         | 1,81833     |         | 1,96312           |
| 1 mm CAE - 1 mm LBI         | *-3,94667   |         | 1,96312           |
| 1 mm CAE - 2 mm CAE         | 0,261667    |         | 1,96312           |
| 1 mm CAE - 2 mm LBI         | *-2,525     |         | 1,96312           |
| 1 mm CAE - 3 mm CAE         | 0,538333    |         | 1,96312           |
| 1 mm CAE - 3 mm LBI         | -1,39833    |         | 1,96312           |
| 1 mm LBI - 2 mm CAE         | *4,20833    |         | 1,96312           |
| 1 mm LBI - 2 mm LBI         | 1,42167     |         | 1,96312           |
| 1 mm LBI - 3 mm CAE         | *4,485      |         | 1,96312           |
| 1 mm LBI - 3 mm LBI         | *2,54833    |         | 1,96312           |
| 2 mm CAE - 2 mm LBI         | *-2,78667   |         | 1,96312           |
| 2 mm CAE - 3 mm CAE         | 0,276667    |         | 1,96312           |
| 2 mm CAE - 3 mm LBI         | -1,66       |         | 1,96312           |
| 2 mm LBI - 3 mm CAE         | *3,06333    |         | 1,96312           |
| 2 mm LBI - 3 mm LBI         | 1,12667     |         | 1,96312           |
| 3 mm CAE - 3 mm LBI         | -1,93667    |         | 1,96312           |

\* indica una diferencia significativa.