



Universidad Austral de Chile
Facultad de Ciencias Forestales

**Tendencias de crecimiento para
Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco
bajo tres tratamientos de raleo en el predio
Las Palmas – Provincia de Valdivia**

Patrocinante: Sr. Víctor Sandoval V.

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

MATHIAS WITT FUCHS

VALDIVIA CHILE
2003

CALIFICACIÓN DEL COMITÉ DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Víctor Sandoval Vásquez	<u>5.8</u>
Informante:	Sr. Ruben Peñaloza Wagenknecht	<u>6.2</u>
Informante:	Sr. Mario Meneses Villanueva	<u>5.0</u>

El Patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido 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. Víctor Sandoval V.

Resumen Ejecutivo

El presente Trabajo de Titulación constituye un estudio de la respuesta a tres distintas intensidades de raleo efectuadas en un rodal de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) de 28 años de edad en el fundo Las Palmas, Provincia de Valdivia. En dicho rodal se realizó un raleo por lo bajo en enero de 2001, con tres intensidades de extracción; 20-25%, 30-35% y 40-45% del área basal, dejándose una franja testigo sin intervenir.

Los objetivos de este trabajo fueron el describir la estructura actual del rodal, describir el crecimiento del rodal y evaluar las respuestas a los diferentes tratamientos de raleo efectuados.

Para tal efecto se instalaron cuatro parcelas, una en cada situación de intervención para la obtención de los datos descriptivos del rodal (diámetros y alturas) y se voltearon cinco arboles en cada una de ellas, para realizar un análisis fustal.

La descripción del rodal se efectuó en términos de distribución de diámetros, índices de densidad de Reineke y de Curtis, diámetros y alturas representativas del rodal y volumen actual del rodal.

Con la información obtenida del análisis fustal se procedió a cubicar el volumen de cada árbol, usando la fórmula de Smalian, por otra parte, con la información del incremento anual en diámetro de los últimos cinco años, se compararon los incrementos en crecimiento en términos de DAP, DMC, porcentaje de incremento volumétrico y diferencias del IAP.

También se realizó un test de Freese para evaluar la significancia de la diferencia del incremento volumétrico de las situaciones intervenidas con respecto a la situación testigo.

De los resultados obtenidos puede establecerse que las mejores respuestas se observaron para las situación con el tratamiento intermedio y el tratamiento más fuerte, dependiendo del criterio con el cual se evaluó la respuesta.

Palabras clave: Pino oregón, análisis fustal, densidad, raleo, crecimiento volumétrico.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Antecedentes generales sobre <i>Pseudotsuga menziesii</i>	2
2.1.1 Distribución natural	2
2.1.2 Distribución en Chile	3
2.1.3 Silvicultura y crecimiento	3
2.1.4 Importancia económica	4
2.2 Densidad de rodales	5
2.3 Análisis Fustal	6
3. DISEÑO EXPERIMENTAL	7
3.1 Área de estudio	7
3.2 Materiales	8
3.3 Metodología	8
3.3.1 Parcelas de muestreo	8
3.3.2 Análisis Fustal	9
3.3.3 Evaluación de respuestas al raleo	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	12
4.1 Descripción general del rodal	12
4.1.1 Densidad	12
4.1.2 Análisis Fustal	14
4.2 Distribución diamétrica	15
4.3 Incremento en diámetro	16
4.4 Volúmenes	17
4.4.1 Distribución volumétrica	17
4.4.2 Volumen total	18
4.4.3 Volumen Proyectado	19
4.5 Incrementos volumétricos	20
4.5.1 Incremento volumétrico porcentual	20
4.5.2 Incremento Anual Porcentual del IAP	21
4.6 Comparación tendencias de crecimiento	22
5. CONCLUSIONES	24
6. BIBLIOGRAFÍA	25
ANEXOS	

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
Cuadro 1. Superficie nacional y regional de pino oregón	3
Cuadro 2. Historial silvícola del rodal estudiado	7
Cuadro 3. Variables obtenidas, unidad de medición y su objetivo	9
Cuadro 4. Valores medios de variables medidas	12
Cuadro 5. Valores de RD de Curtis	12
Cuadro 6. Valores para IDR de Reineke	13
Cuadro 7. Incrementos promedio en DAP período post y pre-raleo	15
Cuadro 8. DMC antes del raleo, actual e incremento porcentual	16
Cuadro 9. Volumen total por tratamiento	19
Cuadro 10. Volumen actual y proyectado a la edad de 35 años	19
Cuadro 11. Tasas porcentuales de incremento volumétrico	20
Cuadro 12. IAP de las parcelas medidas	21
Cuadro 13. Variación porcentual del IAP	22
Cuadro 14. Resumen de parámetros evaluativos de tratamientos	23
Cuadro 15. Valores de X -cuadrado tabulado y calculado	23

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1. Distribución natural de pino oregón	2
Figura 2. Rodelas de análisis fustal	6
Figura 3. Posición del rodal en el fundo Las Palmas	7
Figura 4. Perfil para últimos 5 años del árbol nº 14	14
Figura 5. Tendencias de distribución de DAP observados	15
Figura 6. Volumen por tratamiento y clase diamétrica	17
Figura 7. Volumen total por tratamiento	18
Figura 8. Volumen actual y proyectado a 35 años de edad	20
Figura 9. Comparación de porcentajes de crecimiento 3 años pre-raleo y 2 años post-raleo	21

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, existen en Chile dos millones de hectáreas de plantaciones de especies forestales exóticas, principalmente *Pinus radiata* D.Don., seguido por *Eucalyptus* spp. y en tercer lugar *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco o pino oregón, ocupando un 0,7% de la superficie nacional plantada, vale decir, alrededor de 14.000 hectáreas (INFOR, 2001a).

Esta especie se ofrece como una interesante alternativa de diversificación, debido a las cualidades de su madera, la buena adaptación y el rápido crecimiento que logra en Chile, así como el potencial que existe en Chile para plantar esta especie.

Las cualidades de esta madera son reconocidas a nivel nacional como internacional, pese a ello no existe una adecuada información del crecimiento y rendimiento de esta especie en Chile, lo cual constituye un vacío que debe ser cubierto con la información pertinente.

En este trabajo se analizará específicamente un rodal de pino oregón plantado en 1972, el cual se encuentra subdividido en tres sub-rodas sometidos a raleos de distinta intensidad, más una franja testigo sin tratamiento silvícola.

En este contexto, el objetivo general de esta investigación es analizar el volumen y desarrollo de un rodal de pino oregón situado en el fundo Las Palmas (propiedad de Centro Experimental Forestal, CEFOR) bajo tres distintos espaciamientos (densidades).

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Descripción de las estructuras del rodal y sus distintos tratamientos
- Describir el crecimiento del rodal mediante análisis fustal
- Evaluar la respuesta de crecimiento a las diversas intensidades de raleo efectuadas

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes generales sobre *Pseudotsuga menziesii*

2.1.1 Distribución natural

El pino oregón, (*Pseudotsuga menziesii*), también conocido como *douglas-fir*, abeto douglas, douglasia o simplemente douglas, es una conífera originaria del occidente de Norteamérica y que ocupa un área muy vasta que va desde México (lat. 12° N) al estado canadiense de Columbia Británica (lat. 55° N), en un recorrido de más de 4.500 km., y desde la costa del océano pacífico hasta las vertientes de las Montañas Rocallosas (Arenas *et.al.*, 2002.).

Dentro de esta especie encontramos variedades que se diferencian según el color de su follaje, forma del cono, tasa de crecimiento y distribución. La variedad *glauca* se encuentra en el interior, es decir en las Montañas Rocallosas, mientras la var. *menziesii* se distribuye a lo largo de la costa (INFOR, 1998).

Esta última variedad es considerada de mayor importancia, tanto en su país de origen como en los países introducidos, debido a su rápido crecimiento, sanidad, forma y características de su madera (INFOR, 1998).

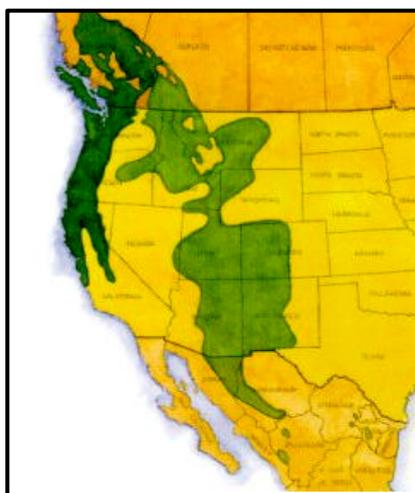


Figura 1. Distribución natural pino oregón (Arenas *et.al.*,s.f.)

En la figura 1 se observa la distribución natural de *Pseudotsuga menziesii* en Norteamérica, la variedad *glauca* representada en tono verde claro y var. *menziesii* en verde oscuro.

2.1.2 Distribución en Chile

En Chile, el pino oregón fue plantado en forma masiva desde la década de los ´50, para llegar a 14.286 ha en la actualidad, repartidas en las Regiones IX, X y XI, principalmente (INFOR, 2001b). La mayor cantidad de plantaciones de pino oregón se encuentra en la comuna de Villarrica (INFOR, 2000).

INFOR y CONAF (1998), identifican 5.178.852 hectáreas potenciales para el crecimiento de esta especie en todo el país, en las Regiones VIII, IX y X.

Cuadro 1. Superficie nacional y regional de pino oregón (INFOR, 2001b).

Región	Superficie (ha)
VI	2
VII	8
VIII	237
IX	6.270
X	4.662
XI	3.107
TOTAL	14.286

2.1.3 Silvicultura y crecimiento

Las plantaciones de pino oregón en Chile tienen su origen principalmente de plantas producidas en vivero, de 2 años de edad (tipo 1-1), que son establecidas a densidades entre 2500 (Fundo Voipir) y 640 pl/ha, en la mayoría de los casos (Celis, 1996).

Los tratamientos intermedios corresponden a raleos y podas, que comienzan antes de los 10 años de edad, debido a la mejor respuesta a los tratamientos (Delmastro, 1997). Según Weber* (2002), en Voipir históricamente no realizan las podas y raleos según un esquema fijo, sino según se determine la necesidad en el momento.

Delmastro (1997), indica que en sitios de calidad media no es recomendable realizar manejos en plantaciones mayores a 20 años, lo cual es confirmado por Nickel y Bown (2000), debido a que a partir de esa edad disminuye el incremento en DAP.

La edad óptima de rotación en Chile se encuentra entre los 29 y 36 años (Delmastro, 1997), calculada en base a criterios económicos (maximización del Valor Potencial del Suelo, VPS).

*Weber, L. 2002. Forestal Voipir. Comunicación personal.

Nickel y Bown (2000) determinan un esquema de manejo para pino oregón en Voipir, consistente en tres podas y raleos (10, 15 y 20 años), reduciendo la densidad de 2.000 a 250 – 500 pl/ha y podando hasta los 7,6 m de altura. Para este esquema de manejo la maximización del VPS se produce a los 35 años.

Otro uso para pino oregón es en el establecimiento de cortinas cortaviento, ya sea en forma pura o mezclada con otras especies, lo cual aparte de cumplir con la función que su nombre indica, permite obtener ingresos económicos (Barra*).

Los rendimientos conocidos para plantaciones en Chile son dependientes de edad y densidad de plantación. Para rendimientos en la provincia de Valdivia, INFOR (1998) cita a Contreras (1982), el cual en un rodal de 69 años de edad, densidad de 200 arb/ha, DAP medio de 53 cm, altura media de 39 m y volumen de 630 m³/ha, observa incrementos anuales en DAP de 0,64 cm y de 0,63 m en altura. También se cita a Rocuant (1967), que en una plantación de densidad 2.400 arb/ha, edad similar a la anterior observa incrementos medios de 0,54 cm en DAP y 0,55 m en altura.

En términos de incremento anual en volumen, Celis (1996) cita a diversos autores que identifican crecimientos de 13 y 15 m³/ha por año (Brun, 1963), 14,4 y 18,9 m³/ha por año (Contreras y Smith, 1973) y 27,7 m³/ha por año (Droppelmann, 1986). En Voipir, Weber informa de crecimientos promedio de 20 m³/ha al año.

2.1.4 Importancia económica

Pino oregón posee cualidades superiores a pino insigne, en cuanto a resistencia mecánica como resistencia a pudriciones, lo cual constituye una ventaja, además es una madera conocida en Chile y los mercados internacionales por éstas cualidades.

Los principales productos obtenidos de pino oregón son madera aserrada y tableros contrachapados, también se producen polines, postes, durmientes, marcos, madera aserrada, puertas y ventanas, pisos, muebles, chapas y terciados, terminaciones de interiores, cajones, madera laminada y pulpa Kraft (INFOR, 1998).

En Chile se producen anualmente 48.715 m³ de madera aserrada anuales (INFOR, 2000) entre las Regiones VIII, XI y X.

Los principales destinos de las exportaciones nacionales de éstos productos han sido Japón, Argentina, Alemania, Francia, Reino Unido, España, Filipinas, EUA, Costa Rica y México. El principal producto exportado es madera aserrada y cepillada.

En la provincia de Valdivia, se obtienen precios entre \$26.000 y \$35.000 por m³ puesto aserradero para madera aserrable, en la comuna de Villarica (Weber), ésta obtiene precios entre \$96.000 y \$336.000 por m³, para madera de grandes dimensiones y larga (> 6m). El precio para pulpa varía entre \$9.600 y \$20.000 por metro ruma.

*Barra, A. 2002. Instituto Forestal, Valdivia. Comunicación personal.

En términos del Valor Potencial del Suelo, las plantaciones de pino oregón no alcanzan cifras de magnitudes similares a las de pino insigne o eucaliptus, pero sin embargo constituyen un interesante negocio forestal.

Delmastro (1997) menciona que con tasas de interés de 8 y 10%, se pueden esperar valores de VPS de US\$ 1.644 y 518 por hectárea, respectivamente, para un rodal situado en la provincia de Valdivia (edad de rotación de 25 años). Nickel y Bown (2000) observan un VPS de US\$ 851 (tasa 8%) por hectárea, con una edad de rotación de 35 años y densidad final de 250 arb/ha en la comuna de Villarica.

2.2 Densidad de rodales

Densidad puede definirse como el grado en el cual los árboles ocupan o aprovechan una superficie determinada, usualmente una hectárea (Kramer y Açka, 1995), descrita mediante la relación de algún parámetro cuantificable (área basal, número de árboles, cobertura de copas).

La importancia de esta expresión radica en que, dentro de ciertos límites, mientras mayor sea el espacio que ocupe un árbol, mejor podrá crecer y rendir (Laserre, 2000). Debido a esto, las densidades de un rodal tienen una directa relación con los volúmenes y por ende los productos a obtener.

La densidad de una plantación se ve influenciada por tres factores: la densidad inicial, la mortalidad y los raleos efectuados. Un raleo es la extracción de un número determinado de árboles por hectárea con el objetivo de potenciar el crecimiento de los árboles remanentes.

Los criterios de raleo pueden basarse en el número de árboles por hectárea a extraer o a dejar, el área basal por hectárea a extraer o dejar u otros criterios (p.ej. experiencia del silvicultor).

Según el diámetro a altura de pecho (DAP) de los árboles extraídos, se clasifican en raleos por lo bajo (si se extraen los diámetros inferiores) o por lo alto (se extraen los diámetros mayores).

Una forma de caracterizar la densidad del rodal, es mediante el uso de índices de densidad, entre los cuales el más difundido es el *Índice de Densidad de Reinke*. Este se basa en el supuesto de que rodales naturales de una misma especie, a densidad completa y sin intervenciones, presentan siempre la misma densidad al alcanzar un diámetro medio cuadrático (DMC o D_g) dado (Cox *et.al*, 1993).

Otro índice utilizado corresponde al de densidad relativa (RD) de Curtis (1982), desarrollado para pino oregón de la costa pacífica de Norteamérica. Para este índice basado en el área basal y el diámetro medio cuadrático, Curtis señala que sufre un máximo biológico al llegar a 14 unidades, mientras que alrededor de 9,5 está su valor normal, observado en *Pseudotsuga menziesii* del noroeste de Norteamérica; para

determinar el número de árboles remanentes del primer raleo comercial, sugiere un valor no superior a 7 unidades.

2.3 Análisis fustal

El desarrollo y crecimiento de árboles individuales hasta su estado actual, pueden ser cuantificados de manera muy confiable mediante un análisis fustal (Kramer y Açka, 1995).

Este análisis fustal o análisis de tallo, consiste en la obtención de secciones transversales de un árbol a distintas alturas, separadas a distancias constantes entre sí. La información que otorga este método permite determinar la forma de un árbol, mediante la medición de su ahusamiento, que se define como la disminución en diámetro a medida que aumenta la altura del árbol.

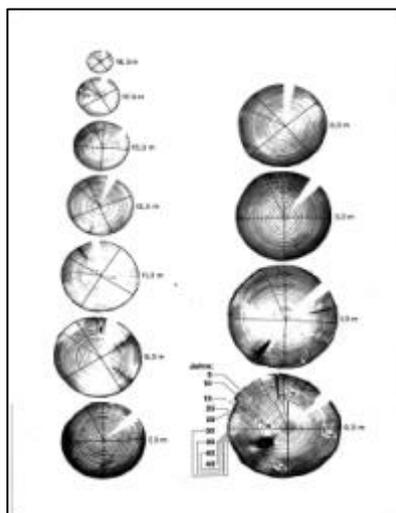


Figura 2. Rodajas de análisis fustal (Kramer y Açka, 1995).

Además permite obtener una precisa cubicación del fuste, en forma total o hasta ciertos diámetros límite (índices de utilización), y conocer los incrementos diamétricos periódicos y anuales del árbol.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Área de Estudio

El estudio se realiza en el fundo “Las Palmas”, propiedad de la Universidad Austral de Chile y que es administrado por el Centro Experimental Forestal (CEFOR). Este predio se encuentra a 18 km. al norte de la ciudad de Valdivia y posee una superficie de 360 ha.

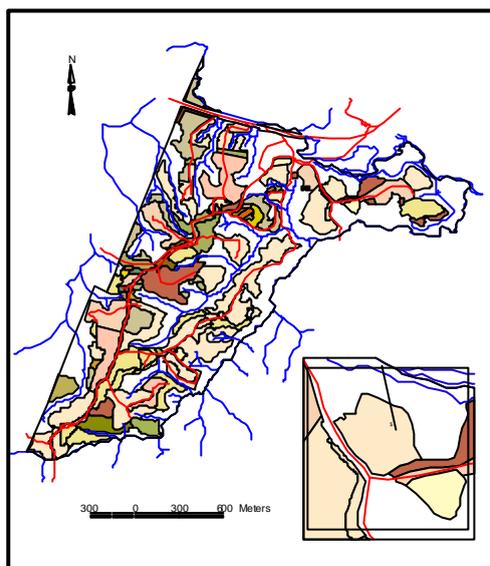


Figura 3. Posición del rodal dentro del Fundo Las Palmas

El rodal en estudio corresponde al N° 72003Pr del plano predial, con una superficie de 1,84 ha. Fue plantado en 1972 a una densidad de 2.000 pl/ha, sobre un suelo de uso anterior ganadero. Este rodal se encuentra subdividido en cuatro sub-rodales, para realizar un ensayo de respuesta a distintas intensidades de raleo.

Cuadro 2. Historial silvícola del rodal estudiado.

Año	Actividad	Intensidad
1972	Establecimiento	2000 pl/ha
1983	Raleo desecho	s. inf.
1995	Raleo comercial	600 arb/ha remanentes
2001	Raleo comercial	350, 410, 480, 600 arb/ha rem.

FUENTE: CEFOR, 2002

Además fue realizada una poda hasta los 6 m de altura, sobre cuyo año de ejecución no existe información.

El criterio para la intensidad del último raleo fue la extracción del 20-25%, el 30-35% y el 40-45% del área basal por hectárea de cada sub-rodal. Por lo tanto se tienen cuatro situaciones de densidad (una testigo y tres intervenidas) a partir del raleo del año 2001, el cual fue realizado durante el mes de enero. Además del criterio de intensidad, el raleo fue efectuado por lo bajo, dejando en pie los árboles más gruesos. Sobre este último raleo se fundamenta la investigación realizada, al evaluar cual intensidad de raleo fue la más adecuada en términos de incremento volumétrico para este rodal.

El suelo del área de estudio corresponde a la serie Los Ulmos, suelos rojo arcillosos, originados por cenizas volcánicas antiguas depositadas sobre complejo metamórfico (Dondero 2001). La topografía corresponde a un lomaje suave con un 20-25% de pendiente.

El clima dominante en el área de estudio es del tipo marítimo templado frío lluvioso, con abundancia de precipitaciones en los meses de invierno y disminuyendo en verano, con un promedio de 2000 mm de precipitaciones anuales. La temperatura media anual es de 11° C y la humedad relativa promedio es de un 76% (Dondero, 2001).

3.2 Materiales

Para este estudio se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Motosierra: para voltear los árboles muestra y obtener las rodelas necesarias para el análisis fustal.
- Huincha métrica de 50m: para medir las parcelas y sub-parcelas, también para establecer la posición X e Y de cada árbol de las parcelas.
- Forcípula: para medir los DAP
- Forcípula Finlandesa: para medir diámetros a siete metros de altura
- Hipsómetro: para medir las alturas totales y de comienzo de copa de los árboles.
- Regla graduada al milímetro: para medir los espesores de cada anillo de crecimiento en las rodelas.
- Brújula: para orientar las parcelas.

3.3. Metodología

3.3.1 Parcelas de muestreo

En cada una de las cuatro situaciones existentes (tres intervenidas y una testigo) se instaló en forma dirigida una parcela rectangular de 1.200 m² de superficie (40 x 30 m), en la cual se midieron para cada árbol sus parámetros descriptivos (ver cuadro 3), solamente las variables D_i y H_i no fueron medidas en todos los árboles, sino que en una muestra determinada en forma dirigida. Las parcelas se orientaron con su eje principal en la dirección Norte-Sur.

Cuadro 3. Variables a obtener, unidad de medición y su objetivo.

Variable	Unidad	Objetivo
Densidad	Nº árb/ha	Determinar espaciamiento del rodal
DAP	cm	Determinar volumen individual y total
D _i	cm	Descripción del rodal
H _i	m	Descripción del rodal
Altura total (H _t)	m	Determinar volumen individual y total
Alt. com. copa (H _{cc})	m	Descripción del rodal
IMA en diámetro	cm	Evaluar crecimiento en diámetro y su proyección

La descripción estadística mediante el uso de parámetros descriptivos de las variables obtenidas, se realizó usando el software estadístico Systat.

3.3.2 Análisis Fustal

En cada una de las cuatro cada sub-parcelas se voltearon cinco árboles para ser sometidos a un análisis fustal. Éstos se escogieron en forma dirigida, dos en la clase diamétrica siguiente a la menor, dos en la clase del DAP medio y uno en la clase superior. De estos se cortaron una rodela desde los 0,3 m de altura (correspondientes al tocón) en distancias constantes de 2 m hasta un diámetro límite de 10 cm, comenzando a los 3,60 m desde el tocón para permitir un aprovechamiento comercial de la troza basal.

Con las rodelas se procedió a obtener el incremento anual periódico (IAP) de los tres años previos al raleo y los dos posteriores. El IAP considera el incremento promedio de los *n* años definidos, en este caso dos o tres.

La información generada de este análisis también nos permitió calcular en forma muy precisa el volumen del tronco, mediante el uso de la fórmula de Smalian.

$$V_i = \frac{(d_1 + d_2)^2 \pi * L}{4} \quad (1)$$

Donde:

V_i = volumen de la i-ésima sección del árbol (m^3)
 d_1, d_2 = diámetros superiores e inferiores de la sección (m)
 L = largo de la sección (m)

Esta fórmula nos permitió obtener el volumen del tronco hasta un límite de 0,1m de diámetro superior, el volumen superior se calculará mediante la fórmula del cono (Kramer y Açka, 1995):

$$V_c = 1/3 * d_s^2 * \pi * L_c \quad (2)$$

Donde:

V_c = volumen del cono o punta (m^3)
 d_s = diámetro mayor de la última sección (m)
 L_c = largo del cono o punta (m)

Además, se construyeron gráficos que describen la forma del árbol, de las cuales se puede inferir el diámetro a las diferentes alturas del árbol en los cinco últimos años.

3.3.3 Evaluación de respuestas al raleo

Con la información del análisis fustal y el muestreo árbol a árbol de las parcelas, se calcularon los parámetros descriptivos de rodal, diámetros y alturas medias y luego se construyeron tablas de rodal para cada situación analizada.

Luego, con el IAP de los últimos cinco años conocido (tres pre-raleo y dos posteriores) y la función de volumen encontrada por Sáez (1997), se proyecta la tabla de rodal a cinco años, mediante el método propuesto por Husch *et.al.* (1972), que supone que los árboles se encuentran repartidos en forma pareja dentro de cada clase diamétrica y que crecen a una tasa promedio.

La función de volumen es:

$$V = -0.03976963 + 0.00005711 * DAP^2 + 0.00313774 * HT + 0.00002762 * DAP^2 * HT(3)$$

Donde:

V = volumen en m^3
 DAP = diámetro a la altura del pecho (cm)
 HT = altura total (m)

Como medida comparable del incremento volumétrico entre las parcelas, se calculó una tasa porcentual de crecimiento, propuesta por Husch (1972), para los tres años pre-raleo y los dos años post-raleo.

$$P_1 (\%) = [(V_f - V_i) / (n^{\circ} \text{ años} * V_i)] * 100 \quad (4)$$

Donde:

P_1 = porcentaje de incremento

V_f = volumen al final del período en m^3/ha

V_i = volumen al inicio de período en m^3/ha

Este método es el único que considera el valor inicial del volumen (previo al raleo) en su cálculo, por lo cual es el más adecuado para determinar la respuesta al tratamiento realizado.

Con los volúmenes y los incrementos porcentuales calculados, se procedió a comparar los valores promedio anuales (en m^3 y porcentuales) de los tres años previos al raleo con los dos años posteriores a éste, determinándose así cual tratamiento tuvo la mejor respuesta, además de evaluar la respuesta con respecto a la situación testigo no intervenida.

Al calcularse los volúmenes del período pre-raleo, se asumió que la densidad era la misma en todo el rodal (608 arb/ha) y que la distribución diamétrica era similar a la que actualmente presenta la parcela testigo, lo cual puede causar imprecisiones en algunos cálculos efectuados.

Adicionalmente se realizó un análisis estadístico para determinar la significancia de la diferencia de incremento entre las parcelas intervenidas y la parcela testigo mediante el test de Freese (ver Anexo 4).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción general del rodal

Para dar una visión más completa de la estructura actual del rodal y de las cuatro situaciones estudiadas, en el cuadro 4 se presentan los valores promedio descriptivos de las principales variables medidas.

Cuadro 4. Valores medios de variables medidas.

Variable	Unidad	Tratamiento N°			
		1	2	3	Testigo
Densidad	N° arb/ha	292	375	417	608
DAP	(cm)	38,9	36,4	35,1	32,4
D7	(cm)	32,4	29,8	28,7	26,8
Hcc	(m)	15,6	14,6	13,6	13,6
Ht	(m)	26,9	24,8	25,1	25,6

NOTA: D7 = DAP a 7 m altura

La información de densidad del cuadro 4 resulta bastante diferente de la proporcionada por CEFOR (cuadro 2), la densidad observada es considerablemente menor en las parcelas intervenidas, solamente en la parcela testigo es coincidente con la información anterior.

En cuanto a los valores de DAP y D7, se observa que éstos disminuyen a medida que aumenta la densidad de las parcelas, tendencia similar también se aprecia en las alturas medidas. Estas diferencias pueden explicarse porque el raleo realizado se efectuó por lo bajo, es decir se extrajeron los diámetros menores, lo cual a su vez explica el comportamiento similar de las alturas, debido a la estrecha correlación entre ambas variables.

4.1.1 Densidad

Para describir la densidad existente en las cuatro parcelas observadas, se calcularon los índices de Curtis y Reineke (ver anexo 3).

RD de Curtis: Los valores calculados para el cociente RD de Curtis (1982) se presentan en el cuadro 5.

Cuadro 5. Valores de RD de Curtis para las parcelas.

Tratamiento	Valor RD
1	5,61
2	6,38
3	6,77
Testigo	8,72

Los valores calculados para el rodal estudiado, están muy por debajo de los observados en Norteamérica y el hecho de que no se haya utilizado antes este cociente en Chile, lo hace ser un dato adicional no comparable con otras situaciones, sino que sólo permite una comparación entre los rodales estudiados.

El rodal testigo presenta el mayor valor de RD por un amplio margen, mientras que los valores de las parcelas 2 y 3 tienen valores más semejantes. El valor de la parcela 1 tiene un valor considerablemente más bajo que las anteriores.

Todos los valores de este índice están por debajo del valor de 9.5, considerado en Norteamérica como el valor normal de una densidad adecuada. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que por condiciones de crecimiento distintas en Norteamérica que en Chile, éstos valores no son comparables.

IDR de Reineke: Los valores de este índice de ocupación de rodal calculados con el software SVS (Stand Visualisation System) se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Valores para IDR de Reineke.

Tratamiento	Valor IDR
1	140,1
2	163,7
3	191,8
Testigo	248,9

Se observa que el ID Reineke tiene una directa relación con la densidad, aumenta en igual medida que aumenta la densidad. Así encontramos una gran diferencia entre la tercera y la última parcela debido a la gran diferencia de densidad entre ambas, mientras que los valores de las parcelas intervenidas se encuentran en un rango más estrecho.

4.1.2 Análisis Fustal

La construcción del perfil de un árbol permite observar su forma, en este caso la forma que ha tenido en los últimos cinco años, los diámetros que presenta a diferentes alturas y de esta manera su ahusamiento, para el caso expuesto del árbol nº 14, de altura total 26 m y DAP de 34,5 cm, el cual se situaba en la parcela nº 3.

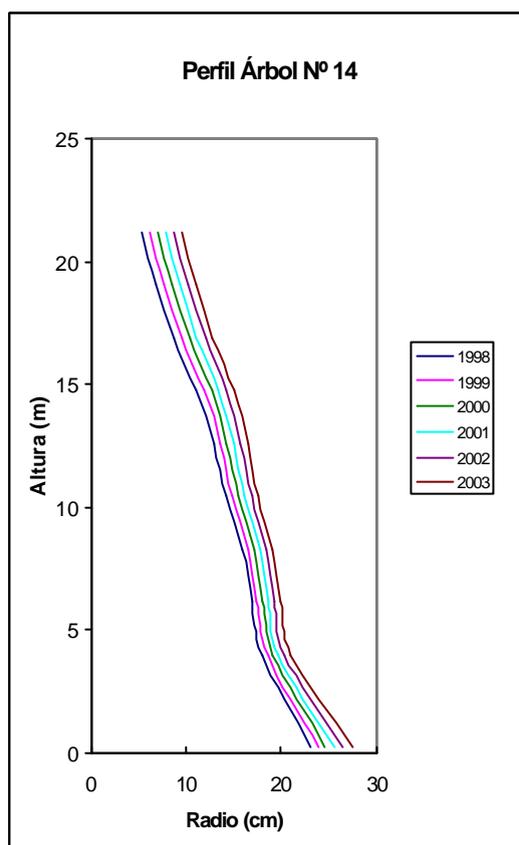


Figura 4. Perfil para últimos 5 años del árbol nº 14.

En la figura 4 se puede observar que el espacio entre las curvas de perfil anual aumenta a medida que se asciende por el árbol, especialmente a partir de los siete metros de altura. Esto se debe a que no hay ramas vivas en este tramo del tronco, y a medida que la altura es mayor, también aumenta la proporción de copa viva en actividad fotosintética, produciendo una mayor acumulación de carbohidratos en dicha área, así aumentando los diámetros del fuste.

Cuadro 7. Incrementos promedio en DAP período post y pre-raleo.

Tratamiento	Incremento anual promedio DAP (cm)	
	Pre-raleo	Post-raleo
1	0.648	0.654
2	0.664	0.709
3	0.620	0.622
Testigo	0.522	0.401

En el cuadro 7 se aprecian los incrementos medios anuales en DAP observados para cada uno de los tratamientos. Se destaca el tratamiento 2, el cual logra en ambos períodos (pre- y post-raleo) los valores más altos, seguido por la situación 1 y por último la 3. El testigo es el único que disminuye su incremento en DAP entre el período previo al raleo y el posterior, además de tener un incremento menor desde un principio.

4.2 Distribución diamétrica

La figura 5 muestra en resumida forma las tendencias de distribución diamétrica de las cuatro parcelas muestreadas. La curva de tendencia de la parcela 1 muestra una distribución levemente asimétrica, producto de la ausencia de diámetros en la clase diamétrica inferior y un DAP promedio mayor a las demás parcelas.

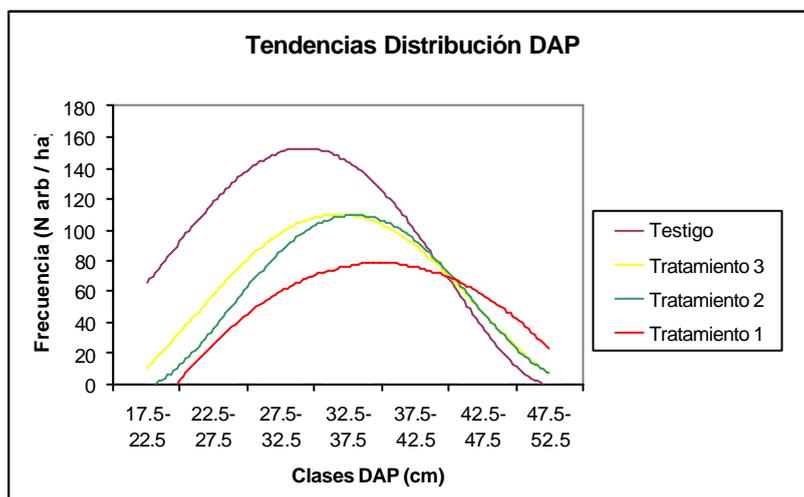


Figura 5. Tendencias de distribución de DAP observadas.

El tratamiento 1 presenta una leve desviación hacia los diámetros mayores, además de no presentar individuos en la clase diamétrica menor, mientras que la parcela del tratamiento 2 presenta una distribución muy simétrica asemejándose a una campana

de Gauss, correspondiente a la distribución normal. Similar tendencia puede observarse para el tratamiento 3, aunque con una leve desviación hacia los diámetros inferiores.

El desplazamiento de las distribuciones diamétricas hacia los diámetros mayores, sobre todo en el caso de la parcela 1, se debe al raleo por lo bajo realizado, en el cual se extrajeron los diámetros menores.

En el caso de la parcela testigo, ésta, por presentar más diámetros inferiores, tiene una distribución sesgada hacia el lado izquierdo del gráfico, tal como se aprecia en la figura.

4.3 Incremento en diámetro

Un indicador de la respuesta al raleo, es el desarrollo en diámetro que presenta el rodal después de su intervención. En el cuadro 8 se presentan los valores del DMC antes del raleo y actuales, obtenidos del análisis fustal, para las cuatro situaciones observadas.

Cuadro 8. DMC antes del raleo, actual e incremento porcentual .

	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo
DMC actual (cm)	39.13	36.27	35.15	32.43
DMC pre-raleo (cm)	37.74	34.92	33.87	31.43
Incremento (%)	3.56	3.72	3.65	3.08

Como base de esta discusión se considera el incremento en el valor del DMC registrado en los dos años siguientes al raleo. La expresión del incremento porcentual con respecto al valor inicial antes del raleo nos indica que, en general, los tres tratamientos tuvieron una respuesta favorable, si se comparan con la parcela testigo.

La mejor respuesta al raleo realizado se observa en la parcela 2, que aumenta su DMC en 3,72%, seguida muy de cerca por la parcela 3, con 3,65%. La parcela 1 presenta un incremento algo inferior con 3,56%.

Además se observa que las parcelas 2 y 3 tienen un DMC más cercano entre sí que la parcela 2 con la 1, esta última presenta un DMC bastante mayor que los otros dos tratamientos, la parcela testigo a su vez presenta también un DMC bastante inferior a la 3.

Con respecto a la situación testigo, ésta nuevamente presenta un incremento menor a las demás situaciones, además de presentar ya en el período previo al raleo un DMC bastante inferior al resto, lo cual hace pensar que existan otros factores que hayan influenciado el crecimiento de aquel sector, como una situación de micrositio.

El sector testigo se encuentra situado en una pendiente más abrupta (35-40%), lo cual puede significar una condición de suelo más desfavorable que en las demás situaciones, que presentan menor pendiente o incluso sectores planos.

4.4 Volúmenes

4.4.1 Distribución Volumétrica

La distribución volumétrica por clases diamétricas se presenta en la figura 6, para las cuatro situaciones observadas.

En general, se puede constatar que las distribuciones diamétricas tienen una tendencia de distribución hacia los diámetros mayores en todas las parcelas, es decir, el mayor volumen se encuentra en la clase diamétrica central. Esto se debe a que para la intervención efectuada en 2001, se aplicó el criterio de raleo por lo bajo, dejando los árboles de mayor diámetro.

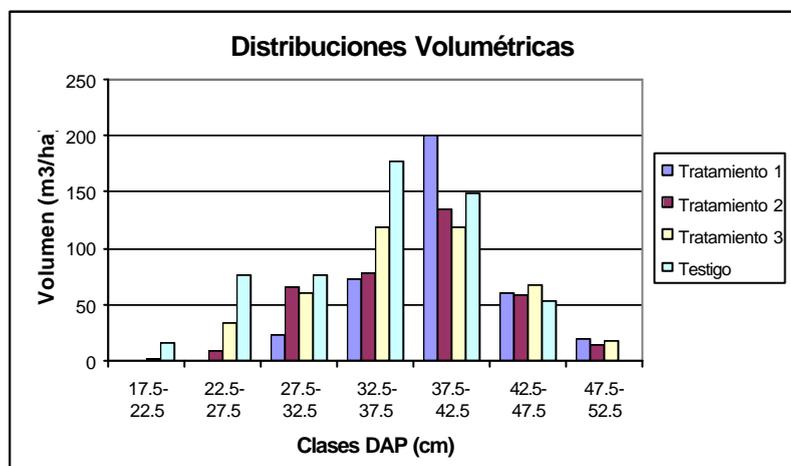


Figura 6. Volumen por tratamiento y clase diamétrica.

En la parcela 1 se observa un máximo de volumen en las clases de DAP de 37,5–42,5 cm, siendo ésta también la clase con mayor densidad de la parcela.

Para la segunda situación, el mayor volumen se concentra en la 4ª clase diamétrica, al igual que en la parcela anterior.

La tercera parcela presenta su mayor concentración de volumen en las dos clases diamétricas centrales, en general tiene una distribución casi simétrica, sólo presenta una leve desviación hacia la izquierda debido a la mayor presencia de árboles con DAP menores.

La parcela testigo es la única que presenta su mayor volumen en la clase diamétrica de 32,5-37,5 cm, luego concentra su volumen en la siguiente clase, con una notoria diferencia con respecto a las restantes clases de DAP.

4.4.2 Volumen Total

La figura 7 muestra las distribuciones volumétricas de cada una de las parcelas muestreadas, observándose un claro aumento de volumen a medida que la densidad remanente es mayor.

El cálculo de volumen se realizó usando la función nº 3, ajustada por Sáez (1997) para las plantaciones de pino oregón en los fundos de propiedad del CEFOR, por lo que la precisión de dicha función es limitada a los fundos de dicha propiedad. Un intento de ajustar esta función con los volúmenes de la cubicación fue descartado, debido al reducido número de mediciones ($n=20$).

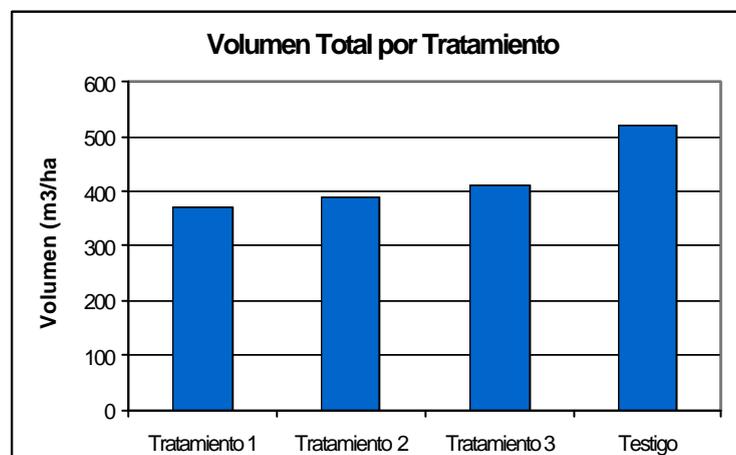


Figura 7. Volumen total por tratamiento.

El resumen de los valores de volumen de cada parcela se presenta en el cuadro 9.

Cuadro 9. Volumen total por tratamiento.

Nombre	Volumen (m ³ /ha)
Tratamiento 1	368.1
Tratamiento 2	389.1
Tratamiento 3	409.0
Testigo	522.0

Entre las tres situaciones intervenidas se observa una diferencia relativamente constante de 20 m³/ha, sólo entre la situación número tres y la testigo se registra un aumento de 113 m³/ha, que se explica por la notoria diferencia de densidades entre la parcela testigo y las áreas intervenidas (ver cuadro n° 4).

4.4.3 Volumen proyectado

Los volúmenes actual y proyectados a la edad de 35 años se detallan en el cuadro 10, para una apreciación de relaciones se presentan en forma gráfica en la figura 8. La proyección a los 35 años se realizó considerando los incrementos post - raleo como constantes. A esta edad, cualquiera de las cuatro situaciones observadas presenta suficiente volumen comercial para una cosecha final. El volumen total proyectado a cinco años puede observarse en las tablas de rodal en anexo 9.

Cuadro 10. Volúmenes actuales y proyectados a la edad de 35 años.

	Actual (m ³ /ha)	35 años (m ³ /ha)
Tratamiento 1	368.8	447.6
Tratamiento 2	389.1	470.5
Tratamiento 3	409.0	493.8
Testigo	522.0	609.4

Nuevamente se observa que la diferencia entre las parcelas intervenidas es constante y que esta diferencia se mantiene entre sí para la proyección realizada, mientras que la diferencia con respecto a la parcela testigo aumenta para el período de 5 años.

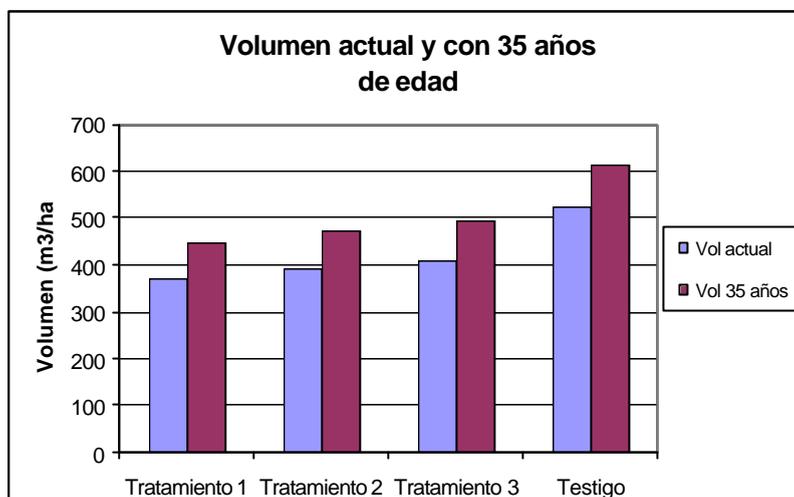


Figura 8. Volúmenes actual y proyectado a 35 años de edad.

4.5 Incrementos Volumétricos

4.5.1 Incrementos volumétricos porcentuales

Las tasas porcentuales de crecimiento calculadas para los tres años previos al raleo y los dos posteriores se presentan en el cuadro 11. Los datos de volumen anteriores al raleo se presentan en anexo 10.

Cuadro 11. Tasas porcentuales de incremento volumétrico.

Tasa de crecimiento (%)		
Nº Tratamiento	3 años pre-raleo	2 años post raleo
1	3.57	3.45
2	4.14	3.91
3	3.94	3.87
Testigo	3.40	3.12

Este cuadro sirve para cuantificar la efectividad de las intervenciones realizadas; comparando los valores calculados se puede establecer cuál de las tres intensidades de raleo produjo el mayor efecto sobre el crecimiento volumétrico.

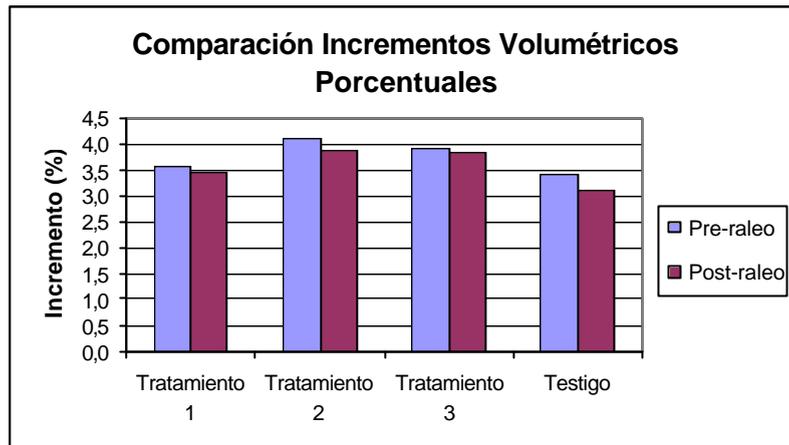


Figura 9. Comparación de porcentajes de crecimiento 3 años pre-raleo y 2 años post-raleo.

Al comparar los valores de los últimos 2 años con los del período pre-raleo, se observa que en todas las situaciones medidas, se reduce el nivel de crecimiento, incluso en la parcela testigo.

Por otra parte, considerando que el sector testigo también redujo su porcentaje anual de crecimiento en los años posteriores al raleo, se infiere que posiblemente un raleo muy leve pueda lograr un efecto positivo, para al menos mantener la tasa de crecimiento volumétrico del período pre-raleo.

Si se observan los valores del período post-raleo uno a uno, se verifica que los tratamientos 2 y 3 presentan porcentajes de crecimiento bastante similares, mientras que el tratamiento 1 crece a una tasa más reducida y el sector testigo a una tasa aún menor.

4.5.2 Incremento Anual Periódico (IAP)

En el cuadro 12 se resumen los incrementos anuales periódicos, expresados en m^3/ha al año, para los tres años previos al raleo y los dos años posteriores a éste, para las cuatro parcelas establecidas.

Cuadro 12. IAP de las parcelas medidas.

Incrementos Anuales Periódicos ($m^3/ha/año$)		
Nº Tratamiento	3 años pre-raleo	2 años post-raleo
1	24.02	12.71
2	22.23	15.20
3	16.48	15.84
Testigo	16.64	16.30

Al observar la columna correspondiente al período pre-raleo, ya se registran marcadas diferencias entre dos parejas de situaciones muestreadas, la 1 y 2, con la situación testigo y la 3. Nuevamente se asume que esto, especialmente para el caso del sector testigo, se adscribe a una condición de micrositio desfavorable.

Más destacable aún es el hecho de que en el sector 3 el IAP fue incluso menor al del sector testigo en los años previos al raleo, el motivo de esta diferencia puede deberse a una condición de micrositio (como sector testigo) o bien a la metodología empleada para determinar la distribución diamétrica de los años previos al raleo, sobre la cual no existe información.

Con respecto a los IAP del período post-raleo, se observa que en todos los casos disminuyen sus valores. En el caso del primer tratamiento, la reducción es muy similar a la extracción de área basal sufrida (40-45%).

En la parcela del tratamiento 3 se registra una pequeña disminución del IAP, sin embargo en el sector testigo se observa la menor disminución del incremento, presentando el valor más alto de los sectores muestraedos.

Cuadro 13. Variación porcentual del IAP.

Nº Tratamiento	Variación %
1	-44,51
2	-23,1
3	-2,00
Testigo	-1,04

Al observar el incremento porcentual del IAP producido entre los tres años previos al raleo y los dos años posteriores (cuadro 13), se demuestra nuevamente, que para todas las situaciones intervenidas, el tratamiento produjo una notoria disminución del crecimiento, sobre todo en las situaciones 1 y 2.

Las disminuciones porcentuales del IAP del sector 3 y testigo son bastante menores, indicando que posiblemente un tratamiento favorable en términos de incremento volumétrico sería una extracción menor a la intensidad aplicada en el sector 3, donde fueron extraídos entre un 20-25% del área basal.

4.6 Comparación de tendencias de crecimiento

En esta sección interesa integrar y discutir lo presentado en los capítulos anteriores, en relación con la respuesta al raleo del año 2001, evaluado de tres formas: variación del DMC, aumentos del IAP y el test de significancia de Freese (1959) con respecto al crecimiento volumétrico, en relación con la parcela testigo.

Para este último, los valores se presentan en el cuadro 14 se comparan con el valor de *chi* - cuadrado tabulado, con 4 grados de libertad y 95% de probabilidad de aceptación (ver anexo 4).

Cuadro 14. Resumen de parámetros evaluativos de tratamientos.

Parámetros	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Testigo
Δ DMC (%)	3,56	3,72	3,65	3,08
Δ IAP (%)	-44,51	-23,1	-2,00	-1,04

El tratamiento 1 fue el más intenso, al extraerse 40-45% del área basal, de esta manera presentando la menor densidad y por ello el IAP menor, a pesar de haber tenido el mayor incremento en los años previos al raleo. En términos de la variación del DMC, ocupa el tercer lugar, al aumentar éste en un 3,56 % y superando sólo al sector testigo. Con respecto al test de Freese, presenta el valor más cercano al tabulado, por lo cual su diferencia de incrementos con respecto a la parcela testigo es la menos significativa.

En el caso del tratamiento 2, de intensidad intermedia (30-35%), presenta el mayor incremento del DMC (3,72%) y una reducción de un 23,1% de su IAP, lo cual casi constutye la mitad de la reducción de la parcela 1. En cuanto la diferencia con respecto a la situación testigo evaluada con el test de Freese, ocupa el primer lugar, es decir presenta la mayor significancia.

Cuadro 15. Valores de X-cuadrado tabulados y calculados.

	Nº Tratamiento		
	1	2	3
X Calculado	81,3	664,8	217,3
X (4; 0.95)	9.488	9.488	9.488

El tratamiento 3, el más moderado al extraer un 20-25% del área basal, ocupa el segundo lugar en términos de incremento en DMC y el primer lugar de las parcelas intervenidas en cuanto a variación del IAP, el cual solamente se reduce en un 2%. En otras palabras, gracias a la intervención realizada, este sub-rodal prácticamente mantiene su incremento en volumen. En el test de Freese se sitúa en una situación intermedia a los dos tratamientos anteriores.

La situación testigo aumenta su DMC en un 3,08%, considerablemente menos que las situaciones intervenidas, mientras que también reduce su IAP en un 1%, lo cual resulta interesante, ya que indica que sin intervenciones el rodal de todos modos habría reducido su IAP.

5. CONCLUSIONES

- El raleo efectuado significó una disminución en el crecimiento volumétrico de las tres situaciones, al igual que en la situación testigo testigo.
- Por otra parte, el crecimiento anual promedio en DAP aumentó de mayor manera en las parcelas intervenidas que en la testigo
- La respuesta desfavorable a los tratamientos efectuados puede deberse a la edad en la cual se intervino el rodal, dadas sus características dasométricas y a su edad avanzada.
- La menor disminución en IAP se observa en el tratamiento 3, por lo cual se asume que una intervención más moderada de extracción habría sido efectiva para mantener el incremento.
- Las diferencias de diámetros observadas en el período previo al raleo, pueden deberse a una situación de micrositos dentro del rodal, favorecen a las parcelas intervenidas (1 y 2) o bien desfavorecen a la testigo y en parte a la 3.
- La respuesta al raleo medida como diferencia con respecto a la parcela testigo con el test de Freese, sitúa a la parcela nº 2 como la que mejor reacciona, seguida por la nº 1, de esta forma arroja un resultado opuesto a aquel obtenido por comparación de las tasas porcentuales de incremento volumétrico.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Arenas, S.G. s.f. Manual de Silvicultura del Pino de Oregón. INTERNET: <http://agrobyte.lugo.usc.es/agrobyte/publicaciones/oregon/indice.html> (Mayo 19, 2002).
- Brun, R. 1963. Análisis Fustal y Mecánico de un pino oregón. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 61 p.
- Clutter, J. *et.al.* 1983. Timber Management, a quantitative approach. Toronto, Canada, John Wiley and Sons. 333 p.
- Celis, M. 1996. Modelo de crecimiento en altura y curvas de índice de sitio para *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 91 p.
- Cox, F., Gonda, H., Ortega, A. 1993. Indices de densidad de rodal, aplicaciones en raleos. Santiago, Fundación Chile. 12 p.
- Curtis, R.O. 1982. A simple index of stand density for Douglas Fir. Forest Science 28 (1): 92-94.
- Delmastro, R. 1997. Evaluación económica en plantaciones adultas de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco en la provincia de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales, 93 p.
- Dondero, J.L. 2001. Evaluación del crecimiento en plantación mixta de *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco con *Acacia melanoxylon* R. Br. en el fundo Las Palmas, Provincia de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 39 p.
- Emanuelli, R. 1991. Funciones locales de volumen y ecuaciones de crecimiento para un rodal de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) establecido en la precordillera andina de la provincia de Bio Bio. Tesis Ing. For. Chillán, Universidad de Concepción, Fac. Cs. Agronómicas, Veterinarias y Forestales. 92p.
- Husch, B.; *et.al.* 1972. Forest Mensuration., New York, USA, Ronald Press. 410 p.
- Instituto Forestal (Chile), Corporación Nacional Forestal (Chile). 1998. Monografía de *Pseudotsuga menziesii* Potencialidad de Especies y Sitios para la Diversidad Silvícola Nacional. Santiago (Chile), Neuenschwander & Cruz. 148 p.
- Instituto Forestal (Chile). 2000. Estadísticas Forestales 1999. Santiago, INFOR. 139 p. (Boletín Estadístico, 74).

- Instituto Forestal (Chile). 2001a. El sector Forestal Chileno 2000 – 2001. Santiago, INFOR. 10 p.
- Instituto Forestal (Chile), 2001b. Estadísticas Forestales 2000. Santiago, INFOR. 145 p. (Boletín Estadístico, 79)
- Kramer, H.; Akça, A. 1995. Leitfaden zur Waldmesslehre. Frankfurt, Alemania, J.D. Sauerländer's Verlag. 265 p.
- Laserre, J.P. 2000. Funciones de rendimiento para plantaciones de *Eucalyptus globulus* Labil. en la VIII y IX Regiones de Chile. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 57 p.
- Loetsch, F.; Zöhrer, F. 1973. Methodik der Voluminierung und Beurteilung der Holzqualität bei Waldinventuren. Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Forst – und Holzwirtschaft Reinbek bei Hamburg (95): 1-142
- Nickel, P.; Bown, H. 2000. Efecto de algunas variables silviculturales sobre la rentabilidad del cultivo de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) en el Fundo Voipir, Villarrica, Chile. Tesis Ing. For. Temuco, Universidad Católica de Temuco, Fac. Cs. Forestales. 36 p.
- Sáez, A.M. 1997. Funciones de ahusamiento para pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* [Mirb.] Franco) en la provincia de Valdivia. Tesis Ing. For. Valdivia, Universidad Austral de Chile, Fac. Cs. Forestales. 59 p.
- Vanclay, J. 1994. Modelling Forest Growth and Yield. Applications to mixed Tropical Forests. London, CABI Publishing, 312 p.

ANEXOS

Anexo 1

Abstract

Abstract

The present document is the result of a study made to determine the response to three thinning intensities in a 28 year old douglas-fir stand, which is located at the Las Palmas farm, in the province of Valdivia. The main goal of this study is to evaluate and cuantificate the effect of this silvicultural treatment on the stand.

This stand was thinned in january 2001 at three different intensities; 20-25% of basal area extraction, 30-35% and 40-45% of basal area, with a untreated sector. In each situation a sample plot was established and the basic description parameters (diameter and height) measured. Also, in each plot were felled five trees to carry out a stem analysis.

With the generated information a complete stand description was made, also with the information from the stem analysis the exact volume was calculated and the diameter increases for the last five years obtained. In this way stand tables were created and proyected, but the most important result was the comparision of the three interferred situations versus the control area, and between each other.

The criteria to evaluate the response to the thinning, were DMC increases, IAP percentage increase, volume growth percentage and a significance test of Freese in relation to the control plot.

From the results obtained, it is possible achieve that the better reaction to the treatment applied was with the intermediate and the most moderate one.

Key words: Douglas fir, stem analysis, volume growth, thinning, density.

Anexo 2

Estadígrafos descriptivos del rodal estudiado

Parámetros descriptivos del rodal

Estadígrafos descriptivos.

		Max	Min	DS	Var	Media
Parcela 1	DAP	52	28	4.82	23.22	38.9
	D7	40	21	4.01	16.08	32.4
	Hcc	20	12	1.75	3.05	15.6
	Ht	30	23	2.10	4.39	26.9
Parcela 2	DAP	48	23.5	5.85	34.21	36.41
	D7	39	17	5.20	27.05	29.76
	Hcc	17	11.5	1.33	1.77	14.55
	Ht	28	20.5	1.76	3.09	24.79
Parcela 3	DAP	49	18	6.6	43.0	35.1
	D7	41	14	5.8	33.8	28.7
	Hcc	16	10	1.5	2.1	13.6
	Ht	28	21	1.8	3.2	25.1
Testigo	DAP	47.5	18	7.1	50.9	32.4
	D7	39	13	6.5	41.9	26.8
	Hcc	17	10	1.4	1.9	13.6
	Ht	29	21	1.9	3.7	25.6

Parámetros descriptivos del rodal.

	Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Testigo
DAP	38.9	36.4	35.1	32.4
DMC	39.2	36.9	35.7	33.2
Dg	39.2	36.7	35.7	33.2
Dz	40.1	38.6	37.6	35.5
HT	26.9	24.8	25.1	25.6
HTg	26.9	25.7	25.3	26.8
HTz	27.0	26.0	25.4	26.9

Anexo 3

Índices de densidad

Fórmulas de índices de densidad.

- SDI de Reineke:

$$\text{Log SDI} = \text{Log N} + 1.605 * \text{Log DMC} - 1.605$$

Donde:

N = número de árboles por unidad de superficie
DCM = diámetro medio cuadrático

- RD de Curtis:

$$\text{RD} = \text{AB}_{\text{obs}} / (\text{DMC}^{1/2})$$

Donde:

AB_{obs} = área basal observada en la parcela (m^2/ha)
DCM = diámetro medio cuadrático (cm)

Anexo 4

Test de significancia de Freese

Test de significancia de Freese.

$$X_{(n) g.l.} = [\sum (X_i - Y_i)^2] / \sigma^2$$

Donde:

X_i = valor observado

Y_i = valor calculado

σ^2 = varianza hipotética

Varianza hipotética:

$$\sigma^2 = E^2 / r^2$$

Donde:

E^2 = error permitido

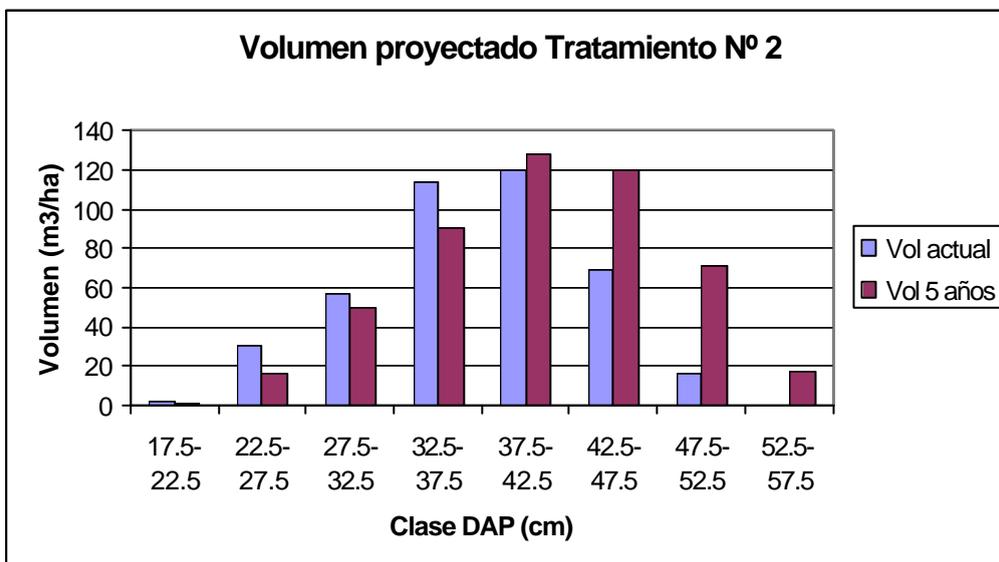
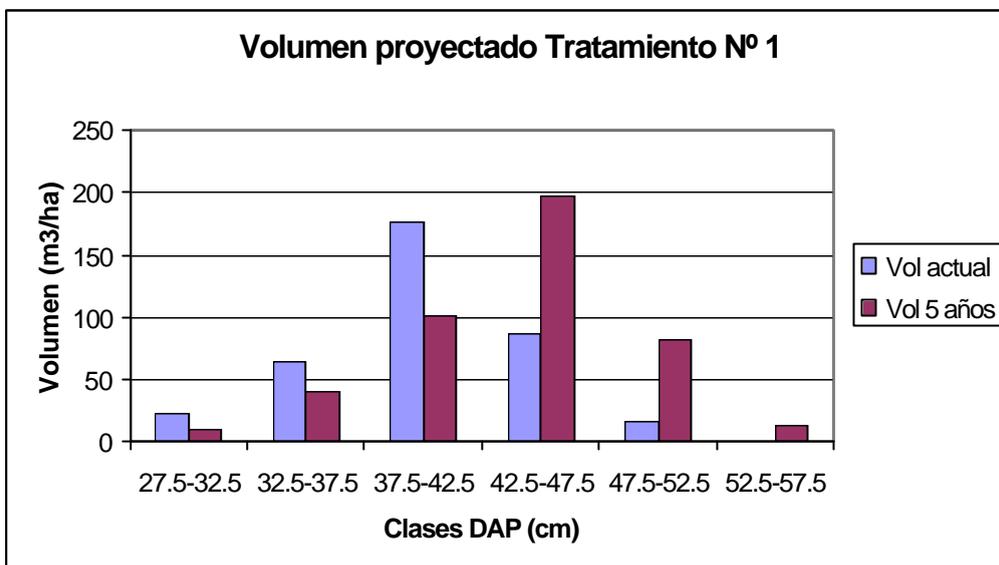
r^2 = valor de desv. std. con probabilidad 1/Z

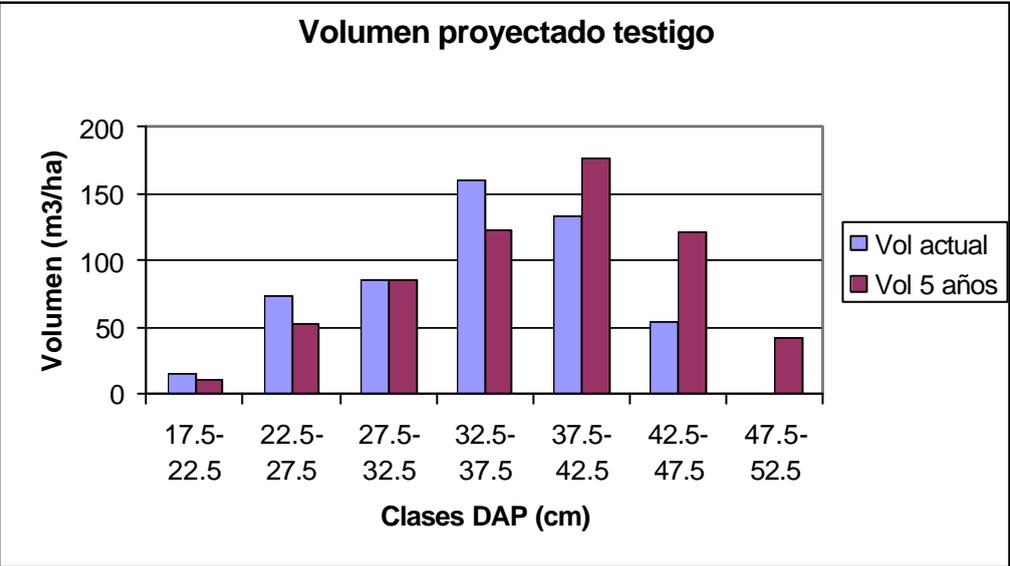
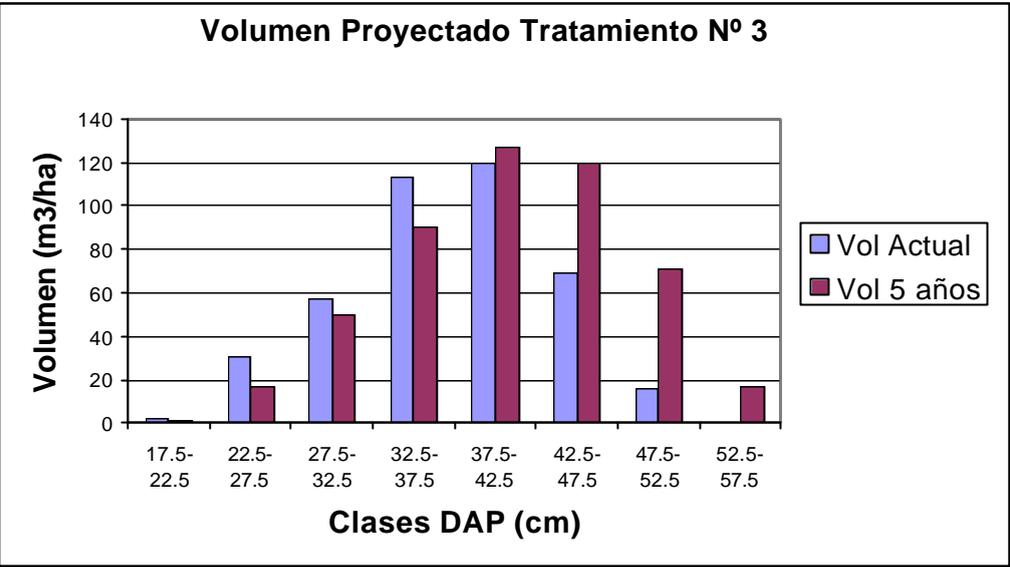
Si $X_{\text{calc}} > X_{\text{tab}}$; se rechaza observación.

Anexo 5

Figuras de distribución volumétrica actual y proyectada

Figuras de distribución volumétrica actual y proyectada cinco años.





Anexo 6

Incrementos anuales post-raleo

Incrementos promedio 2 años post raleo.

PARCELA 1

N° Árbol	DAP (cm)	Incremento promedio (cm)	Incremento total (cm)
1	30	0.47	0.95
2	40	0.74	1.48
3	52	0.73	1.46
4	29.3	0.60	1.20
5	40.5	0.73	1.46

PARCELA 2

N° Árbol	DAP (cm)	Incremento promedio (cm)	Incremento total (cm)
6	48	0.80	1.60
7	30.5	0.65	1.31
8	35	0.56	1.12
9	30.5	0.93	1.87
10	36	0.60	1.20

PARCELA 3

N° Árbol	DAP (cm)	Incremento promedio (cm)	Incremento total (cm)
11	49	0.82	1.64
12	27	0.59	1.18
13	23.5	0.40	0.81
14	34.5	0.91	1.83
15	35	0.39	0.77

PARCELA TESTIGO

N° Árbol	DAP (cm)	Incremento promedio (cm)	Incremento total (cm)
16	25	0.33	0.65
17	36.5	0.66	1.32
18	23.5	0.39	0.78
19	47.5	0.63	1.26
20	34	0.51	1.02

Anexo 7

Tablas de rodal proyectadas a 5 años

Tablas de rodal proyectadas a 5 años.

PARCELA 1

Clase DAP	Marca	Altura	Incremento	Razón	Nº arb/ha	Nº arb/ha	Nº árboles en movimiento		Volumen	Volumen	Incremento	Incremento
(cm)	Clase	(m)	DAP (cm)	Movimiento	actual	futuro	0	1	Actual (m3/ha)	Futuro (m3/ha)	Volumétrico (m3/ha)	anual (%)
27.5-32.5	30	23,8	2,68	0,54	33,3	15,3	15,3	18,0	22,56	10,4	-12,2	-10,82
32.5-37.5	35	25,6	3,22	0,64	67,0	42,1	24,1	42,9	65,36	41,1	-24,3	-7,43
37.5-42.5	40	27,0	3,75	0,75	133,3	76,2	33,3	100,0	177,10	101,2	-75,9	-8,57
42.5-47.5	45	28,0	3,56	0,71	50,0	114,5	14,5	35,5	86,43	197,9	111,5	25,80
47.5-52.5	50	28,6	3,36	0,67	8,0	38,1	2,6	5,4	17,33	82,5	65,2	75,25
52.5-57.5	55	28,8	3,16	0,63	0,0	5,4	5,4	0	0,00	14,2	14,2	-
TOTAL					291,7	291,7			368,79	447,3	78,5	4,26

PARCELA 2

Clase DAP	Marca	Altura	Incremento	Razón	Nº arb/ha	Nº arb/ha	Nº árboles en movimiento		Volumen	Volumen	Incremento	Incremento
(cm)	Clase	(m)	DAP (cm)	Movimiento	actual	futuro	0	1	Actual (m3/ha)	Futuro (m3/ha)	Volumétrico (m3/ha)	anual (%)
22.5-27.5	25	21,9	2,75	0,55	25	11	11	14	11,1	4,9	-6,2	-11,20
27.5-32.5	30	23,9	3,68	0,736	108	43	29	80	73,8	29,3	-44,5	-12,06
32.5-37.5	35	25,3	2,75	0,55	83	117	37	46	80,6	113,2	32,6	8,08
37.5-42.5	40	26,2	3,68	0,736	108	75	29	80	139,7	96,7	-43,0	-6,15
42.5-47.5	45	26,4	3,72	0,744	42	91	11	31	68,0	148,6	80,6	23,68
47.5-52.5	50	26,0	3,75	0,75	8	33	2	6	15,8	65,3	49,4	62,50
52.5-57.5	55	25,0	3,78	0,756	0	6	6	0	0	13,8	13,8	-
TOTAL					375	375			389,1	471,7	82,7	4,25

Anexo 8

Volúmenes cubicación

Volúmenes período pre- y post- raleo

Volumen obtenido de cubicación.

Nº Parcela	Nº árbol	DAP (cm)	Ht (m)	Nº secciones	Volumen (m3)
1	11	40,5	27,5	9	1,62
	15	30	23	8	0,97
	19	52	29	9	2,53
	25	40	25	10	1,61
	31	29,3	25	8	0,89
2	1	30,5	25	10	1,17
	12	30,5	25	8	1,03
	21	35	24,5	9	1,27
	33/23	48	26,5	10	2,35
	41/11	36	24	9	1,38
3	5	49	28	9	2,41
	14	23,5	21	6	0,44
	22	34,5	26	10	2,11
	32	35	25,5	9	1,27
	44	27	23,1	8	0,75
Testigo	3	25	24	6	0,51
	20	36,5	26,7	10	1,59
	29	23,5	25	6	0,50
	39	47,5	26,5	9	2,22
	58	34	27	9	1,21

Volúmenes período pre- y post -raleo (1998-2003).

	Volumen 1998	Volumen 2001 preraleo	Volumen 2001 postraleo	Volumen 2003
Tratamiento 1	601,80	673,87	342,70	368,12
Tratamiento 2	470,76	537,44	358,65	389,06
Tratamiento 3	368,5	417,96	377,28	408,96
Testigo	439,5	489,44	489,44	522,03