

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Silvicultura



ANALISIS DEL CRECIMIENTO DE UN RODAL DE *Pseudotsuga*
menziesii (Mirb.) Franco

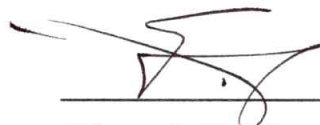
MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

Concepción - Chile

1999

"ANALISIS DEL CRECIMIENTO DE UN RODAL DE *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco".

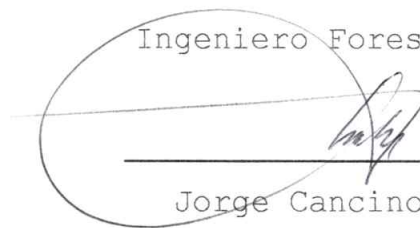
Profesor Asesor



Miguel Espinosa Bancalari

Profesor Titular;
Ingeniero Forestal; Ph.D.

Profesor Asesor



Jorge Cancino Cancino

Profesor Asistente;
Ingeniero Forestal; M.Sc.

Director Departamento
Silvicultura




Manuel Sánchez Olate
Profesor Asistente;
Ingeniero Forestal; Dr.

Decano Facultad de Ciencias
Forestales



Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado;
Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título:

Miguel Espinosa Bancalari : Setenta y cinco puntos.

Jorge Cancino Cancino : Setenta y cinco puntos.



Dedicada con todo mi
cariño a mis padres y a
mi hija Consuelito.

AGRADECIMIENTOS

A mis profesores asesores don Miguel Espinosa y don Jorge Cancino.

A mis compañeros de tesis Mauricio, José, Jano y Guillermo.

A Juan Carlos Schwerter, Soledad Salas, Marcelo Torres, Mauricio Ramírez, Felipe Meyer, Chico Alejandro.

A don Manuel Lineros, Luis Valenzuela, Fabián Flores, Eduardo Peña, Eduardo Acuña y don Renato Sata.

A la Lulú y a la Caquito.



INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I	INTRODUCCION..... 1
II	MATERIALES Y METODOS..... 4
	2.1 Descripción del área de estudio..... 4
	2.2 Metodología..... 5
	Selección y medición de los árboles muestra..... 5
	2.3 Análisis de los datos..... 6
III	RESULTADOS Y DISCUSION..... 7
	3.1 Dimensiones medias de los árboles muestra... 7
	3.2 Desarrollo histórico del rodal..... 7
	Crecimiento en altura..... 7
	Crecimiento en diámetro..... 9
	Crecimiento en área basal..... 11
	Crecimiento en volumen..... 13
	Crecimiento en volumen de la plantación.... 15
	Incremento radial a lo largo del fuste..... 15
IV	CONCLUSIONES..... 22
V	RESUMEN..... 24
VI	SUMMARY..... 25
VII	BIBLIOGRAFIA..... 26
VIII	APENDICE..... 29

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
----------	--------

En el texto

1	Dimensiones medias de los árboles muestra de las distintas clases de copa.....	7
2	Resumen de antecedentes de crecimiento en altura, dap y volumen por árbol de plantaciones de pino oregón existentes entre la VIII y IX región.....	10

En el Apéndice

1 A	Tabla de rodal.....	29
-----	---------------------	----



INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Crecimiento en altura (a) e incremento corriente anual en altura (b) por clase de copa.....	8
2 Crecimiento en diámetro (a) e incremento corriente anual en diámetro (b) por clase de copa.....	12
3 Crecimiento en área basal (a) e incremento corriente anual en área basal (b) por clase de copa.....	14
4 Crecimiento en volumen (a) e incremento corriente (b) y medio anual en volumen (c) por clase de copa.....	16
5 Crecimiento en volumen total (a) e incremento corriente y medio anual en volumen (b) de la plantación.....	18
6 Incremento radial a diferentes alturas absolutas (a) y relativas (b) del fuste para las tres clases de copa.....	19

I INTRODUCCION

Pino oregón (*Pseudotsuga menziesii*) es una especie nativa de Norteamérica, altamente apreciada en el mercado internacional debido a las cualidades de su madera, su buena forma y rápido crecimiento.

Estas características llevaron a incluirla como una de las especies forestales promisorias para Chile, en programas desarrollados por el Instituto Forestal (Grosse 1994), convirtiéndose en una de las alternativas de forestación.

Esta especie fue introducida a fines del siglo pasado como ornamental (Rocuant 1967). A Diciembre de 1996 existían alrededor de 12.500 ha plantadas con pino oregón desde Maule a Magallanes (Sanhueza 1998), siendo el área más favorable para su desarrollo, según Rocuant (1967), de Cautín a Chiloé; según Rodríguez (1975) de Malleco a Chiloé. Grosse (1994) la considera desde la VIII a XI región.

Los estudios realizados en el país en lo que se refiere a su capacidad de crecimiento y rendimiento son escasos, entre los cuales se encuentran los realizados por Contreras y Smith (1973) en Voipir, Villarrica; por Grosse y Kannegiesser (1988) en Antiquina, Cañete, y por Emanuelli (1991) en el Morro, Mulchén.

En estas zonas, el crecimiento que han alcanzado los árboles, a una edad determinada, ha sido dependiente de la calidad de sitio y de la densidad a la cual crecieron (Daniel et al. 1982).

La calidad de sitio influye notablemente sobre el crecimiento en altura (Daniel et al. 1982; Spurr y Barnes 1982; Smith 1986). Cuando la calidad de sitio decrece, el crecimiento en altura de los árboles es menor y los anillos anuales son más delgados bajo densidades de rodal similar (Daniel et al. 1982).

La densidad de rodal determina el nivel de competencia a la que están sometidos los árboles. La competencia afecta el crecimiento diametral del fuste; los anillos anuales son de mayores dimensiones en árboles de crecimiento libre que en aquellos bajo competencia (Spurr y Barnes 1982). Por esto el raleo es el tratamiento silvícola que ejerce mayor efecto sobre el crecimiento diametral (Daniel et al. 1982).

Entre los métodos desarrollados para determinar el crecimiento histórico de árboles el más exacto y directo es el análisis fustal (Kannegiesser 1987 citado por Baldini 1994). Consiste en el conteo y medición de anillos de crecimiento en rodela extraídas a distintas alturas del fuste (Hush et al. 1972); a partir de estas mediciones se determina el dap, área basal, altura y volumen a distintas edades.

Todas esas variables se calculan directamente a partir de las mediciones, a excepción de la altura que debe ser estimada. Algunos métodos para estimar la altura son el gráfico, el de Graves, Lenhart, Newberry y Razón (Prodan et al. 1997), siendo los más exactos el de Carmean y el de Lenhart (Rayner 1991). Para la determinación del volumen existe una serie de opciones, entre las cuales está la

utilización de fórmulas como la de Huber, Smalian o Newton (Hush et al. 1972).

El objetivo general de este estudio es analizar el crecimiento de una plantación de pino oregón de 23 años de edad, ubicado en las proximidades de la ciudad de Concepción. Específicamente, evaluar las características de crecimiento en altura, diámetro, área basal y volumen por clase de copa. Determinar además el incremento radial a diferentes alturas en el fuste, en distintos períodos de crecimiento.



II MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción del área de estudio.

El estudio se realizó en una plantación de pino oregón de tres hectáreas de superficie, establecida el año 1975 en el Fundo Miraflores, propiedad de Fortex Chile S.A., ubicado a 17 km de la ciudad de Concepción por la ruta a Cabrero, VIII región.

El clima del lugar es templado cálido, con una amplitud térmica moderada y una humedad relativa media anual de 81%. La precipitación es de 1.252 mm; la temperatura media anual de 12,04°C, con una máxima de 17,82°C y una mínima de 6,86°C (Geofísica 1982). La plantación está establecida en suelos de la serie San Esteban cuyo material de origen son rocas graníticas; es de textura franco arcillosa, moderadamente profundo (1,3 m) y altamente susceptible a la erosión (Carrasco et al. 1993). La topografía es abrupta con pendientes máximas de 70%, predominando las exposiciones suroeste y oeste.

En Abril de 1998 se efectuó un inventario del rodal a partir del cual se determinó la densidad actual de 415 arb/ha y un área basal total de 18,1 m²/ha. El rodal ha sido sometido a dos podas, la última realizada en el año 1994, y un raleo el año 1995. Los árboles presentan un 50% de sus fustes libres de ramas vivas, con copas simétricas. El sotobosque, en general de baja densidad, está compuesto principalmente por pastos, zarzamora y retamilla.

2.2 Metodología.

Selección y medición de los árboles muestra. La selección de árboles muestra se basó en la distribución diamétrica del rodal (Apéndice, Tabla 1 A). Se registraron 12 clases de diámetro las cuales se agruparon en tres rangos de tamaño y se asumió que cada uno correspondía a las clases de copa existentes en el rodal (Smith 1986): intermedia (12 a 18 cm), codominante (20 a 26 cm) y dominante (28 a 34 cm). Doce árboles fueron seleccionados para análisis fustal, uno de cada clase diamétrica.

Previo al volteo, se midió el dap de los árboles seleccionados. Después del volteo, su longitud total (incluyendo la altura de tocón) y de copa viva. Se extrajeron rodela cada 5% de la altura total, hasta un límite de utilización de 5 cm, además de las que correspondían al tocón, dap y base de la copa viva.

En laboratorio se midió el área de cada rodela, a partir de la cual se determinó el radio (asumiendo un área circular); posteriormente se seleccionó un radio en la rodela que coincidiera con el calculado. Sobre éste, se midió la distancia desde la médula a cada anillo de crecimiento.

De estas mediciones se determinó la altura aplicando el método de Carmean (Rayner 1991); el dap (sin corteza) a partir del radio medido en la rodela obtenida a 1,3 m del suelo y el volumen, mediante la fórmula de Smalian (Hush et al. 1972).

2.3 Análisis de los datos.

Con la información obtenida se graficaron las relaciones altura/edad, dap/edad, área basal/edad, y volumen/edad. Se construyeron curvas promedios de crecimiento e incremento corriente anual para cada variable en estudio, por clase de copa. El volumen por hectárea de cada clase de copa se obtiene a partir de los árboles seleccionados para el análisis fustal. Los datos de diámetro, área basal, altura y volumen fueron sometidos a análisis de varianza y las medias entre clases de copas comparadas mediante el test de Tukey (Steel y Torrie, 1988). Se determinó además, el incremento radial a distintas alturas absolutas y relativas del fuste, para diferentes períodos de edad.



III RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Dimensiones medias de los árboles muestra.

Los árboles dominantes son los de mayor altura, dap, área basal y volumen (Tabla 1). El volumen medio por árbol dominante es 1,6 y 4,5 veces mayor que el de un codominante e intermedio, respectivamente. Esto refleja mayor vigor por parte de los árboles que ocupan una posición dominante en el dosel de copas.

Tabla 1. Dimensiones medias de los árboles muestra de las distintas clases de copa.

Dimensión de los árboles	Clase de copa		
	Dominante	Codominante	Intermedia
Altura (m)	19,33 a*	17,81 a	14,25 b
Dap sin corteza (cm)	27,79 a	21,66 b	13,56 c
Area Basal (m ²)	0,06 a	0,04 b	0,01 c
Volumen (m ³)	0,54 a	0,33 b	0,12 b

(*): En cada fila, las medias con igual letra no difieren significativamente ($p < 0,05$, Test de Tukey).

3.2 Desarrollo histórico del rodal.

Crecimiento en altura. El crecimiento en altura de los dominantes y codominantes es similar, con tasas promedios anuales cercanas a 0,8 m, mientras que los intermedios alcanzan sólo tasas de 0,6 m (Figura 1a). El crecimiento acumulado en altura de los dominantes es significativamente mayor que el de los intermedios, alcanzando valores de 19,33 m y 14,25 m a los 23 años, respectivamente. Estos valores son comparables con los registrados en otros estudios similares en esta especie en Chile (Tabla 2). La

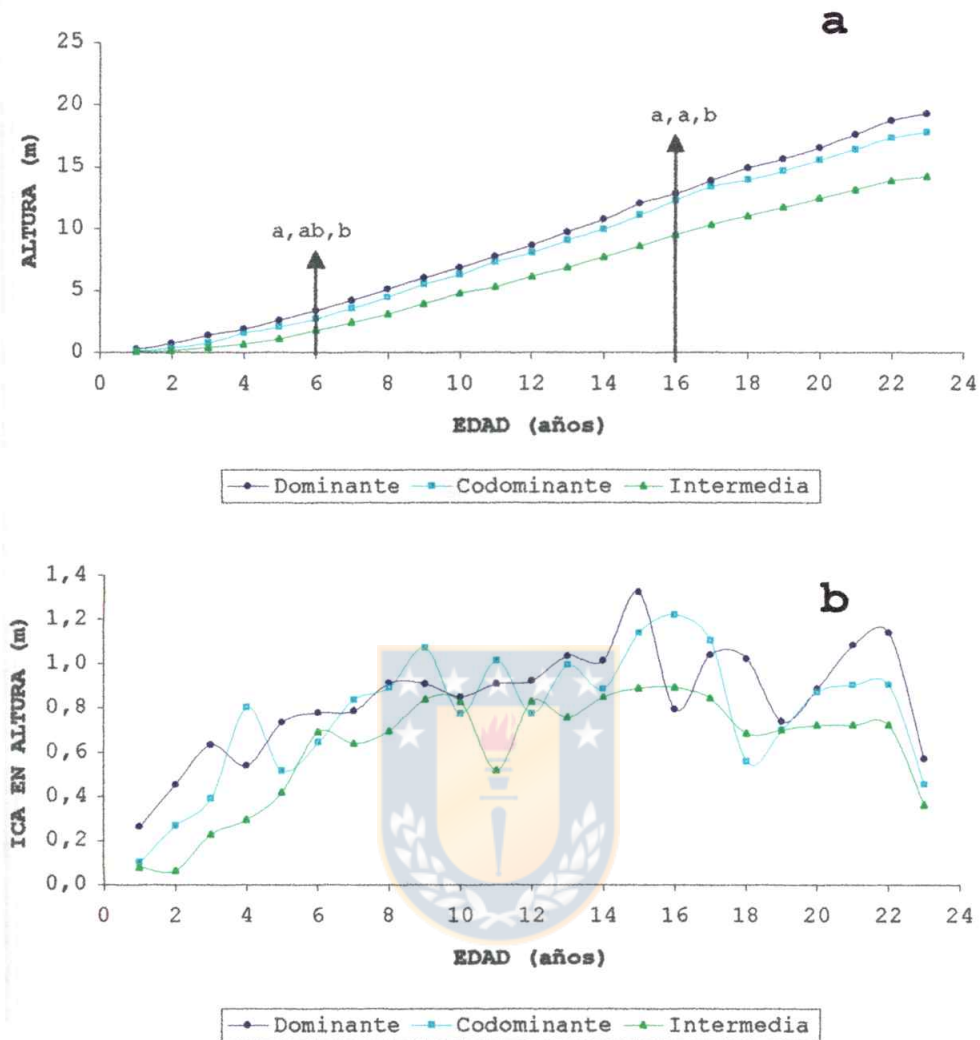


Figura 1. Crecimiento en altura (a) e incremento corriente anual en altura (b) por clase de copa (letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de las distintas clases de copa; $p < 0,05$, test de Tukey).

altura promedio alcanzada por la plantación es levemente inferior a la registrada en el Fundo Voipir (Villarrica), lugar donde la especie tiene un favorable crecimiento (Contreras y Smith 1973). El incremento medio anual promedio es de 0,76 m, superior al obtenido en el Fundo Antiquina (Cañete) y el registrado por Rocuant (1967) en Colcura, Concepción.

El incremento corriente anual máximo en altura se produce a los 15 años en los dominantes con 1,32 m; los codominantes y los intermedios un año más tarde con 1,21 m y 0,89 m, respectivamente (Figura 1b). Esta culminación del incremento en altura marca el paso de la fase juvenil a la fase de pleno vigor en el desarrollo de un árbol (Assmann 1970, citado por Espinosa et al. 1988).

Las edades de culminación coinciden con el período determinado por Espinosa (1985) para un rodal de pino oregón de 22 años, de crecimiento rápido, ubicado en la costa de Oregon en Estados Unidos.

Crecimiento en diámetro. El crecimiento en diámetro no presenta diferencias significativas entre dominantes y codominantes hasta los 10 años; a partir de los 12 años las tres clases de copa se diferencian significativamente. A la edad de 23 años, las tasas de crecimiento anual son de 1,21 cm, 0,94 cm y 0,59 cm, alcanzando un diámetro de 27,79 cm, 21,66 cm y 13,56 cm para dominantes, codominantes e intermedios, respectivamente (Figura 2a). Al comparar estos valores con los registrados por otros autores en la misma especie en el país (Tabla 2), se observa que el dap y el incremento medio anual de los dominantes es similar al

TABLA 2. Resumen de antecedentes de crecimiento en altura, dap y volumen por árbol de plantaciones de pino oregón existentes entre la VIII y IX región.

Localización	Edad (años)	Altura (m)	IMA en altura (m/año)	Dap (cm)	IMA en dap (cm/año)	Volumen (m ³)	IMA en vol. (m ³ /año)	Fuente
Colcura (Concepción)	19 a 20	7	0,32 a 0,34	9	0,44 a 0,47			Rocuant (1967)
Curanilahue	24 a 25	21	0,84 a 0,88	40	1,60 a 1,66			Bucarey (1968)
Voipir (Villarrica)	22	18	0,83	22	1,00	0,281	0,013	Contreras y Smith (1973)
Fundo el Morro (Mulchén)	20 a 22	19	0,85	27	1,21		0,034	Emanuelli (1991)
Fundo Antiquina (Cañete)	20 29	15 21	0,75 0,72	19,8 32,7	0,99 1,13	0,664	0,022	Grosse (1994)
Fundo Miraflores (Concepción)	23	19,3	0,84	27,8	1,21	0,546	0,023	Este estudio
Dominantes		17,8	0,77	21,7	0,94	0,329	0,014	
Codominantes		14,3	0,62	13,6	0,59	0,115	0,005	
Intermedios		17,6	0,76	21,8	0,94	0,340	0,015	
Promedio (*)								

IMA: Incremento medio anual

(*): Promedio ponderado por el número de árboles en cada clase de copa.

registrado en el Fundo el Morro (Mulchén), y superior al registrado en el Fundo Voipir (Villarrica), el cual está considerado dentro de los sitios más productivos para esta especie (Emanuelli 1991); sin embargo el promedio de la plantación es inferior, alcanzando 21,8 cm de dap y un incremento medio anual de 0,94 cm.

El incremento corriente anual en diámetro (Figura 2b) culmina para los dominantes e intermedios a los 10 años con valores de 2,28 cm y 1,41 cm, respectivamente; los codominantes presentan su máximo a la edad de seis años con 1,56 cm. El período de culminación es similar al registrado por Espinosa (1985) en tres rodales de pino oregón de la costa de Oregon, Estados Unidos.

Posterior a la culminación, los incrementos corrientes tienden a disminuir, tendencia que se revierte a los 20 años, producto del raleo realizado el año 1995. Esta intervención silvícola es la que ejerce mayor efecto sobre el crecimiento diametral de los árboles (Daniel et al. 1982), viéndose reflejado con el aumento de los incrementos corrientes desde el momento de realizada la intervención.

Crecimiento en área basal. Los primeros años el crecimiento en área basal entre las tres clases de copa no presentan mayores variaciones (Figura 3a). A partir de los 10 años de edad los dominantes comienzan a diferenciarse creciendo significativamente más que los codominantes e intermedios, tendencia que se mantiene hasta los 19 años. De ahí en adelante las tres clases de copa presentan diferencias significativas en su crecimiento. A los 23 años, el área

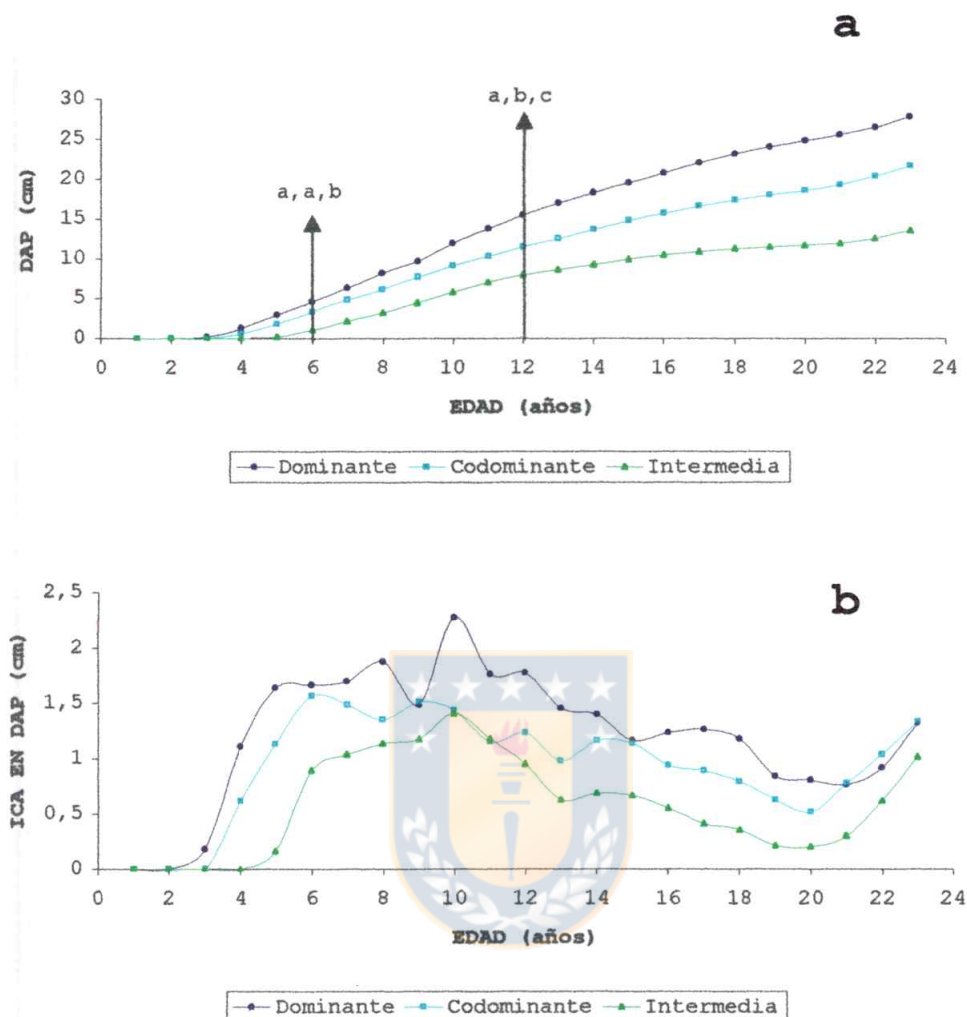


Figura 2. Crecimiento en diámetro (a) e incremento corriente anual en diámetro (b) por clase de copa (letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de las distintas clases de copa; $p < 0,05$, test de Tukey).

basal de los dominantes es 1,6 y 4,1 veces mayor que el de los codominantes e intermedios, respectivamente.

Las curvas de incremento corriente anual en área basal (Figura 3b) aumentan progresivamente hasta los 17 años de edad; luego presentan una disminución en los incrementos, tendencia que se revierte en los últimos años con el aumento de los incrementos corrientes. Este aumento es consecuencia del raleo realizado a los 20 años. Los dominantes, codominantes e intermedios a los 23 años alcanzan valores de 0,006 m², 0,004 m² y 0,002 m², respectivamente.

Crecimiento en volumen. Desde los primeros años los dominantes crecen significativamente más que los intermedios, tendencia que se mantiene hasta el final del período estudiado (Figura 4a); los codominantes no presentan diferencias significativas con los dominantes hasta los 22 años. El volumen por árbol a los 23 años es de 0,54 m³ para los dominantes mientras que los codominantes e intermedios sólo alcanzan un 60% y 21% de este volumen, respectivamente.

El incremento corriente anual en volumen (Figura 4b) para las tres clases de copa aumenta lentamente hasta los nueve años; posteriormente, el incremento de los dominantes aumenta en forma rápida y sostenida hasta los 18 años; luego tiende a disminuir, proceso que se revierte nuevamente los últimos años por efecto del raleo practicado. Los codominantes presentan un patrón similar, pero los incrementos son menores que la clase dominante.

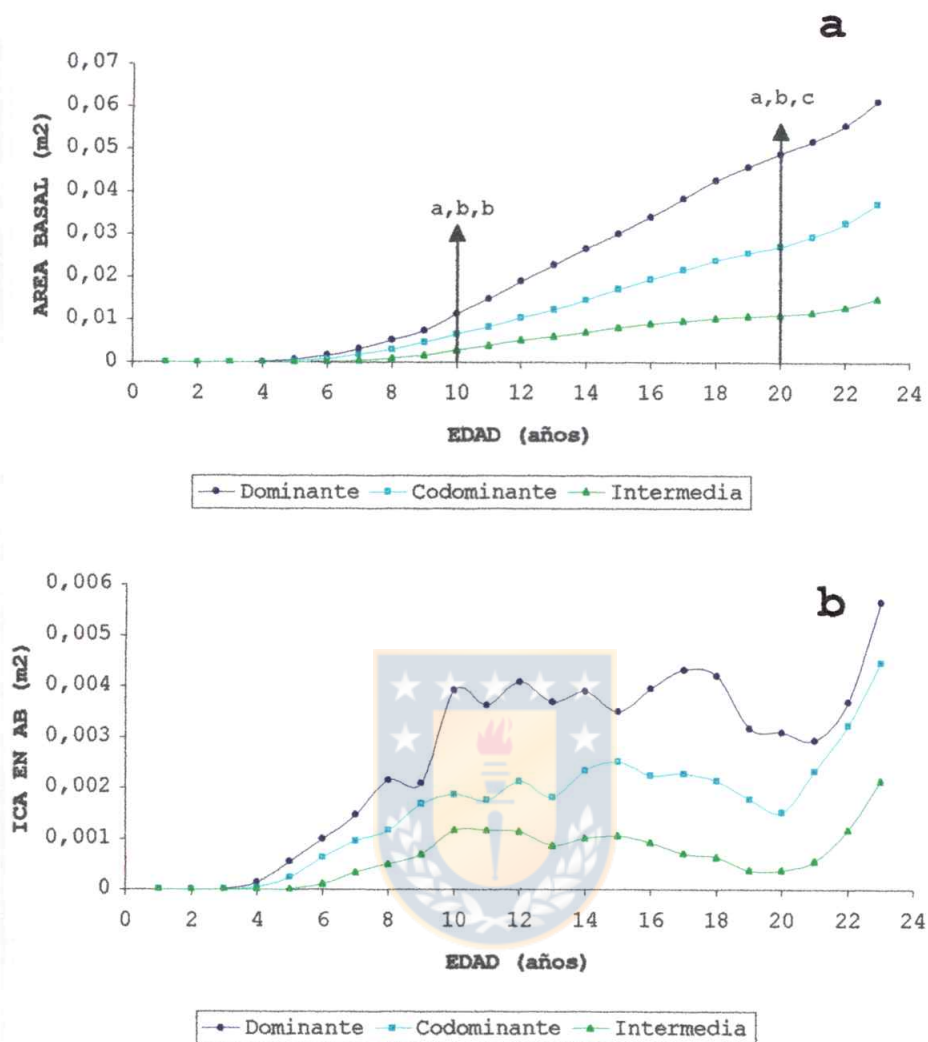


Figura 3. Crecimiento en área basal (a) e incremento corriente anual en área basal (b) por clase de copa (letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de las distintas clases de copa; $p < 0,05$, test de Tukey).

Los intermedios no presentan mayores variaciones en sus incrementos, sin apreciarse efecto del raleo.

El incremento medio anual en volumen es similar para las tres clases de copa hasta los seis años, luego de lo cual empiezan a diferenciarse gradual y sostenidamente (Figura 4c). A los 23 años, los árboles dominantes presentan incrementos medios anuales de $0,024 \text{ m}^3$, los codominantes de $0,014 \text{ m}^3$ y los intermedios de $0,005 \text{ m}^3$ por árbol. El incremento medio de las tres clases de copa es de $0,015 \text{ m}^3/\text{año}$, superior a lo registrado en Voipir, pero sólo alcanza un 44% de lo obtenido en el fundo el Morro (Tabla 2).

Crecimiento en volumen de la plantación. Después de un lento crecimiento inicial hasta el año siete, el volumen de la plantación aumenta progresivamente hasta alcanzar a los 23 años un volumen total en pie de $141 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Figura 5a).

El incremento corriente en volumen aumenta progresivamente hasta los 18 años, luego de lo cual tiende a disminuir. A los 20 años de edad se revierte esta tendencia, reflejando el efecto del raleo (Figura 5b). A los 23 años alcanza un valor de $19,56 \text{ m}^3/\text{ha}$, y el incremento medio es de $6,14 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Incremento radial a lo largo del fuste. El comportamiento del incremento radial a lo largo del fuste (ancho del anillo) para las tres clases de copa, se presenta a distintas alturas absolutas (Figura 6a) y relativas del árbol (Figura 6b), en períodos de cinco años. Estos

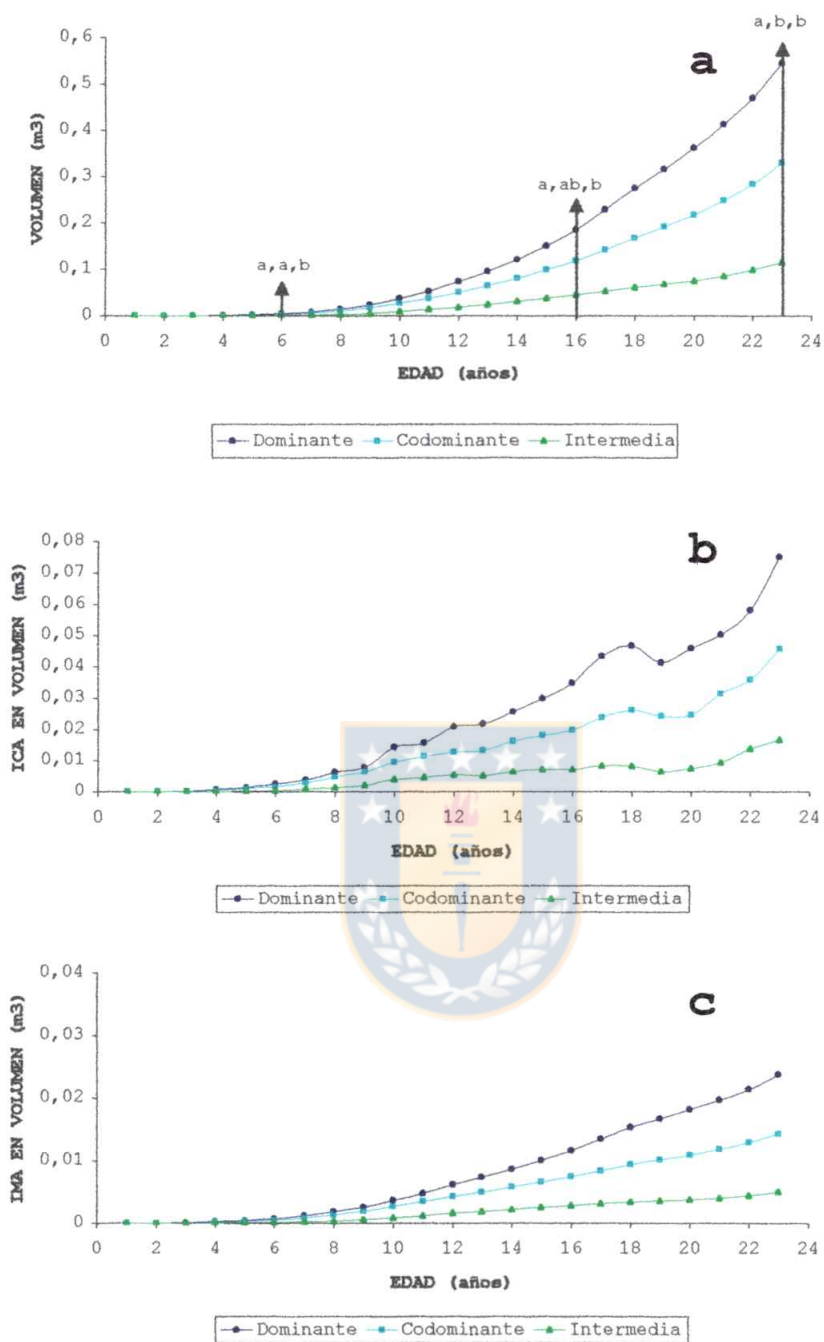


Figura 4. Crecimiento en volumen (a) e incremento corriente (b) y medio anual en volumen (c) por clase de copa (letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de las distintas clases de copa; $p < 0,05$, test de Tukey).

perfiles muestran deformaciones por nudos o ramas en los cortes transversales, especialmente en los tres últimos períodos.

En los primeros cinco años se evidencia un período de rápido crecimiento en el cual el ancho de los anillos es mayor en la base que en el ápice, sugiriendo árboles jóvenes creciendo libres de competencia con sus vecinos (Farrar 1961).

En los períodos de 6-10 y 10-15 años, el incremento radial aumenta desde la base a sectores medios del fuste, ubicándose alrededor del 20% y del 40% de la altura total, respectivamente. Probablemente esto refleja el cierre de las copas y el comienzo del sombreado de las ramas más bajas (Farrar 1961; Espinosa et al 1988).

En los dos últimos períodos el máximo incremento radial se desplaza hacia el ápice; encontrándose en las proximidades de la copa viva, asociado con aquella sección de la copa con más follaje (Espinosa et al. 1988). En el último período de control, la base de la copa viva para las tres clases se ubica alrededor del 50% de la altura total, y los máximos incrementos están entre un 5% y un 15% por sobre ésta.

El crecimiento radial en los cinco períodos estudiados, es similar al encontrado por numerosos investigadores en varias especies, principalmente en coníferas (Farrar 1961; Assmann 1970; Barker 1980; Espinosa 1985).

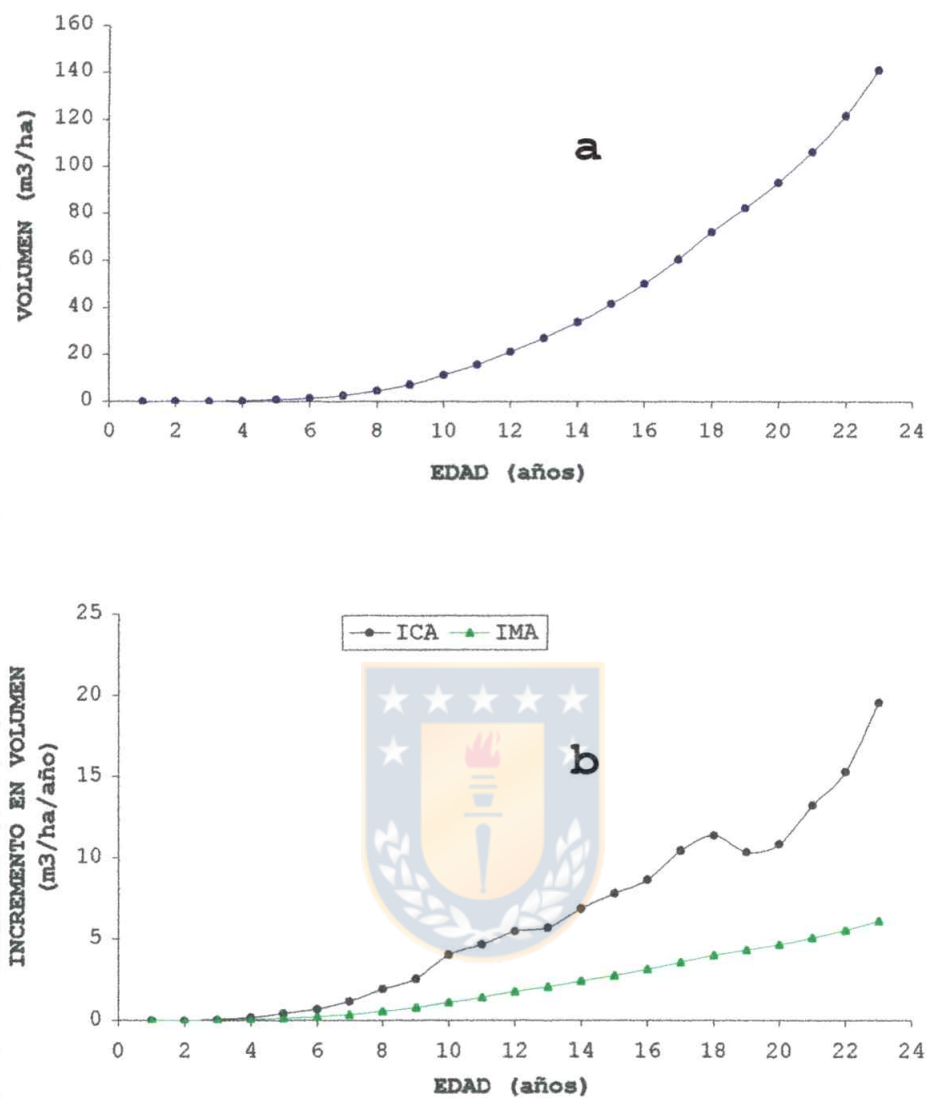


Figura 5. Crecimiento en volumen total (a) e incremento corriente y medio anual en volumen (b) de la plantación.

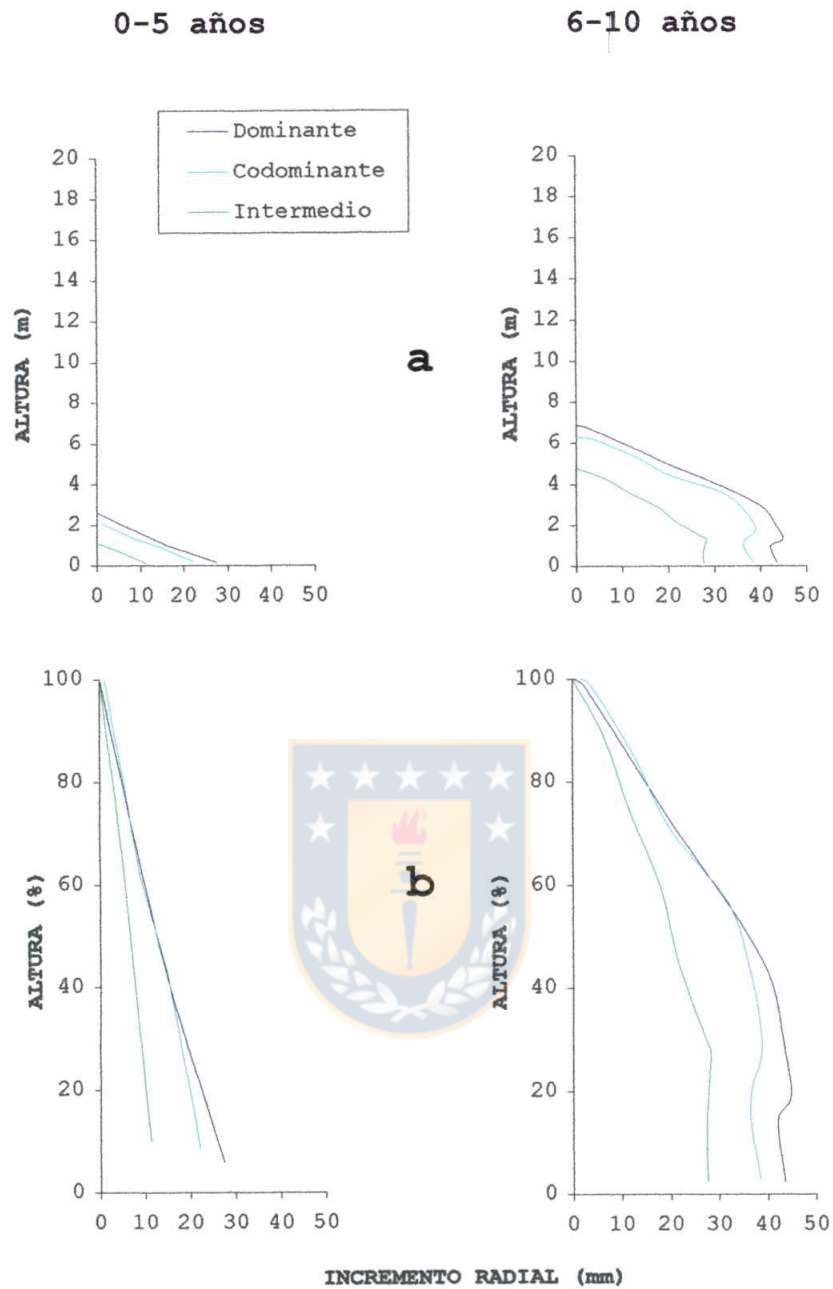


FIGURA 6. Incremento radial a diferentes alturas absolutas (a) y relativas (b) del fuste, para las tres clases de copa (continúa...)

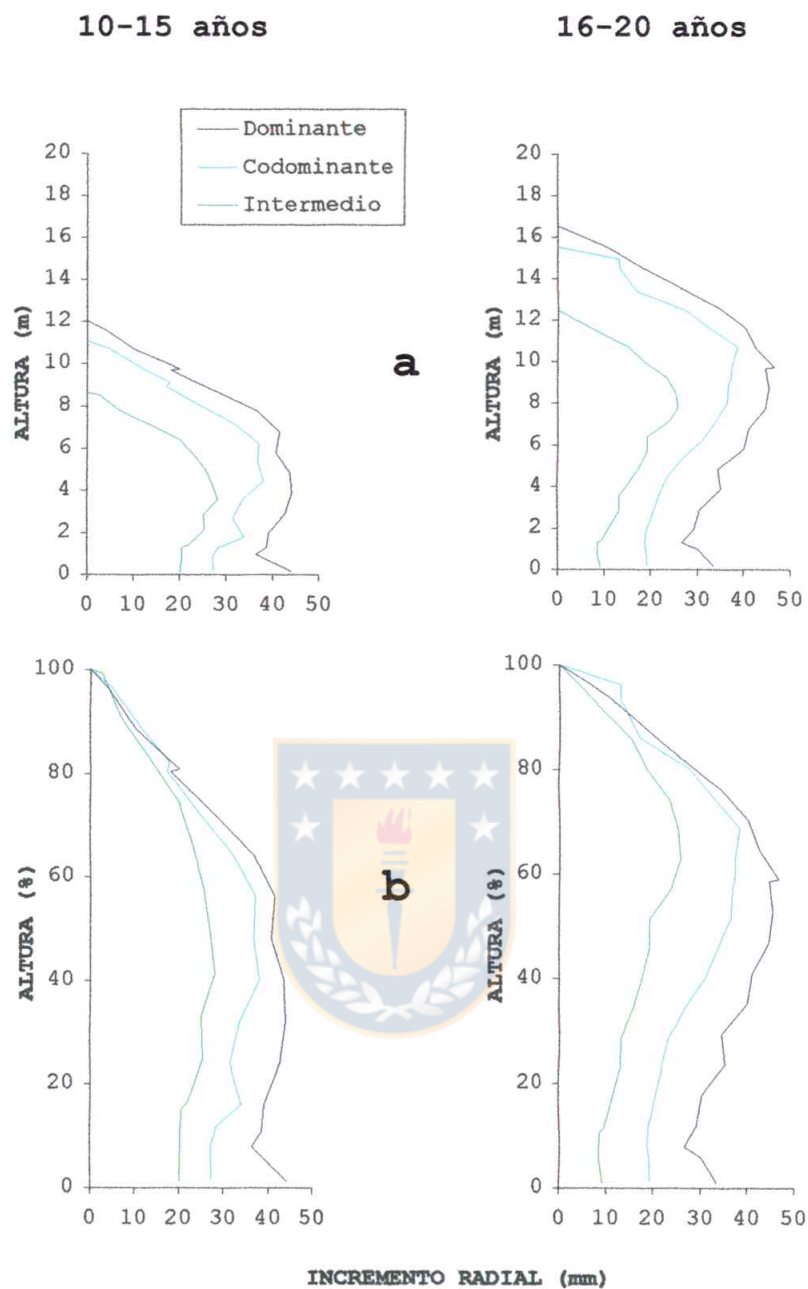


FIGURA 6. Incremento radial a diferentes alturas absolutas (a) y relativas (b) del fuste, para las tres clases de copa (continúa...)

21-23 años

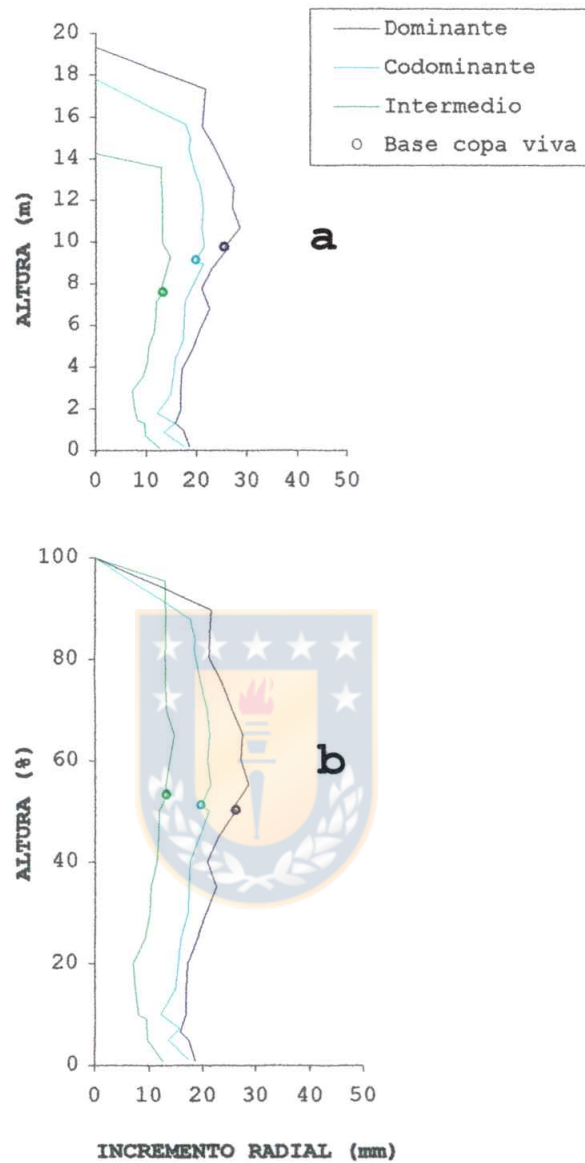


FIGURA 6. Incremento radial a diferentes alturas absolutas (a) y relativas (b) del fuste, para las tres clases de copa.

IV CONCLUSIONES

El crecimiento de los árboles dominantes en dap, área basal y volumen, es significativamente mayor que la de los árboles codominantes e intermedios.

La culminación del incremento corriente anual en altura se produce entre los 15 y 16 años para las tres clases de copa.

El máximo incremento corriente en diámetro ocurre a los 10 años en dominantes e intermedios, y a los seis en codominantes.

A los 23 años de edad el volumen en pie de los dominantes es 1,6 y 4,5 veces mayor que los codominantes e intermedios, respectivamente.

Las tasas de crecimiento anual por árbol son: en altura de 0,76 m; en dap de 0,94 cm y en volumen de 0,15 m³. Valores similares a los registrados para esta especie en las cercanías de Cañete y Villarrica.

La plantación ha alcanzado un incremento corriente anual (ICA) en volumen de 19,56 m³/ha, y un incremento medio anual (IMA) de 6,14 m³/ha.

El máximo incremento radial para las tres clases de copa, se ubica en las proximidades de la copa viva, asociado con la sección de copa que posee más follaje.

Las tres clases de copa presentan un patrón similar de incremento radial a lo largo del fuste. El mismo patrón se ha observado por otros autores en esta y otras especies, principalmente coníferas.



V RESUMEN

Se realizó un estudio de crecimiento en una plantación de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) de 23 años de edad, ubicada en las cercanías de Concepción, VIII región.

Mediante el análisis fustal de una muestra de árboles seleccionados según la distribución diamétrica del rodal, se reconstituyó el crecimiento histórico para las variables altura, diámetro, área basal y volumen. Además se analizó el incremento radial a lo largo del fuste en distintos períodos de crecimiento.

Se detectó diferencias significativas entre la clase dominante e intermedia en todas las variables de estado analizadas. Además se observó un aumento en los incrementos de las variables diámetro, área basal y volumen producto del raleo realizado a la plantación.

El volumen total acumulado de la plantación es de 141 m³/ha, del cual un 71% está concentrado en la clase codominante. La altura y el dap medio del rodal son de 17,6 m y 21,8 cm, respectivamente.

VI SUMMARY

The growth and yield of a 23-year-old Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) plantation, located near the city of Concepción, Chile, was assessed by stem analysis of a sample of trees selected according to the diameter classes presented in a stand.

Historical growth was reconstructed for the variables of height, diameter, basal area and volume. Also, the longitudinal variation in sequential radial growth was analyzed.

The results of the stem analysis show significant differences between dominant and intermediate trees for all the studied variables. Besides, a growth in the diameter, basal area and volume increment curve was observed, as a result of thinning.

The total volume of the stand is 141 m³/ha, 71% of which is concentrated in the codominant trees. The stand reaches a total height of 17.6 m and 21.8 cm of dbh.

VII BIBLIOGRAFIA

Assmann, E. 1970. The principles of forest yield study. Pergamon Press, Oxford.

Baldini, J. 1994. Análisis de crecimiento de un rodal adulto de *Pinus radiata* D. Don. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile.

Barker, J.E. 1980. Bole growth patterns of *Pinus radiata* D. Don in relation to fertilization, bending stress, and crown growth. N.Z.J. For. Sci. 10: 445-459.

Bucarey, B. 1968. El género *Pseudotsuga*. Publicación Científica 12. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Carrasco, P., J. Millán y L. Peña. 1993. Suelos de la cuenca del río Bio Bio, características y problemas de uso. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

Contreras, M. y B. Smith. 1973. Estudio preliminar de incremento y rendimiento de pino oregón en la región sur de Chile. Tesis de Grado. Facultad de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.

Daniel, T., J. Helms y F. Baker. 1982. Principios de Silvicultura. Mc Graw-Hill. México.

- Emanuelli, P. 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. Memoria de Título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. Concepción, Chile.
- Espinosa, M. 1985. Growth and structure of three adjacent 22 year-old Douglas-fir stands in the Oregon Coast Range. Ph.D. thesis, Oregon State University. Corvallis, Oregon.
- Espinosa, M., J. García y E. Peña. 1988. Evaluación del crecimiento de una plantación de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) a los 34 años de edad. *Agro-Ciencia* 4: 67-74.
- Farrar, J. 1961. Longitudinal variation in the thickness of the annual ring. *For. Chron.* 37: 323-331.
- Geofísica. 1982. Anuario meteorológico. Departamento de Física. Facultad de Ciencias. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Grosse, H. 1994. Algunas especies forestales promisorias para Chile. Tercer Taller Silvícola: "Diversificación y Silvicultura. Nuevas experiencias". Fundación Chile-Grupo Silvícola-Conaf. Concepción, Chile.
- Husch, B., C. Miller and T. Beers. 1972. *Forest Mensuration*. The Ronald Press Company. New York.

- Prodan, M, R. Peters, F. Cox y P. Real. 1997. Mensura Forestal. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica.
- Rayner, M. 1991. Estimation of true height from karri (*Eucalyptus diversicolor*) stem analysis data. Aust. For. 54(1&2): 105-108.
- Rocuant, L. 1967. Análisis de las plantaciones de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco) en Chile. Circular Informativa 18. Escuela de Agronomía. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.
- Rodríguez, G. 1975. Antecedentes sobre tres especies forestales exóticas en la Provincia de Malleco. Tesis de Grado. Universidad de Concepción. Los Angeles, Chile.
- Sanhueza, A. 1998. Cultivo de Pino Oregón (*Pseudotsuga menziesii* Mirb. Franco). CONAF. Santiago, Chile.
- Smith, D. 1986. The practice of silviculture. John Wiley and Sons. New York.
- Spurr, S. and B. Barnes. 1980. Forest Ecology. Third Edition. John Wiley and Sons. New York.
- Steel, R y J. Torrie. 1988. Bioestadística: principios y procedimientos. McGraw-Hill/Interamericana. México.

VIII APENDICE

TABLA 1 A. Tabla de rodal de la plantación.

Clase de dap (cm)	Frecuencia (arb/ha)	Altura total (m)	Area basal (m ² /ha)
12	10	11,59	0,1131
14	0	12,94	0,0000
16	15	14,11	0,3016
18	25	15,14	0,6362
20	75	16,07	2,3562
22	80	16,90	3,0411
24	90	17,67	4,0715
26	50	18,37	2,6546
28	35	19,02	2,1551
30	15	19,62	1,0603
32	10	20,19	0,8042
34	10	20,72	0,9079
Total	415		18,1019

$$Ht = -10,200892 + 8,7689357 * \ln(\text{dap})$$