

**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPTO. ING. EN MADERAS**

**Profesor patrocinante
Rubén A. ANANIAS**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO

**“Mejoramiento del secado industrial del pino radiata para
remanufactura. Estudio de grietas internas”**

**PROYECTO DE TÍTULO PRESENTADO EN CONFORMIDAD A LOS REQUISITOS
EXIGIDOS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL EN
INDUSTRIAS FORESTALES**

JOSE ANTONIO VERA SEPULVEDA

Concepción, Diciembre 2005.

Tened fe en Dios.

Marcos 11:22

**Madre, gracias a ti soy lo que
soy....**

RESUMEN

En el presente estudio se pretende mejorar el secado industrial del pino radiata para remanufactura analizando los factores que afectan la aparición del defecto grieta capilar.

Inicialmente se determinaron los factores que condicionan las grietas capilares durante el secado industrial de pino radiata: la procedencia de la materia prima, el tipo de corte (tangencial, radial y mixto) y el tipo de madera (central, lateral y mixta). Posteriormente, se analizaron los factores: tipo de suelo (arena y greda), altura del árbol (copa y base) y tiempo de permanencia en patio de la madera antes de ingresar a las cámaras de secado, para la procedencia que presentó la mayor propensión a las grietas capilares. El diseño experimental incluyó un análisis de varianza, mediante un software estadístico comercial.

Además, se determinó a nivel de laboratorio las propiedades de la madera (humedad y densidad básica) y tendencia a la grieta capilar en rodelas de suelo gredoso, obtenidas de la base del árbol y rodelas de suelo arenoso obtenidas de la copa del árbol.

Los resultados muestran que el secado industrial del pino radiata fue mejorado a través del conocimiento de los factores que condicionan la aparición de la grieta capilar.

INDICE

INTRODUCCION	3
CAPITULO1: OBJETIVOS	7
1.1 Objetivo General	7
1.1.1. Objetivos Específicos.....	7
CAPITULO 2: METODOLOGIA	8
2.1 Identificación de los factores que condicionan la aparición de grietas capilares	8
2.2 Caracterización de la madera	11
2.3 Equipo de secado industrial	14
2.4 Estimación de la propensión al agrietamiento interno en rodela	15
CAPITULO 3: RESULTADOS	17
3.1 Identificación de los factores que condicionan la aparición de grietas capilares	17
3.1.1 Participación e importancia de los factores utilizados	18
3.1.2 Análisis de Varianza	19
3.2 Caracterización de la madera en Zona 1	20
3.2.1 Participación e importancia de los factores utilizados	20
3.2.2 Análisis de Varianza	21
3.3 Estimación de la propensión al agrietamiento interno en rodela	22
3.3.1 Propiedades de rodela	22
3.3.2 Secado de rodela a 70° C y 130° C	23
CAPITULO 4: ANALISIS DE RESULTADOS	25
4.1 Procedencias de la madera	25
4.2 Caracterización de la madera en el proceso de secado	27
4.2.1 Tipos de corte en la madera	27
4.2.2 Tipo de madera	28
4.2.3 Interacción entre procedencia y tipo de madera	29
4.2.4 Interacción entre procedencia y tipo de corte	30
4.2.5 Tipos de suelos	31
4.2.6 Corte del trozo en el árbol	33
4.2.7 Tiempo de permanencia en patio	34
4.3 Propensión al agrietamiento interno de rodela	35
4.3.1 Contenido de humedad inicial de rodela	35
4.3.2 Densidad básica de rodela	36
4.3.3 Secado de rodela a 70° C durante 24 horas	37
4.3.4 Secado de rodela a 130° C durante 24 horas	38
4.3.5 Grietas capilares en anillos de crecimiento	38
CAPITULO 5: CONCLUSIONES	39
CAPITULO 6: RECOMENDACIONES	40
CAPITULO 7: BIBLIOGRAFIA	41

CAPITULO 8: ANEXOS 43

INTRODUCCION

El presente estudio surge de la necesidad de mejorar el secado industrial del pino radiata *Pinus radiata* D. Don, en una empresa maderera de la región del Bío-Bío.

En la planta industrial están permanentemente preocupados de optimizar el proceso de secado, siendo uno de los problemas la frecuencia de aparición del defecto de grieta interna entre los anillos de madera inicial, denominada en el presente trabajo como grieta capilar. Además, se ha observado que esta grieta capilar es variable de acuerdo a la época del año, siendo más intensa en la época de otoño e invierno en comparación a la temporada estival.

La presencia de grietas capilares en la madera temprana es uno de los mayores defectos que se han observado en madera de *Pinus radiata*, en Nueva Zelanda, Australia y Chile. Debido a que estas grietas se desarrollan en el interior de las tablas durante el secado, usualmente no se observan sino hasta después que la madera ha sido manufacturada, durante el maquinado o ensamble de productos terminados (Miller and Simpson, 1992; Haslett, 1998).



Figura 1: Grietas capilares en la madera aserrada seca
(Fuente: Booker and Haslett, 2000)

Debido a este defecto, se genera un aumento en los costos de fabricación y un aumento en la fracción defectuosa de los productos finales. Esto se refleja claramente en el proceso de remanufactura y en madera destinada a exportación (molduras), uno de los mercados más importantes para la empresa (Figura 1). Se pueden identificar árboles con tendencia a la aparición de esta grieta capilar y hay un porcentaje de ellos, que viene con grieta capilar antes de ser aserrados (Ball et al, 2005^a, 2005^b).

La grieta capilar se forma en el secado como resultado de la tensión capilar que supera la resistencia mecánica de la madera, especialmente en células de madera temprana, donde la pared celular es más delgada; formándose inicialmente en las primeras horas de secado. Estas grietas capilares se forman dentro del anillo de crecimiento (Booker and Haslett, 2001; Pang et al., 1999), tienen la forma de lentejas y se encuentran varias juntas en una sección (Figura 2). Igualmente se da una interrelación entre la aparición de grietas internas en la madera y el colapso; ya que colapso y grietas internas ocurren como resultado de la tensión del líquido desarrollada por el movimiento del agua al salir de los lúmenes de las células (Miller and Simpson, 1992; Booker, 1994).



Figura 2: Grietas capilares entre los anillos de la madera inicial
(Fuente: Cown and McConchie, 2000)

Diversos estudios han mostrado que las maderas en árboles crecidos en sitios con deficiencia de boro tienen una mayor tendencia a desarrollar grietas capilares. La deficiencia de boro que es uno de los micro-nutrientes importantes participantes en la generación de los primeros estados de la pared celular limitaría la elasticidad de ésta, favoreciendo la propensión a las grietas capilares (Olykan, 2004; McLaren, 2002).

Otros investigadores han señalado que las grietas internas capilares podrían tener una componente genética, teniendo ésta un efecto significativo sobre la aparición de grietas capilares. Cierta grado de heredabilidad de las grietas capilares ha sido reportado en la literatura (Kumar, 2004; FRI, 2003; Ball et al, 2001).

Por otra parte, las grietas internas capilares son más frecuentes en la albura en el margen de los anillos duraminizados (McLaren, 2002; Cown and

McConchie, 2000; Millar and Simpson, 1992). Así como no se presentan en la madera de compresión (Ball et al., 2005^a, 2005b), tal como observado en la Figura 3.

Las grietas capilares son más frecuentes en madera central entre los anillos 5 a 15 desde la médula (Miller and Simpson, 1992; McConchie 1999). Para reducir este tipo de grieta se sugiere bajar la temperatura de secado, el secado convencional puede reducir hasta en un cuarto las grietas capilares en comparación al secado por alta temperatura (Haslett, 1998).



Figura 3: Grietas capilares ausentes en la madera de compresión
(Fuente: Ball et al, 2005^a, 2005b)

El defecto aparece en forma esporádica, es más intenso después del secado y es invisible en la superficie de la madera (Maclaren, 2002, Cown and McConchie, 2000), en ocasiones puede ser menor que el 1% del volumen de la madera, pero algunas veces puede afectar entre el 5 y 10 % (Cown and McConchie, 2000).

Este estudio tiene como objetivo mejorar el proceso de secado industrial del pino radiata para remanufactura mediante el análisis de los factores que condicionan la presencia de la grieta capilar.

CAPITULO 1.OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

- Mejorar el secado industrial de pino radiata para remanufactura.

1.1.1 Objetivos específicos

- Identificar los factores que condicionan las grietas capilares.
- Caracterizar la madera antes del secado.
- Estimar la propensión al agrietamiento interno en rodela.

CAPITULO 2: METODOLOGIA

2.1 IDENTIFICACION DE LOS FACTORES QUE CONDICIONAN LAS GRIETAS CAPILARES

De acuerdo a los antecedentes preliminares recogidos en la industria, se identifican inicialmente como factores que condicionan las grietas capilares: Las zonas de procedencia de la madera (2), el tipo de corte (3) y el tipo de madera (3), con lo cual se ejecutan 18 tratamientos. El diseño experimental se muestra en la tabla N° 1.

TABLA N° 1: DISEÑO EXPERIMENTAL

Factor	Nivel	Descripción
Procedencia ¹	1	Zona 1.
	2	Zona 2.
Tipo de corte	1	Tangencial
	2	Radial
	3	Mixto
Tipo de madera	1	Lateral
	2	Central
	3	Mixto

¹ La procedencia se dividió como Zona 1 a la madera proveniente de suelo arenoso de la Octava región y como Zona 2 a la madera proveniente de suelo gredoso de la Novena Región.

La metodología utilizada en estos experimentos, fue la siguiente:

- 1) **Tamaño de la muestra** De acuerdo al diseño experimental mencionado anteriormente, el número de piezas en cada uno de los experimentos fue mayor a 30, con el fin de obtener una población estadísticamente significativa. Como se muestra en la tabla 2, la mezcla de factores fue la siguiente:

TABLA 2: MEZCLA DE FACTORES Y NÚMERO DE EXPERIMENTOS.

Experimento	Procedencias	Tipo de corte	Tipo de madera
1	Zona 1	Tangencial	Central
2	Zona 1	Tangencial	Lateral
3	Zona 1	Tangencial	Mixto
4	Zona 1	Radial	Central
5	Zona 1	Radial	Lateral
6	Zona 1	Radial	Mixto
7	Zona 1	Mixto	Central
8	Zona 1	Mixto	Lateral
9	Zona 1	Mixto	Mixto
10	Zona 2	Tangencial	Central
11	Zona 2	Tangencial	Lateral
12	Zona 2	Tangencial	Mixto
13	Zona 2	Radial	Central
14	Zona 2	Radial	Lateral
15	Zona 2	Radial	Mixto
16	Zona 2	Mixto	Central
17	Zona 2	Mixto	Lateral
18	Zona 2	Mixto	Mixto

- 2) **Identificación de las piezas ensayadas.** Se procedió a enumerar las piezas en ambos extremos de la pieza, con el fin de identificar la pieza y la mezcla de factores a la cual correspondería y seguir su trazabilidad en los procesos de secado y cepillado.

- 3) **Secado y trozado.** Las piezas preparadas y marcadas fueron enseguida secadas bajo un programa usualmente utilizado en la empresa (Tabla 3). Luego del secado la madera fue cepillada en las 4 caras y transportada al área de trozado, donde se midió el porcentaje de grietas capilares para cada experimento.

Tabla N° 3: PROGRAMA DE SECADO UTILIZADO EN TODOS LOS EXPERIMENTOS.

Programa Secado		
Etapas	Duración	Temperatura
Pre calentamiento	6	
Calentamiento	4	80-80
Secado 1	-	-
Secado 2	14	80-60
Igualado	4	-
Secado 3	6	80-60
Secado 4	14	85-55
Secado 5	-	-
Acondicionado	4	90-90
Enfriamiento	1	35

- 4) **Determinación del % de grietas en proceso de trozado.** Mediante despuntado de 5 cm de cada extremo se observó la presencia de grietas de cada lado despuntado. Si el despunte presentaba grietas se continuaba con el despunte de otros 5 cm. Si el despunte no tiene grietas se considera libre de grietas. Con estos datos se obtuvo el porcentaje de grieta capilar para la madera en estudio.

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA

De acuerdo al estudio anterior, se estableció que la Zona 1 tenía el mayor porcentaje de grietas, por lo que se procedió a una caracterización de esta madera. Para este estudio se consideraron las variables: tipo de suelo (2), altura en el árbol (2) y tiempo de estadía de la madera aserrada en el patio (2). Con lo cual se ejecutaron un total de 8 tratamientos (Tabla 3). El diseño experimental fue como sigue:

TABLA N° 4: DISEÑO EXPERIMENTAL, DE FACTORES EN ZONA 1.

Factor	Nivel	Descripción
Tipo de suelo	2	Arena Greda
Altura en el árbol	2	Copa Base
Tiempo estadía ²	2	>10 días < 10 días

² El tiempo de estadía se especificó de acuerdo a la rotación de la madera en el patio de la empresa. Esto es, la madera que se procesa en el horno usualmente es mantenida en el patio por menos de 10 días.

La metodología utilizada para realizar el experimento, fué la siguiente:

1) Tamaño de la muestra. De acuerdo al diseño experimental anterior, el número de piezas en cada uno de los experimentos fue mayor a 30 piezas, con el fin de obtener una población estadísticamente significativa.

TABLA 5: MEZCLA DE FACTORES Y NÚMERO DE EXPERIMENTOS, EN ZONA 1.

Experimento	Tipo de suelo	Corte del Trozo	Tiempo en Patio,
1	Suelo Arenoso	Copa Arbol	Mas de 10 dias
2	Suelo Arenoso	Copa Arbol	Menos de 10 dias
3	Suelo Arenoso	Base Arbol	Mas de 10 dias
4	Suelo Arenoso	Base Arbol	Menos de 10 dias
5	Suelo Gredoso	Copa Arbol	Mas de 10 dias
6	Suelo Gredoso	Copa Arbol	Menos de 10 dias
7	Suelo Gredoso	Base Arbol	Mas de 10 dias
8	Suelo Gredoso	Base Arbol	Menos de 10 dias

2) Identificación de las piezas. Se procedió a enumerar las piezas en ambos extremos, con el fin de identificarlas individualmente y dentro de la población correspondiente.

3) Secado y cepillado de la madera.

4) Determinación de % de grietas en proceso de trozado.

El secado, cepillado y la obtención del % de grietas en el proceso de secado, se realizaron de la misma forma mencionada anteriormente para el análisis de las procedencias de la madera.

2.3 EQUIPO DE SECADO INDUSTRIAL

El experimento se llevó a cabo en dos cámaras de secado de tipo convencional de 150 m³ de capacidad efectiva. Ambas son cámaras de una sola vía, confeccionadas en aluminio; con tinajas laterales, son calefaccionadas por radiadores, 8 ventiladores para la circulación del aire; equipo para controlar y variar las condiciones dentro del secador. (Figura N° 4).

FIGURA N° 4: PLANTA DE SECADO INDUSTRIAL



2.4 ESTIMACION DE LA PROPENSION AL AGRIETAMIENTO INTERNO EN RODELAS

De acuerdo a los estudios anteriores, se determinó que las variables suelo greda-base del árbol presentaron menor cantidad de grietas capilares que las variables suelo arena-copa del árbol; por lo que se procedió a caracterizar en laboratorio estas maderas. Para este ensayo se prepararon rodela provenientes, de cada una de las combinaciones suelo-altura de corte del árbol. Las propiedades estudiadas fueron el contenido de humedad inicial, la densidad básica y la tendencia a la aparición de grietas internas.

Fueron seleccionadas al azar 20 rodela provenientes de la Zona 1. Las rodela presentaron las siguientes características (tablas N° 6 y N° 7):

TABLA N° 6: N° DE RODELAS PROVENIENTES DE SUELO DE GREDA Y BASE DEL ARBOL.

Número de Rodela	Tipo de suelo	Corte en el árbol
1	Greda	Base
2	Greda	Base
7	Greda	Base
8	Greda	Base
9	Greda	Base
10	Greda	Base
17	Greda	Base
18	Greda	Base
19	Greda	Base
20	Greda	Base

TABLA N° 7: N° DE RODELAS PROVENIENTES DE SUELO DE ARENA Y COPA DEL ARBOL.

Número de Rodela	Tipo de suelo	Corte en el árbol
3	Arena	Copa
4	Arena	Copa
5	Arena	Copa
6	Arena	Copa
11	Arena	Copa
12	Arena	Copa
13	Arena	Copa
14	Arena	Copa
15	Arena	Copa
16	Arena	Copa

La metodología utilizada para realizar el experimento, fue la siguiente:

Para este efecto se procedió a enumerar las rodela para poder identificar su procedencia. Se tomó como precaución que las rodela seleccionada no tuvieran grietas capilares antes de someterlas al proceso de secado. Las rodela en estado verde se pesaron y se midió gravimétricamente el volumen de acuerdo al método de inmersión en agua para determinar la densidad de cada rodela. A continuación, las rodela fueron divididas en 2 secciona iguales. Luego cada sección fue sometida durante 24 hora a temperatura de 70° C y 130° C, respectivamente.

CAPITULO 3. RESULTADOS

3.1. IDENTIFICACION DE LOS FACTORES QUE CONDICIONAN LAS GRIETAS CAPILARES

En la tabla N° 8 se muestran los porcentajes de grietas capilares obtenidos de los 18 experimentos realizados y descrito por el modelo estadístico representado por la ecuación 1. El resultado de las proporciones es transformado a variables continuas. (Anexo 7).

TABLA N° 8: % DE GRIETAS CAPILARES OBTENIDO PARA CARACTERIZACION DE MADERA.

Procedencias	Tipo de corte	Tipo de madera	% Grietas
Zona 1	Tangencial	Central	8,85
Zona 1	Tangencial	Lateral	9,83
Zona 1	Tangencial	Mixto	7,31
Zona 1	Radial	Central	15,50
Zona 1	Radial	Lateral	13,58
Zona 1	Radial	Mixto	14,80
Zona 1	Mixto	Central	8,65
Zona 1	Mixto	Lateral	18,00
Zona 1	Mixto	Mixto	6,99
Zona 2	Tangencial	Central	8,09
Zona 2	Tangencial	Lateral	12,20
Zona 2	Tangencial	Mixto	12,50
Zona 2	Radial	Central	6,57
Zona 2	Radial	Lateral	2,91
Zona 2	Radial	Mixto	0,84
Zona 2	Mixto	Central	11,10
Zona 2	Mixto	Lateral	6,19
Zona 2	Mixto	Mixto	8,37

3.1.1 Participación e importancia de los factores utilizados

De acuerdo a la tabla N° 9, se evidencia la importancia de cada uno de los factores considerados en el diseño del experimento, así como también la importancia de cada una de las interacciones entre estos factores.

Los factores considerados en el diseño del experimento mostrados en la tabla N° 9 son:

- ❖ Factor A: Procedencia de madera.
- ❖ Factor B: Tipo de corte.
- ❖ Factor C: Tipo de madera.

TABLA N° 9: PARTICIPACION DE FACTORES EN CARACTERIZACION DE MADERA.

FACTOR	% DE CONTRIBUCION
A	21,9
B	1,3
C	46,2
AB	15,3
AC	1,4
BC	1,9

Se aprecia que los factores con mayor participación en el presente experimento son: la procedencia de la madera (21.9 %) y el tipo de madera (46.2 %). Las interacciones entre procedencia y tipo de madera también evidencian la mayor participación (15.3 %). Lo anterior muestra que tales factores serán considerados para el mejoramiento del secado industrial de pino radiata para remanufactura.

3.1.2 Análisis de Varianza

Para el análisis de varianza de los datos del experimento, se utilizó el programa estadístico Design Expert 6.0.10 Trial.

Tabla N° 10: ANALISIS DE VARIANZA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	7	0,12	0,017	7,92	0,0021
Error	10	0,021	0,12E-0,03		
Total	17	0,14			

De acuerdo con la hipótesis planteada anteriormente (ecuación 2) se tiene que:

$H_0: \mu_0 = \mu_1$ Valor $p > 0.05$ se acepta H_0 .

$H_1: \mu_0 \neq \mu_1$ Valor $p < 0.05$ se rechaza H_0 .

Para un nivel $\alpha = 0.05$; Montgomery (1996).

Tabla N° 11: COMBINACION DE TRATAMIENTOS.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
A	1	0,03	0,03	14,33	0,0036
B	2	1,83E-0,03	9,15E-0,04	0,43	0,6613
C	2	0,064	0,032	15,09	0,001
AB	2	0,021	0,011	5,01	0,031

De acuerdo al ANOVA, se observa que:

- El valor F de 7.92, indica que el modelo es significativo.
- Solo existe un 0.21% de probabilidad que pueda ocurrir un ruido o un factor incontrolable.
- En este caso, A, C y AB son factores significativos.
- Valores de F mayores que 0.1 indican que el modelo no es significativo.

3.2. Caracterización de la madera, en Zona 1

A continuación se muestra la tabla con los resultados obtenidos para la Zona 1, de acuerdo al modelo estadístico representado por la Ecuación 2. El resultado de las proporciones es transformado a variables continuas. (Anexo 7).

TABLA N° 12: % DE GRIETAS CAPILARES DE ENSAYOS REALIZADOS EN ZONA 1.

Tipo de suelo	Corte del Trozo	Tiempo en Patio,	% Grietas
Suelo Arenoso	Copa Árbol	Mas de 10 días	19,8
Suelo Arenoso	Copa Árbol	Menos de 10 días	20,3
Suelo Arenoso	Base Árbol	Mas de 10 días	13,7
Suelo Arenoso	Base Árbol	Menos de 10 días	10,6
Suelo Gredoso	Copa Árbol	Mas de 10 días	14,5
Suelo Gredoso	Copa Árbol	Menos de 10 días	12,6
Suelo Gredoso	Base Árbol	Mas de 10 días	7,65
Suelo Gredoso	Base Árbol	Menos de 10 días	5,13

3.2.1. Participación e importancia de factores utilizados

La importancia de los factores participantes en el experimento se observa en la tabla N° 13. Los factores variables son:

- ❖ Factor A: Tipos de suelo.
- ❖ Factor B: Corte del trozo en el árbol.
- ❖ Factor C: Tiempo en patio antes de entrar a cámara de secado.

TABLA N° 13: PARTICIPACION DE FACTORES EN CARACTERIZACION DE ZONA 1.

FACTOR	% DE CONTRIBUCION
A	37,4
B	56,4
C	3,9
AB	0,2
AC	0,4
BC	1,6

Como se observa, los factores A y B, presentan una gran contribución al experimento (37.4 % y 56.4% respectivamente), no así el factor C, el cual presentó un porcentaje de contribución del 3.9%. Las interacciones presentaron un porcentaje insignificante, por lo que para que el modelo ANOVA sea significativo deberán obviarse.

3.2.2 Análisis de Varianza

Para el análisis de varianza de los datos del segundo experimento, al igual que para el primero; se utilizó el programa estadístico Design Expert 6.0.10 Trial.

TABLA N° 14: ANALISIS DE VARIANZA.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
Modelo	3	0,046	0,015	54,19	0,0011
Error	4	1,14E-0,03	2,85E-0,04		
Total	7	0,05			

Entonces se plantea la hipótesis:

Ho: $\mu_0 = \mu_1$ Valor p > 0.05 se acepta Ho.

H₁: $\mu_0 \neq \mu_1$ Valor p < 0.05 se rechaza Ho.

Para un nivel $\alpha = 0.05$; Montgomery (1996).

TABLA N° 15: COMBINACIÓN DE TRATAMIENTOS.

Fuente de variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Valor F	Pr > F
A	1	0,018	0,018	62,26	0,0014
B	1	0,027	0,027	93,9	0,0006
C	1	1,83E-0,03	1,83E-0,03	6,41	0,0645

De acuerdo al ANOVA se observar lo siguiente:

- El valor F de 54,19, lo que indica que el modelo es significativo.
- Con los factores utilizados en el experimento, existe una muy baja probabilidad que pueda ocurrir un ruido o un factor incontrolable
- En este caso, A, B y C son factores significativos.

3.3 Estimación de la propensión al agrietamiento interno de rodela

El objetivo de este experimento fue observar las propiedades de las rodela, en cuanto al tipo de suelo proveniente y al corte realizado en el árbol al ser extraído el trozo, además de poder observar la tendencia a grietas de estas procedencias.

3.3.1 Propiedades de las rodela

A continuación, en la tabla N° 16 y N° 17 se muestran las características iniciales de cada una de las rodela:

TABLA N° 16: RODELAS PROVENIENTES DE SUELO GREDOSO Y BASE DEL ARBOL.

Número de Rodela	Chi (%)	Densidad (g/cm ³)
1	102.2	0.450
2	96.7	0.455
7	100.9	0.407
8	91.7	0.414
9	131.1	0.380
10	123.7	0.341
17	106.0	0.346
18	135.9	0.438
19	93.4	0.479
20	137.1	0.522
Promedios	111.9	0.423.

TABLA N° 17: RODELAS PROVENIENTES DE SUELO ARENOSO Y COPA DEL ARBOL.

Número de Rodela	Chi (%)	Densidad (g/cm ³)
3	106.5	0.360
4	102.2	0.386
5	112.1	0.345
6	125.8	0.295
11	98.0	0.376
12	104.9	0.434
13	116.7	0.385
14	119.7	0.425
15	114.0	0.448
16	138.9	0.395
Promedios	113.9	0.385.

3.3.2. Secado de las rodelas a 70° C y 130° C

Los resultados obtenidos al utilizar las temperaturas mencionadas son presentados a continuación:

TABLA N° 18: GRIETAS CAPILARES EN PROBETAS GREDA-BASE A 70 °C.

SUELO
ALTURA
TEMPERATURA

GREDA
BASE
70°C

N° PROBETA	GRIETAS INTERNAS
1	0
2	2
7	0
8	0
9	2
10	3
17	7
18	3
19	0
20	0
TOTAL	17

TABLA N° 19: GRIETAS CAPILARES EN PROBETAS ARENA-COPA A 70 °C.

SUELO
ALTURA
TEMPERATURA

ARENA
COPA
70°C

N° PROBETA	GRIETAS INTERNAS
3	5
4	13
5	0
6	0
11	5
12	2
13	0
14	2
15	1
16	0
TOTAL	28

TABLA N° 20: GRIETAS CAPILARES EN PROBETAS GREDA-BASE A 130 °C.

SUELO	GREDA
ALTURA	BASE
TEMPERATURA	130°C

N° PROBETA	GRIETAS INTERNAS
1	3
2	6
7	5
8	4
9	5
10	8
17	11
18	4
19	3
20	2
TOTAL	51

TABLA N° 21: GRIETAS CAPILARES EN PROBETAS ARENA-COPA A 130 °C.

SUELO	ARENA
ALTURA	COPA
TEMPERATURA	130°C

N° PROBETA	GRIETAS INTERNAS
3	6
4	5
5	2
6	5
11	9
12	6
13	0
14	5
15	2
16	0
TOTAL	40

CAPITULO 4. ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 PROCEDENCIAS DE LA MADERA

En la figura N° 5 se observa, que la madera proveniente de Zona 1 presenta un porcentaje mayor de grietas capilares que la madera proveniente de la Zona 2. Es una variable a tener en cuenta, debido a que la diferencia en la aparición de grietas capilares entre ambas procedencias es significativa (Tabla N° 9).

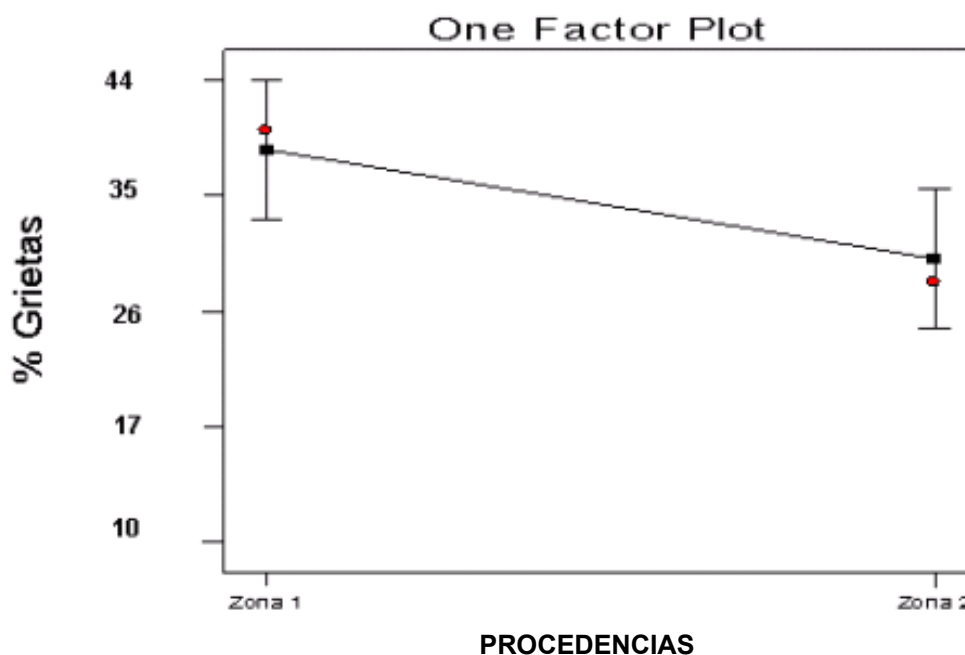


FIGURA N° 5: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARES ENTRE AMBAS PROCEDENCIAS.

La diferencia en la aparición de grietas capilares entre procedencias, se puede relacionar con el factor “Tipo de Suelos”, en este estudio se consideran los suelos de Arena y Greda. La madera de la Zona 1, proviene preferentemente de suelos arenosos en comparación a la madera de la Zona 2.

Por lo anteriormente expuesto, en la temporada estival el porcentaje de grietas capilares tiende a normalizarse entre ambas procedencias. Esto ocurre, debido a que en invierno, es más difícil en la Zona 1 ingresar a los bosques de greda, por lo que solo obtienen madera proveniente de bosques de arena, no así en verano; que se puede ingresar sin problemas a bosques de greda. (Esta afirmación se basa en la encuesta realizada a personas de ambas procedencias; Anexo N° 6).

En cambio en la Zona 2, abundan los bosques de greda, por lo que en invierno como en verano la madera puede extraerse de los mencionados bosques.

4.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MADERA EN EL PROCESO DE SECADO

4.2.1. Tipos de corte en la madera

En la figura 6, se observa que el corte que presenta una mayor cantidad de grietas internas es el corte radial, seguido del mixto y el tangencial.

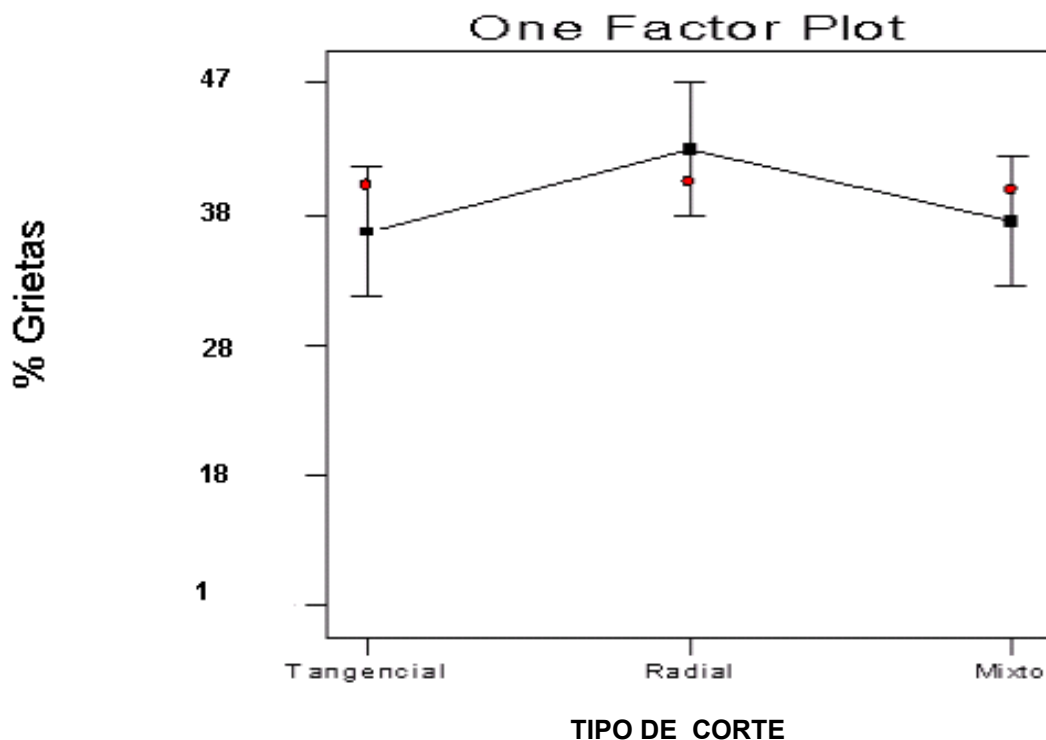


FIGURA N° 6: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARES ENTRE TIPOS DE CORTES EN LA MADERA.

Aunque la diferencia en la aparición de grietas capilares no es significativa en la presente variable, los resultados entregados se ajustan a la literatura, ya que esta explica que los radios leñosos pueden tener influencia en la aparición de grietas internas, debido a que estos radios leñosos son puntos de menor resistencia mecánica (Miller & Simpson 1992). La tensión capilar es probablemente más intensa en la dirección tangencial debido al mayor fluido capilar, lo que favorece la aparición de grietas capilares.

4.2.2 Tipo de madera

En la figura 7 se aprecia que el tipo de madera que presenta una mayor cantidad de grietas capilares, es la madera central, seguido de la madera del tipo mixto y finalmente la madera lateral.

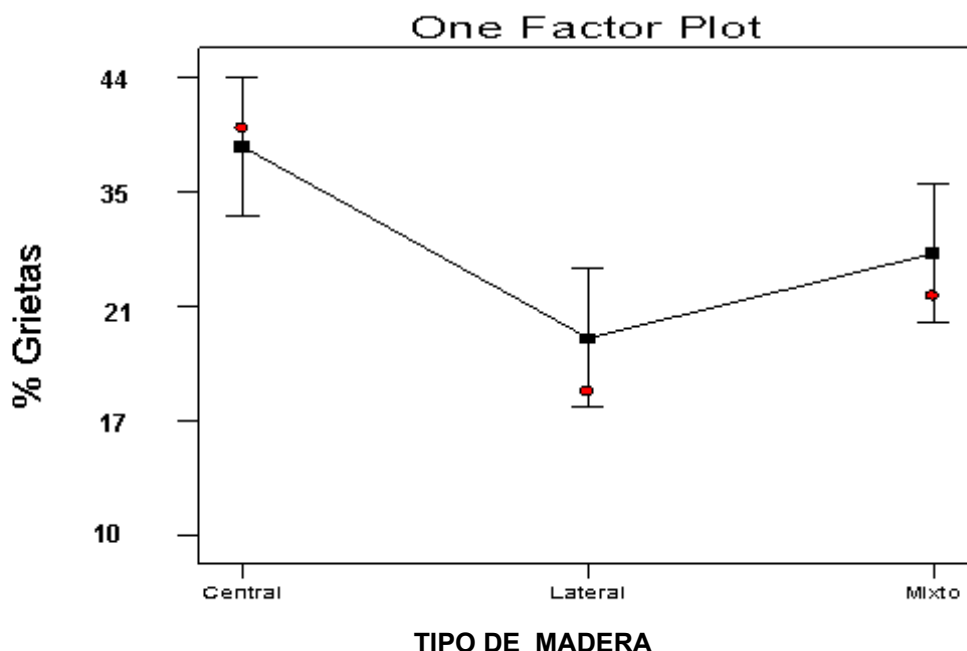


FIGURA N° 7: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARSES ENTRE TIPOS DE MADERA.

El tipo de madera es un factor relevante a la hora de mejorar el secado industrial de pino radiata de 46 mm de espesor, de acuerdo a lo mostrado en la figura N° 7 y al porcentaje de contribución obtenido (46.2%, Tabla N° 9).

En el área de secado, las lingas de madera contienen tanto madera central como lateral; no existiendo discriminación entre el tipo de madera. De acuerdo con este estudio, es aconsejable separar la madera central de la lateral para disminuir la aparición de grieta capilar y mejorar el secado industrial.

La madera central y lateral posee características diferentes (madera juvenil/madera adulta), lo que las afecta a la hora de ser secadas bajo un mismo programa. Además, si se separa la madera central de la madera lateral, se ahorra en tiempo; ya que para la madera lateral se puede utilizar un programa que demande una menor cantidad de tiempo real de secado.

Como es sabido, la madera lateral se puede obtener en mayor cantidad de los trozos de mayor diámetro, lo que favorece la disminución de la grieta capilar.

4.2.3 Interacción entre procedencia de la madera y tipo de madera

En la figura N° 8 se observa, la interacción de los factores que condicionan la aparición de la grieta capilar. El comportamiento es similar al análisis de los factores por separado, debido a que el mayor porcentaje de grietas capilares lo presenta la Zona 1 junto con la madera central, y el menor porcentaje de grietas internas lo presenta la Zona 2 con madera lateral.

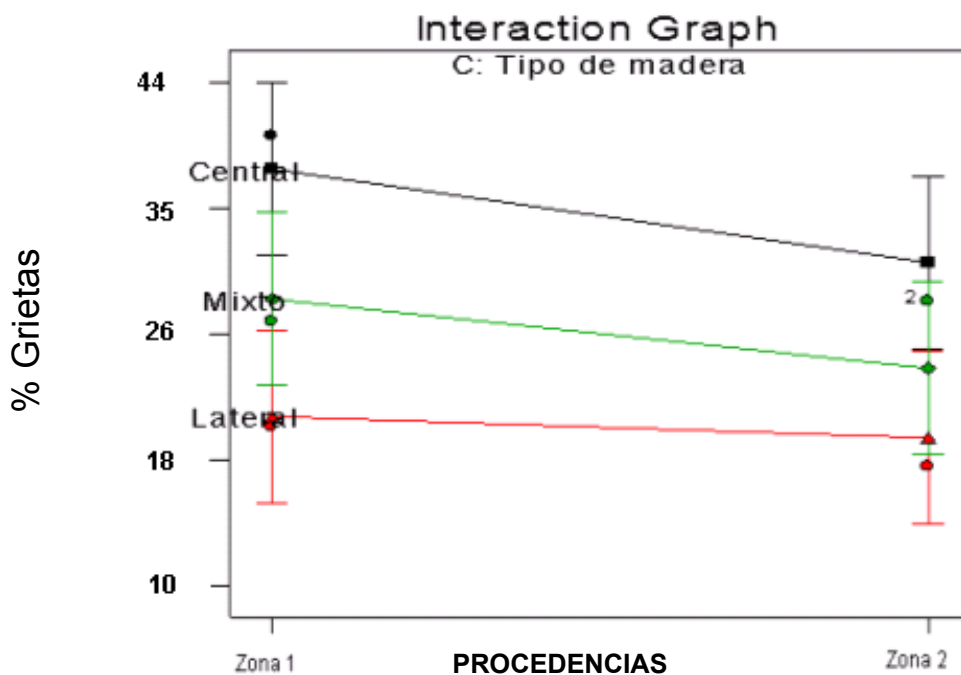


FIGURA N° 8: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARES ENTRE INTERACCION TIPO DE MADERA-PROCEDENCIA.

4.2.4 Interacción entre procedencia de la madera y tipo de corte.

La interacción de ambos factores, procedencia de la madera y tipo de corte no varían demasiado con respecto al análisis de los factores por separado, como se observa en la figura N° 9, el mayor porcentaje de grietas lo produce en la Zona 1 en combinación con el corte radial.

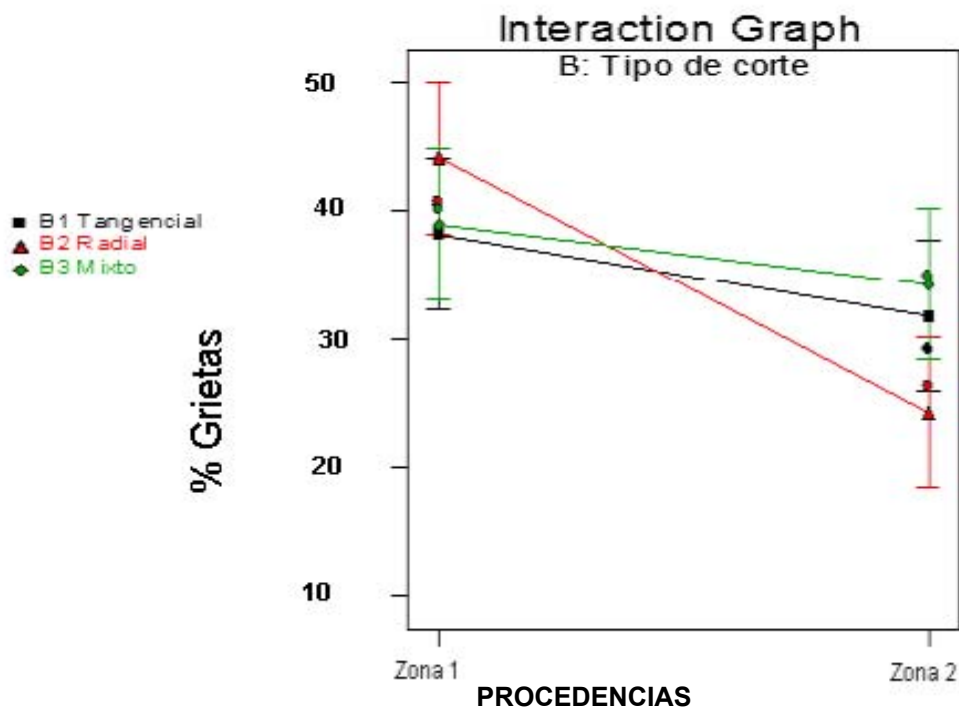


FIGURA N° 9: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARES ENTRE INTERACCION TIPO DE CORTE-PROCEDENCIA.

4.2.5 Tipos de Suelos

De acuerdo con la figura N° 10, los trozos provenientes de suelo arenoso presentan una mayor tendencia a la presencia de grietas capilares en comparación a los trozos provenientes de suelo de greda.

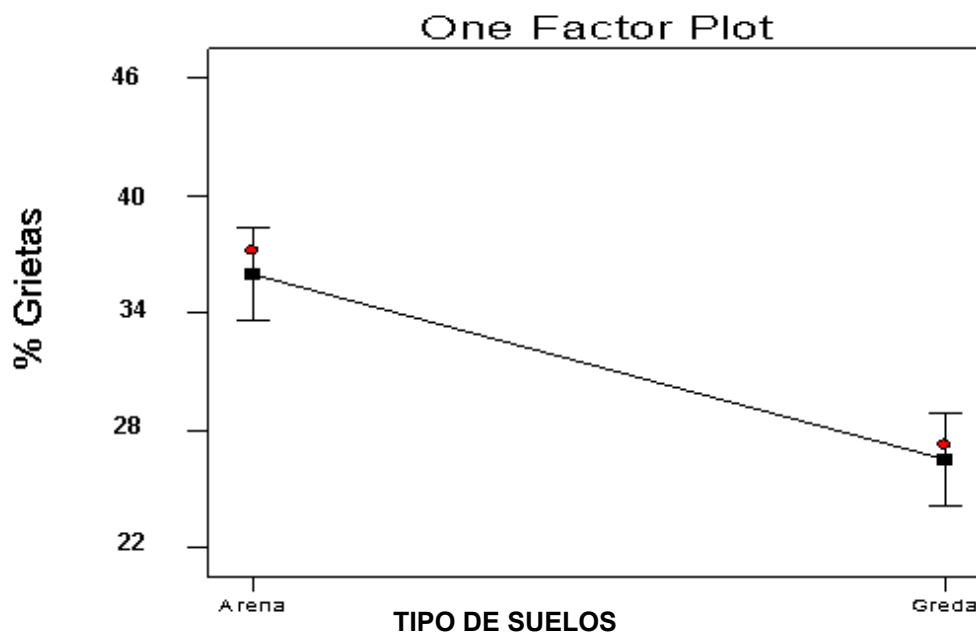


FIGURA N° 10: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARES ENTRE TIPOS DE SUELOS.

La contribución de este factor (37.4%), muestra la importancia de la selección de trozos que presenten una baja tendencia a las grietas capilares.

Una explicación a la diferencia en los resultados de este factor, puede ser que la madera proveniente de suelos arenosos, se encuentra ubicada mas cerca de la costa, está sometida desde su crecimiento a soportar mayores flujos de aire o viento lo que aumentarían las tensiones en el interior del árbol, provocando esta tendencia a las grietas internas; además otro factor en la aparición de grietas es la diferencia y comportamiento de nutrientes existentes en los distintos tipos de suelo.

El factor “Tipo de suelo”, esta íntimamente ligado con el factor estudiado en la primera etapa del experimento “Procedencia de la madera”, ya que a partir de estos, la Zona 1 presentaría mayor cantidad de predios con suelos arenosos que la Zona 2.

El área de secado en la industria generalmente separa las procedencias de la madera antes de ser ingresada a las cámaras de secado; pero al igual como lo hacen con la madera central y lateral, aplican exactamente el mismo programa de secado a ambas procedencias, incluso en los meses mas lluviosos en que la diferencia de grietas capilares es mas notoria entre ambas

procedencias de la madera. De acuerdo a esto, una solución paralela a la “separación entre madera lateral y central” es además de separar las procedencias, aplicar programas de secado distintos a ambas procedencias, optimizando tanto el tiempo de secado y la tendencia a la aparición de grietas internas.

4.2.6 Corte del trozo en el árbol

En la figura N° 11 se observa que los trozos provenientes de la base del árbol presentan una menor cantidad de porcentaje de grietas capilares que los trozos extraídos desde la copa del árbol.

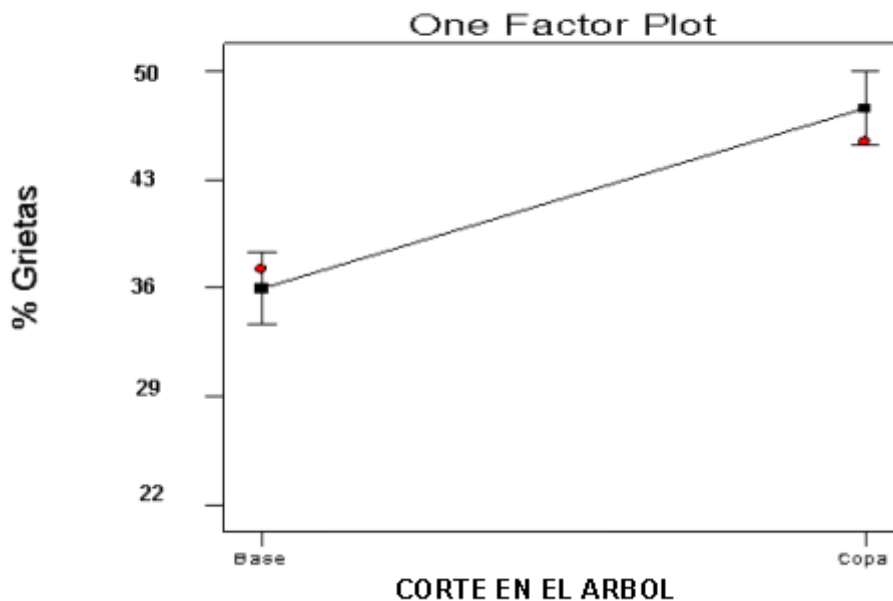


FIGURA N° 11: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARES ENTRE CORTES DEL ARBOL.

El presente factor presenta el porcentaje de contribución mas alto (56.4%). Esto indica que para obtener trozos con poca tendencia a la aparición de grietas internas, es necesario obtener estos trozos de la base del árbol (primer corte).

Este factor está ligado con el factor estudiado y analizado en la primera etapa “Tipo de madera”; ya que como al analizar dicho factor, se sugiere procesar trozos con un mayor diámetro, debido a que en estos se obtiene mayor cantidad de madera lateral y de mayor densidad, limitando la aparición de grietas capilares.

Además, la copa del árbol presenta durante toda su vida, ramas, las que favorecen la presencia de madera juvenil.

Esta hipótesis, se ve favorecida además por la evidencia que las grietas capilares se localizan principalmente en los márgenes del duramen (McLaren, 2002; Cown and McConchie, 2000; Miller and Simpson, 1992).

4.2.7 Tiempo de permanencia en patio

A pesar de que este factor no resulta ser significativo en el experimento, de acuerdo a la figura N° 12 se puede señalar que la madera con estadía en patio mayor a 10 días, tiende a una mayor proporción de grietas capilares en comparación a la madera fresca.

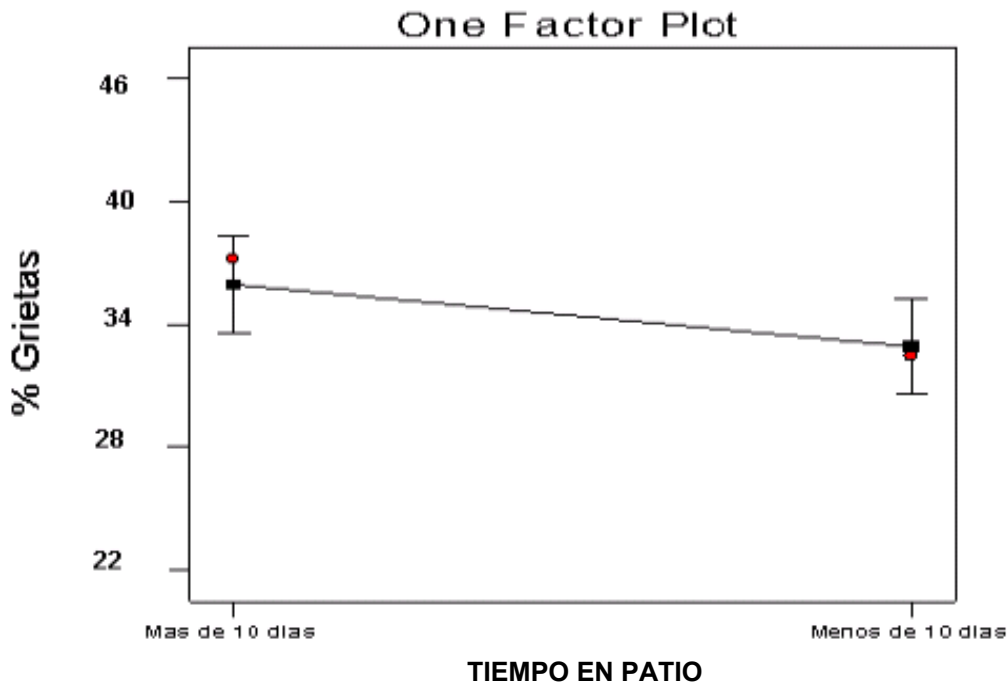


FIGURA N° 12: DIFERENCIA DE % DE GRIETAS CAPILARES ENTRE EL TIEMPO DE LA MADERA EN PATIO.

Si bien a la hora de poder determinar la tendencia a grietas capilares este factor no es significativo, la pequeña diferencia entre la estadía en patio antes de ser secada la madera, está en que la madera con mayor tiempo en patio logra disminuir un poco su contenido de humedad, en forma irregular, ya que la madera está dispuesta para ser secada en cámaras de secado y no al aire libre.

4.3 Propensión al agrietamiento interno de rodela

4.3.1. CH inicial de rodela

En la figura N° 13 se observa que las rodela provenientes de un suelo gredoso-Base del árbol no presentan diferencia significativa con el CH inicial de las rodela provenientes de un suelo Arenoso-Copa del árbol.

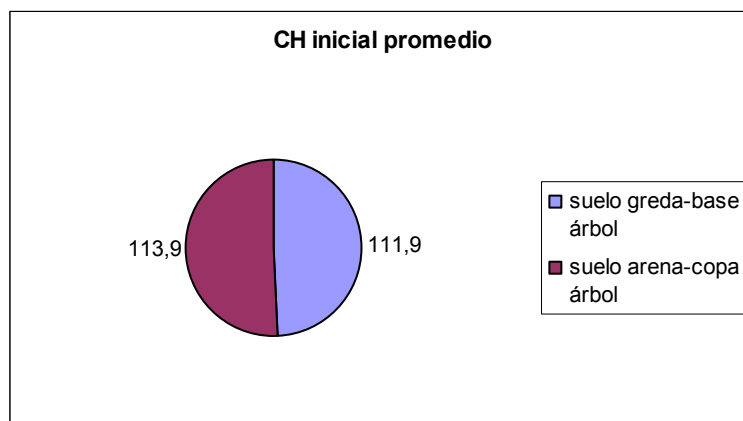


FIGURA N° 13: CONTENIDO DE HUMEDAD PROMEDIO ENTRE RODELAS.

4.3.2. Densidad básica de rodela

De acuerdo a la figura N° 14, las rodela de suelo Gredoso-Base del árbol presentan en promedio una densidad de 0.423 g/cm^3 . Las rodela de suelo Arenoso-Copa del árbol presentan una densidad promedio de 0.385 g/cm^3 . Con respecto a esto, se debe señalar que las 20 rodela no representan un número significativo estadísticamente, pero puede representar la realidad; ya que la madera con mayor tendencia a las grietas capilares, presenta una menor densidad.

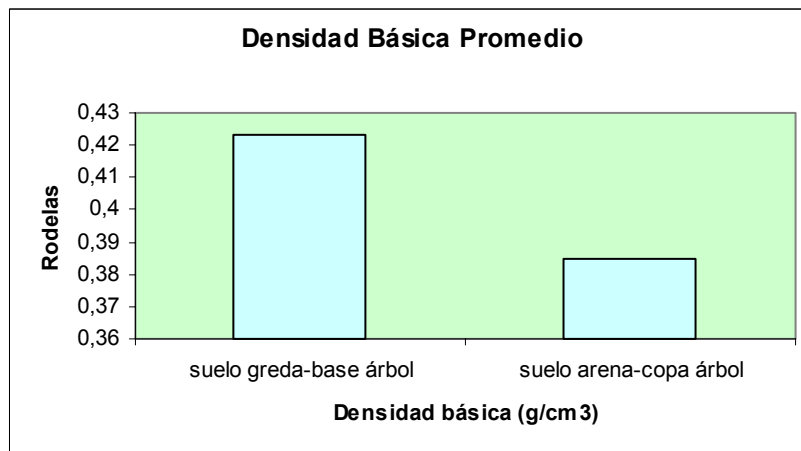


FIGURA N° 14: DENSIDAD BASICA PROMEDIO ENTRE RODELAS.

4.3.3. Secado de rodela a 70°C durante 24 horas

Las rodela de suelo Gredoso-Base del árbol presentan un total de 17 grietas capilares. En cambio las rodela de suelo Arenoso-Copa del árbol, presentan una cantidad de 28 grietas internas tipo III (Anexo N° 5); justificándose la tendencia a la grieta capilar del suelo arenoso y trozos obtenidos desde la copa del árbol. (Figura N° 15).

La temperatura de 70° C, se asemeja bastante a las temperaturas utilizadas en el proceso de secado convencional.

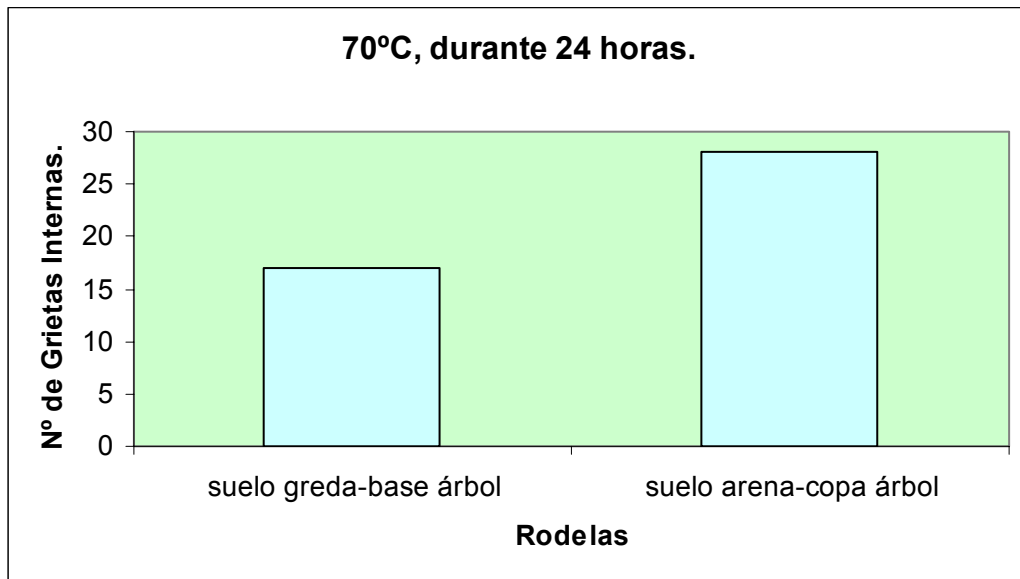


FIGURA N° 15: SECADO DE RODELAS A 70° C, DURANTE 24 HORAS.

4.3.4. Secado de rodela a 130° C durante 24 horas

Como se aprecia en la figura N° 16, las rodela de suelo Gredoso-Base del árbol presentan un total de 51 grietas capilares. En cambio las rodela de suelo Arenoso-Copa del árbol, muestran una cantidad de 40 grietas capilares Anexo N° 5). El secado a 130 °C favorece el número de grietas internas en las rodela provenientes de suelo gredoso y obtenidas de la base del árbol. Esto quiere decir que en secado por alta temperatura ($T > 100^{\circ}\text{C}$), el comportamiento de las grietas capilares difiere del encontrado durante el secado a temperaturas convencionales ($T < 100^{\circ}\text{C}$). El menor porcentaje de grietas internas por parte de las rodela provenientes de suelo gredoso y obtenidas de la base del árbol, se debe probablemente a los distintos mecanismos de movimiento interno, que actúan en el secado por alta temperatura ($T > 100^{\circ}\text{C}$).

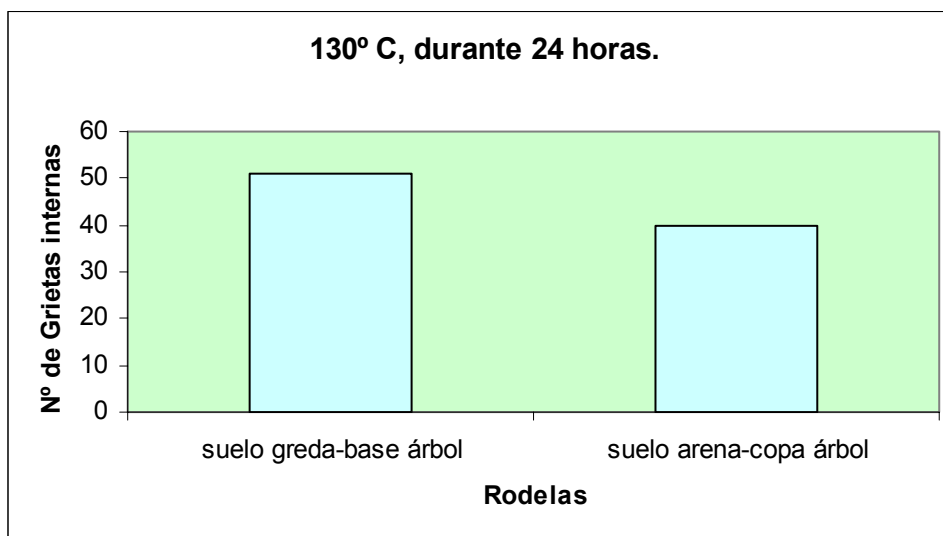


FIGURA N° 16: SECADO DE RODELAS A 130° C, DURANTE 24 HORAS.

4.3.5. Grietas capilares en anillos de crecimiento

En ninguna de las 2 clases de rodela las grietas capilares aparecieron más allá del anillo número 16, lo que concuerda con los datos recogidos en la literatura (McConchie 1999), anexo N° 5.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES

- El secado industrial del pino radiata de 46 mm de espesor puede ser mejorado introduciendo cambios en la selección de la madera antes del secado, en particular la procedencia y el tipo de madera.
- Los factores identificados más relevantes que condicionan las grietas capilares en el presente estudio son el tipo de madera y la procedencia.
- Al caracterizar la madera en la zona que presentó mayor cantidad de grietas, los factores más relevantes son el tipo de suelo y la altura de corte en el árbol.
- Al estimar la propensión al agrietamiento interno en las rodela, la propiedad que presentó mayor variación fue la densidad básica.
- En el ensayo de secado a 70 ° C durante 24 horas, las rodela obtenidas desde un suelo gredoso y la base del árbol obtuvieron una menor cantidad de grietas capilares que las rodela obtenidas desde un suelo arenoso y base del árbol, lo contrario ocurrió a 130 °C.
- En ninguna rodela, la grieta capilar se encontró más allá del anillo número 15.

CAPITULO 6: RECOMENDACIONES

- Separar la madera central y lateral antes de ingresarla a las cámaras de secado, y crear programas de secado, con el fin de disminuir la aparición de grietas capilares.
- Aumentar la oferta a los trozos de diámetros mayores, para la mayor obtención de madera lateral y la disminución de grietas capilares.
- Separar la madera por procedencias antes de ingresarla a las cámaras de secado y crear programas de invierno para cada una de las procedencias.
- Coordinar la entrada de paquetes de madera a las cámaras de acuerdo a su estadía en patio, debido a que la madera con mayor estadía en patio presenta mayor cantidad de grietas internas, debido a su exposición a condiciones climáticas incontrolables.

CAPITULO 7: BIBLIOGRAFIA

BALL, R.D.; McCONCHIE, M.; COWN, D.J. 2005."Intra-ring checking in a study of 29 clones—evidence for associations with SilviScan variables". Fifth Workshop IUFRO S5.01.04, Waiheke Island, Auckland, New Zealand. 9pp.

BALL, R.D.; McCONCHIE, M.; COWN, D.J. 2005."Evidence for associations between SilviScan-measured wood properties and intraring checking in a study of twenty-nine 6-year-old *Pinus radiata*". *Can. J. For. Res.* 35:1156-1172.

BALL, R.D.; McCONCHIE, M.; COWN, D.J. 2001."Heritability of internal checking in *pinus radiata*-evidence and preliminary estimates" *New Zealand Journal of Forestry Science* 31(1):78-87.

BOOKER, R.E, 1994. "Internal checking and collapse which comes first?" NZ Forest Research Institute. 4th IUFRO International Wood Drying Conference, p. 133-140.

BOOKER, R.; HASLETT, A.N. 2001. "Acoustic emission study of within-ring internal checking in *radiata pine*". 12th International Symposium on Nondestructive Testing of Wood 6(3): 1-7.

BOOKER, R.; HASLETT, A.N. 1994. "Internal checking in *radiata pine* monitored by acoustic emission". 4th IUFRO International Wood Drying Conference, p. 345.

COWN, D. J.; McCONCHIE, D. 2000. "Internal checking". *Wood Processing Newsletter. Forest Research Issue N° 27.* 2pp.

FRI. 2003. "What effects do genetics and site have on internal checking?". *Forest Research Newsletter N° 4,* 1 pp.

HASLETT, A.N. 1998. "Drying random width lumber for remanufacturing" *New Zealand Forest Research Institute.* 10 pp.

KININMORTH, J.A. 1991. "Properties and uses of *New Zealand radiata pine*". *New Zealand Ministry of Forestry, Forest Research Institute.*

KUMAR, S. 2004. "Genetic parameter estimates for wood stiffness, strength, internal checking and resin bleeding for *radiata pine*". *Can. J. For. Res.* 34:2601-2610.

MACLAREN, P. 2002. "Wood quality of the pine on form sites a review of the issues". *Forest & Farm Plantation Management Cooperative. Piers Maclaren & Associates Ltd, Report N° 80,* 3pp.

McCONCHIE, D.L.1999. "An update on within-ring internal checking including a procedure to identify logs prone to form check during drying". Proceedings of 3rd Wood Quality Symposium. "Emerging Technologies for Evaluating Wood Quality for Wood Processing". New Zealand Forest Research Institute, Rotorua.

MILLER, W.; SIMPSON I. 1992. "Collapse associated internal checking in radiata pine". 3rd IUFRO International Wood Drying Conference, 298-398.

MONTGOMERY, D. 1996. "Diseño y análisis de experimento" Capítulo 7. Grupo Editorial Iberoamericana , México.

OLYKAN, S. 2004. "Forest nutrition- boron". Southern Tablelands Farm Forestry Network Newsletter, 2 pp.

PANG, S.; ORCHARD, R.; McCONCHIE, D. 1999. "Tangential shrinkage of *Pinus radiata* earlywood and latewood, and its implication for within-ring internal checking". New Zealand Journal of Forestry Science 29(3):484-491.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Cantidad de piezas utilizadas en cada experimento para el análisis comparativo de la madera y caracterización de la madera en el proceso de secado.

Procedencias	Tipo de corte	Tipo de madera	N° de Piezas
Zona 1	Tangencial	Central	52
Zona 1	Tangencial	Lateral	60
Zona 1	Tangencial	Mixto	44
Zona 1	Radial	Central	48
Zona 1	Radial	Lateral	41
Zona 1	Radial	Mixto	42
Zona 1	Mixto	Central	47
Zona 1	Mixto	Lateral	50
Zona 1	Mixto	Mixto	40
Zona 2	Tangencial	Central	42
Zona 2	Tangencial	Lateral	65
Zona 2	Tangencial	Mixto	44
Zona 2	Radial	Central	58
Zona 2	Radial	Lateral	51
Zona 2	Radial	Mixto	44
Zona 2	Mixto	Central	41
Zona 2	Mixto	Lateral	44
Zona 2	Mixto	Mixto	48

ANEXO N° 2

Cantidad de piezas utilizadas en cada experimento para la caracterización de la madera en el proceso de secado en zona 1.

Tipo de suelo	Corte del Trozo	Tiempo en Patio,	N° de Piezas
Suelo Arenoso	Copa Árbol	Mas de 10 días	53
Suelo Arenoso	Copa Árbol	Menos de 10 días	56
Suelo Arenoso	Base Árbol	Mas de 10 días	60
Suelo Arenoso	Base Árbol	Menos de 10 días	51
Suelo Gredoso	Copa Árbol	Mas de 10 días	54
Suelo Gredoso	Copa Árbol	Menos de 10 días	55
Suelo Gredoso	Base Árbol	Mas de 10 días	50
Suelo Gredoso	Base Árbol	Menos de 10 días	51

ANEXO Nº 3

Características de rodela utilizadas en laboratorio.

RODELA	ANILLOS	DIAMETRO(cm)	PESO HUMEDO(g)	PESO SECO(g)	Chi %	VOLUMEN(cm3)	DENSIDAD(g/cm3)
1	22	30	1082	535	102,2	1188	0,450
2	17	26	956	486	96,7	1069	0,455
3	18	26	795	385	106,5	1069	0,360
4	18	28	926	458	102,2	1188	0,386
5	16	22	651	307	112,1	891	0,345
6	17	22	752	333	125,8	1129	0,295
7	20	26	854	425	100,9	1045	0,407
8	17	28	943	492	91,7	1188	0,414
9	23	28	936	405	131,1	1065	0,380
10	20	26	859	384	123,7	1125	0,341
11	18	26	796	402	98,0	1069	0,376
12	16	24	842	411	104,9	948	0,434
13	17	24	856	395	116,7	1025	0,385
14	18	24	958	436	119,7	1025	0,425
15	22	32	1025	479	114,0	1069	0,448
16	18	24	841	352	138,9	891	0,395
17	16	28	758	368	106,0	1065	0,346
18	19	24	769	326	135,9	745	0,438
19	20	28	826	427	93,4	891	0,479
20	21	28	984	415	137,1	795	0,522

ANEXO N° 4

Obtención de densidad básica para caracterización de rodela.

Densidad Básica = Peso Seco rodela / Volumen Verde rodela.

Volumen Rodela = $\pi * r^2 * h$.

Donde: r = radio del recipiente.

$\pi = 3.14$

h: altura que subió el agua en el recipiente al sumergir la rodela.

NOTA: Diámetro de recipiente utilizado: 27.5 cm.

ANEXO N° 5

Cantidad de grietas en anillos de crecimiento de rodela a 70 °C durante 24 horas.

70 °C POR 24 HORAS

		ANILLOS DE CRECIMIENTO																			TOTA
RODELA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1																					0
2	1	1																			2
3									1	1	2	1									5
4				1	1	2	2	1	1	1	1	1	1		1						13
5																1					0
6																					0
7																					0
8																					0
9							1					1									2
10								1	2												3
11							1	2			1		1								5
12								1	1												2
13																					0
14					1				1												2
15																1					1
16																					0
17					1	1	1				1	1	1			1					7
18								1	1			1									3
19																					0
20																					0

Cantidad de grietas en anillos de crecimiento de rodela a 130 °C durante 24 horas.

130°C POR 24 HORAS,

		ANILLOS DE CRECIMIENTO																			TOTAL
ANILLO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1						1	1			1											3
2						1		1	1	1	1	2									6
3							2	1	1	1	1										6
4							1	1	1			1									5
5					1	1									2						2
6							2	2			1										5
7		1	1	1							1		1								5
8					2			1			1			1							4
9			1			1			1	1	1										5
10					1		2		1		1	1	1	1		1					8
11						1		1	2	2	1	2									9
12							1		1	1	1	2									6
13																					0
14							1	1			1	1	1								5
15																2					2
16																					0
17			1		1	1		1	2	3	1				1						11
18							1		2		1										4
19									1	1	1										3
20					1					1											2

ANEXO N° 6

Cuestionario utilizado para caracterización de madera en Zona 1.

- 1) Nombre Proveedor:
Sector:
- 2) Del mismo predio entrega :
 - a) Menos de 10 m³.
 - b) Entre 10 y 30 m³.
 - c) Más de 30 m³.
- 3) Tipo de suelo:
 - a) Arenoso.
 - b) Gredoso.
- 4) Humedad del suelo:
 - a) Seco.
 - b) Húmedo.
- 5) Edad de la plantación:
 - a) Menos de 25 años.
 - b) Entre 25 y 50 años.
 - c) Más de 50 años.
- 6) Parte del árbol del que extrae la madera:
 - a) Base.
 - c) Copa.
- 7) Diámetro del tronco:
 - a) Menor a 24.
 - b) Entre 30 y 40.
 - c) Mayor a 40.

Preguntas	Alternativas			Nº Respuestas
	a	b	c	
1	-	-	-	70
2	8	9	4	21
3	35	17	-	52
4	11	7	-	18
5	4	8	3	15
6	22	25	-	47
7	28	25	17	70



ANEXO N° 7

Resultados de la identificación de los factores de las proporciones de los tratamientos transformadas a variable continua. Para esto que se le extrae la raíz, y luego se les aplica $Y = \arccos(p)^{1/2}$.

Procedencias	Tipo de corte	Tipo de madera	% Grietas	Raíz Proporción	ASENO
Zona 1	Tangencial	Central	0,089	0,297	0,402
Zona 1	Tangencial	Lateral	0,098	0,314	0,201
Zona 1	Tangencial	Mixto	0,073	0,270	0,274
Zona 1	Radial	Central	0,155	0,394	0,405
Zona 1	Radial	Lateral	0,136	0,369	0,259
Zona 1	Radial	Mixto	0,148	0,385	0,395
Zona 1	Mixto	Central	0,087	0,294	0,399
Zona 1	Mixto	Lateral	0,180	0,424	0,234
Zona 1	Mixto	Mixto	0,070	0,264	0,268
Zona 2	Tangencial	Central	0,081	0,284	0,288
Zona 2	Tangencial	Lateral	0,122	0,349	0,174
Zona 2	Tangencial	Mixto	0,125	0,354	0,288
Zona 2	Radial	Central	0,066	0,256	0,259
Zona 2	Radial	Lateral	0,029	0,171	0,171
Zona 2	Radial	Mixto	0,008	0,092	0,092
Zona 2	Mixto	Central	0,111	0,333	0,346
Zona 2	Mixto	Lateral	0,062	0,249	0,185
Zona 2	Mixto	Mixto	0,084	0,289	0,294

Para las proporciones de los 8 experimentos con los factores tipo de suelo, altura de corte y tiempo de estadía en patio; se obtuvo la siguiente tabla:

Tipo de suelo	Altura de corte	Tiempo en patio	% de grietas	Raíz proporción	ASENO
Suelo Arenoso	Copa Árbol	Mas de 10 días	0,198	0,445	0,461
Suelo Arenoso	Copa Árbol	Menos de 10 días	0,203	0,451	0,467
Suelo Arenoso	Base Árbol	Mas de 10 días	0,137	0,370	0,379
Suelo Arenoso	Base Árbol	Menos de 10 días	0,106	0,326	0,332
Suelo Gredoso	Copa Árbol	Mas de 10 días	0,145	0,381	0,391
Suelo Gredoso	Copa Árbol	Menos de 10 días	0,126	0,355	0,363
Suelo Gredoso	Base Árbol	Mas de 10 días	0,0765	0,277	0,280
Suelo Gredoso	Base Árbol	Menos de 10 días	0,0513	0,226	0,228