

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO SILVICULTURA

CRECIMIENTO DE UN RODAL DE *Pinus radiata* D. Don
EN TRUAMOS DE LA PROVINCIA DEL BIO - BIO
SOMETIDO A MANEJO INTENSIVO



POR

LEONARDO IGNACIO ITURRIA DELLAROSSA

MEMORIA PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION-CHILE
1997

CRECIMIENTO DE UN RODAL DE *Pinus radiata* D. Don EN TRUMAOS
DE LA PROVINCIA DEL BIO-BIO SOMETIDO A MANEJO INTENSIVO

Profesor Asesor

Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Asociado,
Ingeniero Forestal, Ph.D.

Profesor Asesor

Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente,
Ingeniero Forestal, M.Sc.

Director Departamento
Silvicultura

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

Decano Facultad
Ciencias Forestales

Jaime García Sandoval
Profesor Asociado,
Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título:

Miguel Espinosa Bancalari	85	Puntos.
Jorge Cancino Cancino	82	Puntos.

Mi más sincero agradecimiento a todas las personas que de una u otras forma ayudaron a ser realidad este trabajo.

En especial:

A don Miguel Espinosa por su constante colaboración, orientación, consejo oportuno y enseñanzas que me permitieron clarificar conceptos y ejecutar con feliz término el presente trabajo.

A don Jorge Cancino por la disposición prestada.

A mis amigos y compañeros.



A MI MADRE PIA DELLAROSSA, MI PADRE JORGE ITURRIA Y MIS
HERMANOS MARCELO Y DAVID POR SU APOYO, CONFIANZA,
SACRIFICIO Y COMPRENSION.



INDICE DE MATERIAS

CAPITULO		PAGINA
I	INTRODUCCION.....	1
II	MATERIALES Y METODOS.....	2
	2.1 Descripción del área de estudio.....	2
	2.2 Descripción del rodal en estudio.....	3
	2.3 Métodos.....	4
	2.4 Análisis de los datos.....	6
III	RESULTADOS Y DISCUSION.....	8
	3.1 Desarrollo histórico del rodal.....	8
	Crecimiento en diámetro.....	8
	Crecimiento en área basal.....	9
	Crecimiento en altura.....	11
	Crecimiento en volumen.....	14
	Crecimiento en volumen de la plantación.....	14
	3.2 Biomasa.....	15
	Biomasa de los árboles muestra.....	15
	Modelos de biomasa de árboles muestra.....	18
	Biomasa de la plantación.....	21
IV	CONCLUSIONES.....	25
	4.1 Estudio de crecimiento.....	25
	4.2 Estudio de biomasa.....	26
V	RESUMEN.....	27
	SUMMARY.....	28
VI	LITERATURA CITADA.....	29
VII	APENDICE.....	33

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Edad o período de mayor incremento en diámetro en rodales de pino radiata a diferentes edades.....	9
2 Edad o período de mayor incremento en altura en rodales de pino radiata a diferentes edades.....	11
3 Valores medios de biomasa (kg/árbol) y porcentaje de participación de cada componente de los árboles muestra.....	19
4 Modelos seleccionados para los distintos componentes del árbol.....	20
5 Biomasa de cada componente (t/ha) para los árboles muestra.....	22
6 Biomasa aérea por clase diamétrica estimada por componente y total.....	23
7 Biomasa por clase diamétrica de los distintos componentes del árbol en la biomasa total.....	24
<u>En el apéndice</u>	
1-A Tabla de rodal y existencia del rodal en estudio.....	33
2-A Características medias de los árboles muestra.....	34

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Ubicación del área de estudio..... 2
2	Vista panorámica del rodal de pino radiata.... 3
3	Vista parcial del rodal de pino radiata..... 4
4	Crecimiento en diámetro (a) e incremento corriente anual en diámetro (b) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios..... 10
5	Crecimiento en área basal (a) e incremento corriente anual en área basal (b) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios..... 12
6	Crecimiento en altura (a) e incremento corriente anual en altura (b) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios..... 13
7	Crecimiento en volumen (a), incremento corriente anual en volumen (b) e incremento medio anual en volumen de los árboles dominantes, codominantes e intermedios..... 16
8	Crecimiento en volumen del rodal (a) e incremento corriente y medio anual en volumen del rodal (b)..... 17
<u>En el apéndice</u>	
1-A	Distribución diamétrica del rodal, utilizada para la selección de los árboles muestra..... 33

I. INTRODUCCION

Pino radiata es la especie de mayor importancia económica en Chile, por lo que resulta fundamental disponer del máximo de información sobre el comportamiento de esta especie bajo distintas condiciones de manejo, clima y suelo.

El crecimiento, expresado en función de la biomasa, puede ser utilizado para determinar la cantidad de materia biológica disponible en un ambiente y momento determinado y mediante la reconstitución histórica del crecimiento se hace posible conocer el comportamiento de los árboles a través de los años.

En el país no existen mayores antecedentes publicados respecto a estudios de crecimiento y biomasa en rodales jóvenes. Por lo que el presente trabajo, desarrollado en un rodal de *Pinus radiata* de 18 años de edad, que crece en un sitio clase I y que ha sido manejado intensivamente, pretende hacer un aporte al conocimiento en esta materia.

Principalmente se determinó el crecimiento histórico, se cuantificó la biomasa actual y se ajustó modelos que permiten estimar el peso aéreo total y el de los distintos componentes del árbol.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Descripción del área de estudio.

El rodal de pino radiata analizado está ubicado en el Fundo Los Alpes, localizado 20 km hacia el Sur-Este de la Comuna de Santa Bárbara, VIII región (Figura 1).



FIGURA 1. Ubicación del área de estudio.

El clima presente en el área de estudio es del tipo templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo sub-húmedo. La temperatura media anual es de 13,8 °C, con una media máxima en enero de 24,3 °C y en Julio de 3,9 °C. El período libre de heladas es de 193 días, con un promedio de 18 heladas por año. El régimen hídrico registra una precipitación media anual de 1389 mm y un período seco de cinco meses (Santibáñez y Uribe, 1993).

El suelo pertenece a la serie Santa Bárbara. Es de origen volcánico, de textura franco limosa, sin limitantes de fertilidad ni drenaje. Es un suelo típico en posición de lomajes suaves, susceptible a la erosión ligera de manto (Carrasco, 1981).

2.2 Descripción del rodal en estudio.

El rodal en estudio, de aproximadamente 10 hectáreas de superficie, fue establecido en el año 1978 a una densidad nominal de 2200 plantas/ha, teniendo 18 años a la fecha de la realización del estudio. Su densidad actual es de 236 árboles/ha, con un área basal de 31 m²/ha. Un 80% de los árboles presenta buena forma de fuste y copa (Figura 2).



FIGURA 2. Vista panorámica del rodal de pino radiata.

El objetivo de la plantación es la obtención de madera libre de nudos para debobinado. El manejo silvícola fue realizado con un alto grado de intensidad, ejecutándose tres intervenciones de poda, a los 5, 7 y 11 años de edad, a una altura de 3, 6 y 12 m, respectivamente, y tres raleos, a los 9, 12 y 18 años de edad con una densidad residual de 1600, 900 y 236 árboles por hectárea (Figura 3).

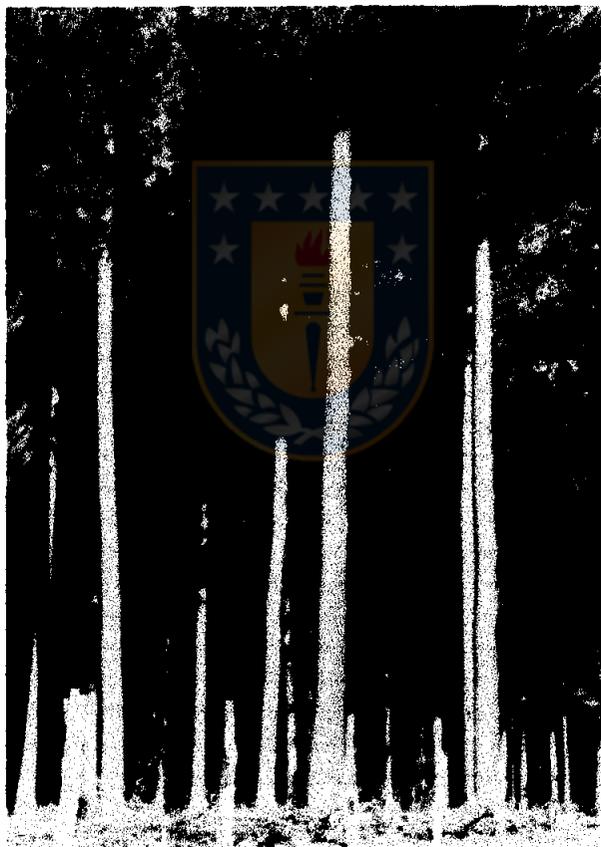


FIGURA 3. Vista parcial del rodal de pino radiata.

2.3 Métodos.

La selección de árboles muestra se basó en la distribución diamétrica del rodal. Esta se dividió en tres rangos de dap

(28-38, 38-44 y 44-54 cm) (Apéndice, Figura 1-A), con 78,79 y 79 árboles por rango, obtenidos de un pre-muestreo (Apéndice, Tabla 1 A). Las clases de dap se asimilaron a las clases de copa existentes en el rodal: dominantes, codominantes e intermedios (Smith, 1986). Doce árboles muestra, cuatro por cada clase de copa, todos próximos al árbol de área basal media de cada rango, fueron seleccionados¹; nueve de estos árboles, tres por cada clase de copa, fueron utilizados para determinar la biomasa de la copa.

Una vez seleccionados los árboles, y previo al volteo, se les marcó y midió su diámetro a 0,1 y 1,3 metros, además de marcar el norte. Después del volteo, se determinó la base de la copa viva, midiéndose la altura total y la longitud de copa viva; posteriormente se dividió la copa en tres secciones de igual longitud, las que fueron pesadas en terreno, para luego seleccionar (al azar) tres ramas por sección, las que fueron trasladadas al laboratorio para ser secadas en un horno de ventilación forzada, a una temperatura de 75° C hasta la obtención de pesos constantes.

Del fuste se obtuvieron rodela de 2 a 4 cm de espesor en el tocón, dap, base de la copa y de cada sección de la copa, además de rodela cada 3,2 metros a lo largo del fuste; también se registró la longitud y diámetro de cada

¹ Las características medias de los árboles muestra se presentan en el apéndice (Tabla 2-A).

sección. En laboratorio, se midieron dos diámetros perpendiculares entre si en cada rodela (con y sin corteza) y se obtuvo el radio correspondiente al promedio geométrico; posteriormente, se ubicó un radio desde la médula al cambium cuya magnitud fuera igual al promedio antes obtenido. Sobre ese radio se midió la distancia acumulada de año en año (Biging y Wensel, 1988). El volumen de las rodelas se determinó por desplazamiento de agua y el de cada sección mediante la fórmula de Smalian (Hush et al., 1972).

Posterior a la medición de los anillos, las rodelas fueron secadas y pesadas sin corteza, para luego repetir este procedimiento con la corteza.

2.4 Análisis de los datos.

A partir de la medición anual de los anillos de crecimiento en rodelas extraídas a distintas alturas del fuste, se obtuvo la información para ajustar las relaciones altura/edad, dap/edad, área basal/edad y volumen/edad. Se obtuvo gráficas de crecimiento e incremento corriente anual, para cada variable en estudio. Al no disponer de funciones de volumen en función de las edad aplicable a la plantación, se utilizó como base los árboles empleados en el análisis fustal. Por tratarse de los árboles más cercanos al área basal media, se obtuvo el volumen por hectárea de cada clase de copa (dominantes, codominantes e intermedios) por simple extrapolación del volumen de los árboles individuales (Heikurinen y Kershav, 1986). Los datos de diámetro, área basal, altura y volumen fueron

sometidos a análisis de varianza y las medias entre clases de copas fueron comparadas mediante el test de diferencia mínima significativa (DMS) para comparaciones múltiples ($p=0,05$) (Steel y Torrie, 1988).

La densidad básica de la madera (g/cm^3), se determinó mediante la relación entre el peso seco y el volumen verde de las rodelas antes mencionadas (Kollmann, 1968). La biomasa del fuste (madera y corteza) de cada troza se estimó con los valores del volumen cúbico y la densidad básica y la biomasa de la copa de cada árbol, mediante la relación existente entre el peso verde y peso seco de los distintos componentes; para tal efecto, se utilizó tres ramas por cada sección de la copa, a las que se le obtuvo su peso verde y su peso seco.

Con los datos de biomasa aérea total de los árboles y de los distintos componentes (acículas, ramillas, ramas, corteza y madera del fuste), se ajustaron regresiones lineales simples; se consideró como variables predictoras de la biomasa: el diámetro de tocón, el diámetro a la altura del pecho, el diámetro en la base de la copa viva, la altura de copa, la longitud de copa y la altura total. La determinación de los mejores modelos se efectuó considerando la sencillez estructural del modelo, el coeficiente de determinación, el error estándar de estimación y el error cuadrático medio.

Una vez conocidos los modelos se aplicaron a la tabla de rodal obtenida del pre-muestreo y se obtuvieron relaciones entre la biomasa y el diámetro.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Desarrollo histórico del rodal.

Crecimiento en diámetro. El crecimiento en diámetro de los árboles no presenta diferencias significativas entre las distintas clases de copa hasta los 10 años, donde los árboles dominantes y codominantes experimentan un crecimiento en diámetro significativamente mayor que los árboles intermedios (Figura 4a). A partir del año 15 los árboles dominantes crecen en diámetro significativamente más que los árboles codominantes e intermedios.

Los incrementos corrientes anuales en diámetro culminan a los cuatro años en los árboles dominantes, codominantes e intermedios, con incrementos de 4,09, 3,44 y 2,89 cm respectivamente (Figura 4b). Los árboles dominantes muestran una segunda culminación a los 6 años (3,46 cm) y una tercera a los 15 años (3,18 cm); los árboles codominantes presentan una segunda culminación a los 9 años (2,89 cm) y una tercera a los 12 años (2,59 cm) y los árboles intermedios una segunda culminación a los 12 años (2,38 cm). Los árboles de las distintas clases de copa alcanzan a los 18 años incrementos corrientes en diámetro de 1,53, 1,34 y 1,13 cm, respectivamente. La edad de culminación del crecimiento en diámetro es comparable a la registrada en otros estudios similares con esta especie, en rodales de edad, condición de manejo y sitio distintos (Tabla 1).

TABLA 1. Edad o período de mayor incremento en diámetro en rodales de pino radiata a diferentes edades.

Autor	Edad del rodal (años)	Edad de culminación del incremento en diámetro (años)
Espinosa (1989)	14	4-6
Hernández (1991)	16	5-6
Lastra (1992)	21	4-6
Baldini (1994)	52	3-7
Correa (1995)	18	7
Este estudio	18	4

Crecimiento en área basal. El crecimiento en área basal, al igual que el crecimiento en diámetro, no presenta diferencias significativas hasta el año 10, donde los árboles dominantes y codominantes experimentan un crecimiento significativamente mayor que los intermedios (Figura 5a); a partir del año 14 los árboles dominantes crecen en área basal significativamente más que las restantes clases de copa.

El incremento corriente anual en área basal de los árboles dominantes aumenta rápida y sostenidamente hasta el año 15, edad en que alcanza su máximo valor (0,019 m²) (Figura 5b). En los años 12 y 13 culminan los incrementos en área basal de los árboles codominantes e intermedios con valores de 0,011 y 0,009 m²/árbol. Los árboles dominantes, codominantes e intermedios a los 18 años poseen incrementos en área basal de 0,011, 0,008 y 0,006 m²/árbol, respectivamente.

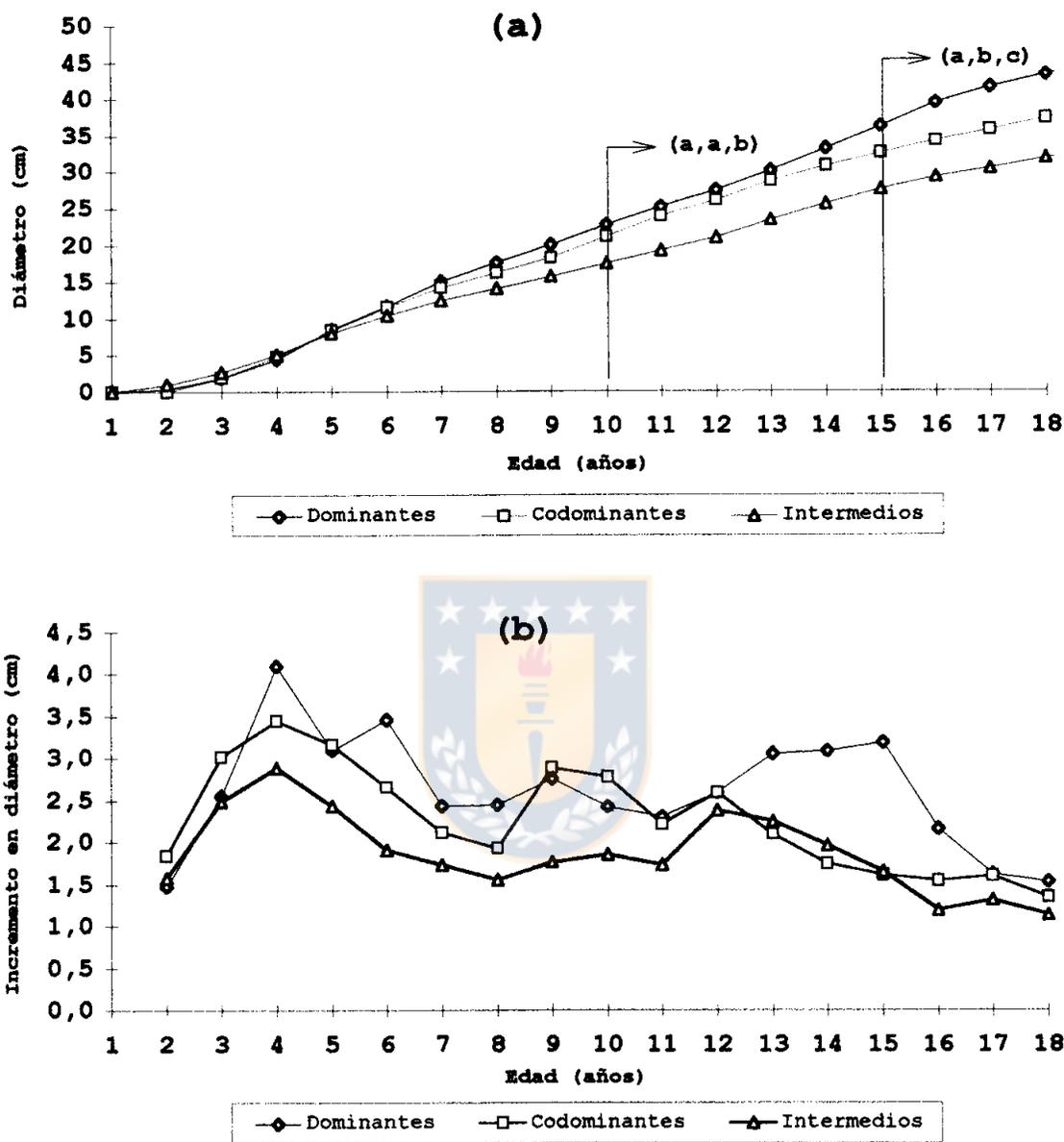


FIGURA 4. Crecimiento en diámetro (a) e incremento corriente anual en diámetro (b) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios (letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de las distintas clases de copa; $P \leq 0,05$, test DMS) .

Crecimiento en altura. El crecimiento en altura de las tres clases de copa no presenta diferencias significativas (Figura 6a). Las tasas promedios anuales son superiores a 1,7 m.

El incremento corriente anual en altura culmina a los 5 años (2,62 m) en los árboles dominantes, entre los 6 y 7 años (2,32 m) en los árboles codominantes y a los 4 años (2,35 m) en los árboles intermedios (Figura 6b). Las edades de culminación son comparables con las registradas en otros estudios similares en esta especie, bajo condiciones de manejo, edad y sitio distintas (Tabla 2).

TABLA 2. Edad o período de mayor incremento en altura en rodales de pino radiata a diferentes edades.

Autor	Edad del rodal (años)	Edad de mayor incremento en altura (años)
Espinosa (1989)	14	7-9
Hernández (1991)	16	7-8
Baldini (1994)	52	3-12
Este estudio	18	4-7

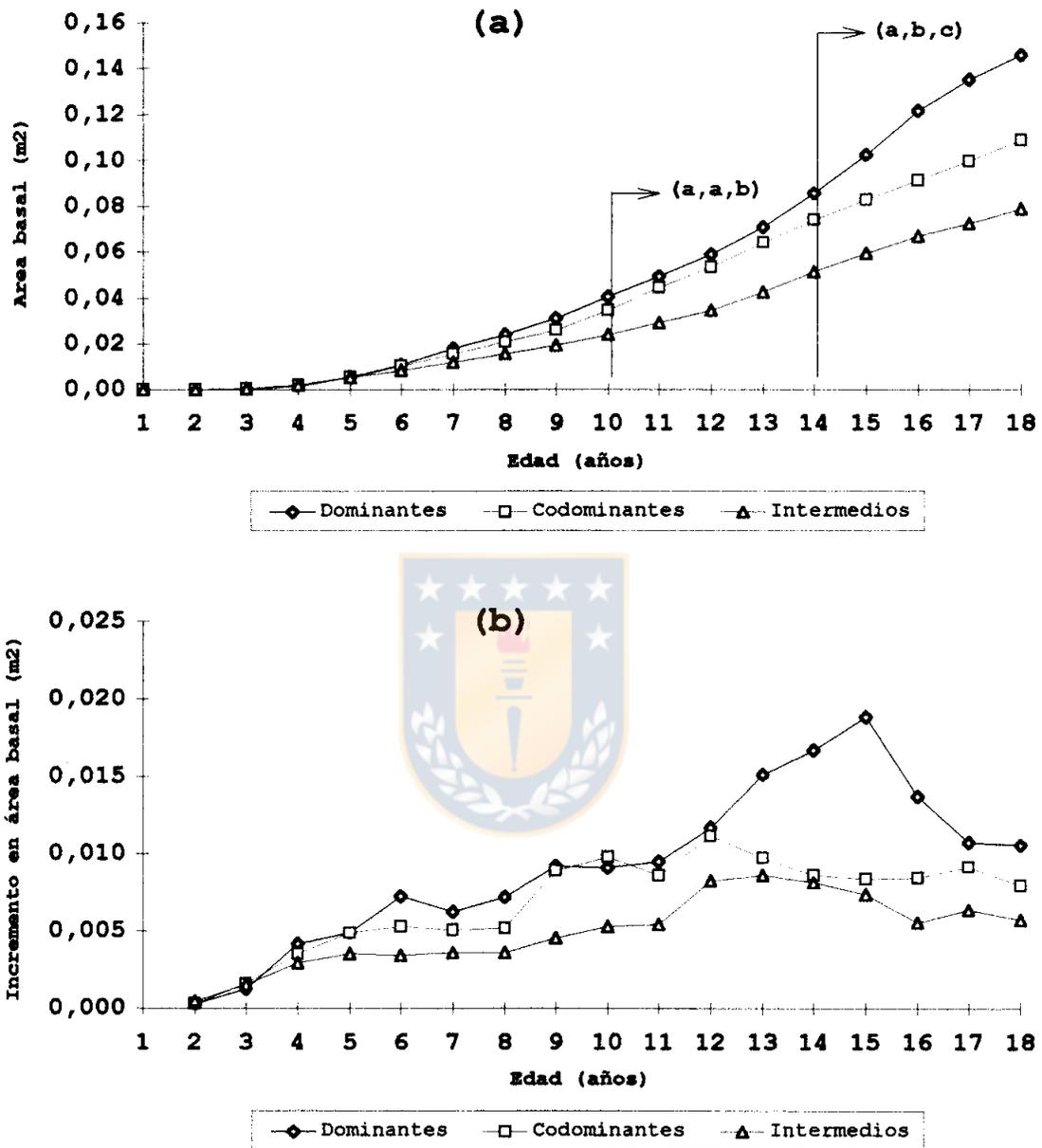


FIGURA 5. Crecimiento en área basal (a) e incremento corriente anual en área basal (b) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios (letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de las distintas clases de copa; $P \leq 0,05$, test DMS).

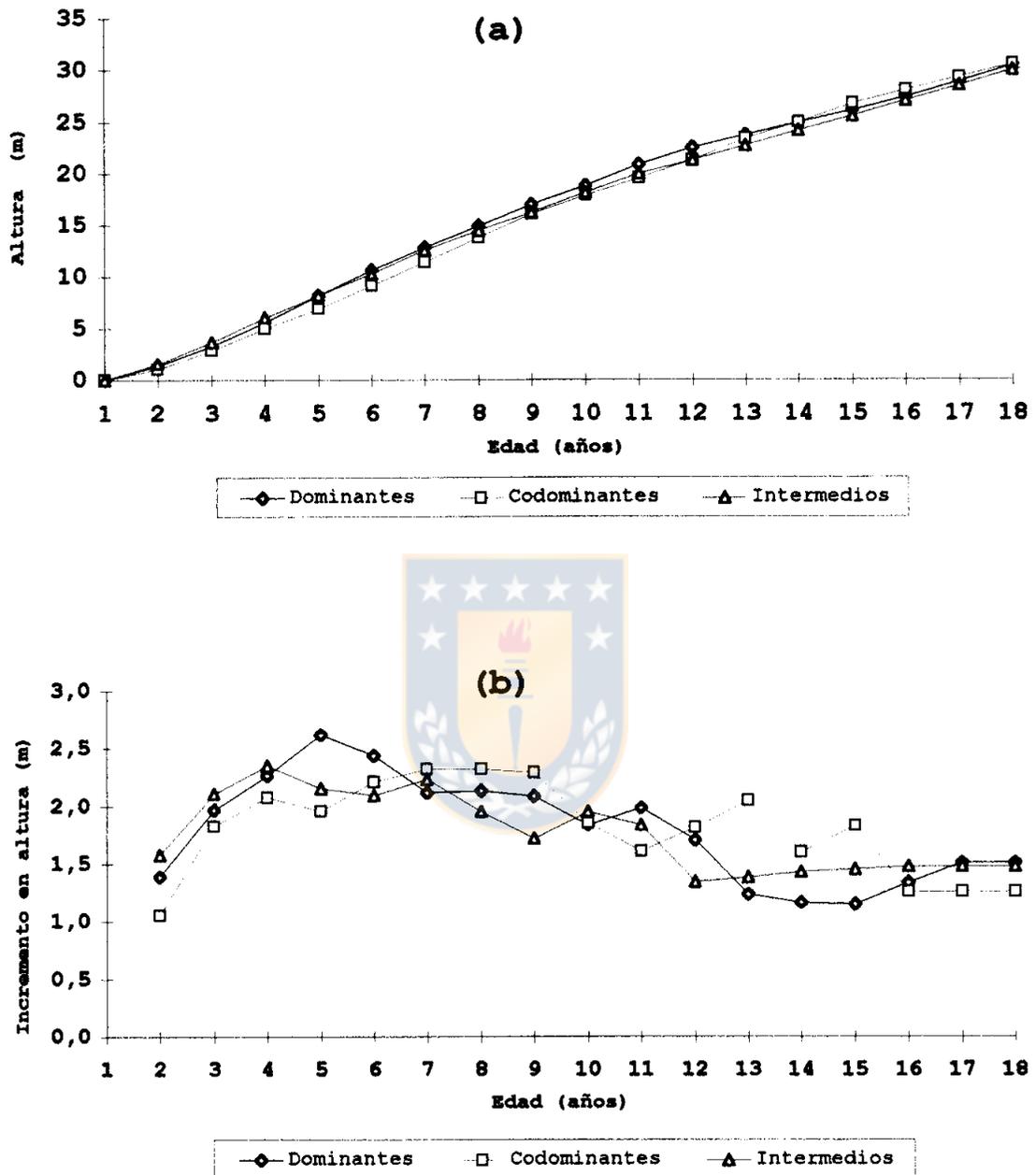


FIGURA 6. Crecimiento en altura (a) e incremento corriente anual en altura (b) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios.

Crecimiento en volumen. A partir de los nueve años los árboles dominantes logran un crecimiento en volumen significativamente mayor que los árboles intermedios y desde los 14 años con los árboles codominantes (Figura 7a). Estos últimos muestran diferencias significativas con los árboles intermedios a partir de los 16 años.

El incremento corriente anual en volumen de los dominantes aumenta rápida y sostenidamente hasta los 15 años ($0,2531 \text{ m}^3$) para luego decrecer y a los 18 años alcanzar un incremento de $0,1721 \text{ m}^3$ (Figura 7b). Los árboles codominantes e intermedios alcanzan a los 18 años incrementos en volumen de $0,1531$ y $0,1158 \text{ m}^3$ por árbol, respectivamente.

El incremento medio anual en volumen es similar para las tres clases de copa hasta los cinco años, luego de lo cual empiezan a diferenciarse gradual y sostenidamente (Figura 7c). A los 18 años, los árboles dominantes presentan incrementos medios anuales de $0,1131 \text{ m}^3$, los codominantes de $0,0865 \text{ m}^3$ y los intermedios de $0,0634 \text{ m}^3$ por árbol.

Crecimiento en volumen de la plantación. Después de un lento crecimiento inicial, que se prolonga hasta los tres años, el volumen de la plantación aumenta progresivamente hasta alcanzar a los 18 años un volumen total acumulado de $371,9 \text{ m}^3/\text{ha}$ (Figura 8a).

El incremento corriente en volumen de la plantación aumenta sostenidamente hasta el año 15 alcanzando un máximo de $41,8 \text{ m}^3/\text{ha}$, valor que tiende a disminuir hasta alcanzar a los 18

años 34,7 m³/ha. El incremento medio anual aumenta lentamente alcanzando 20 m³/ha a los 18 años (Figura 8b).

El volumen de la plantación también fue determinado mediante el uso de una función general disponible para el área donde se realizó el estudio (Peters et al., 1985), este fue de 331 m³/ha, un 12% menor que el calculado utilizando el método del árbol medio, lo que se explica por ser una función general que abarca desde la VI a la IX región, además de estimar el volumen hasta un diámetro límite de utilización igual a 10 cm.

3.2 Biomasa

Biomasa de los árboles muestra. Al comparar los valores de biomasa obtenidos para las distintas clases de copa se puede apreciar que los árboles dominantes presentan diferencias significativas en la mayoría de sus componentes (madera, corteza, fuste, y árbol total) con respecto a los árboles codominantes e intermedios, siendo la biomasa de los árboles dominantes 1,2 y 1,6 veces mayor, respectivamente (Tabla 3). Sin embargo, no se presentan diferencias entre los valores medios de biomasa de las componentes acículas, ramillas, ramas y copa de las distintas clases de árboles.

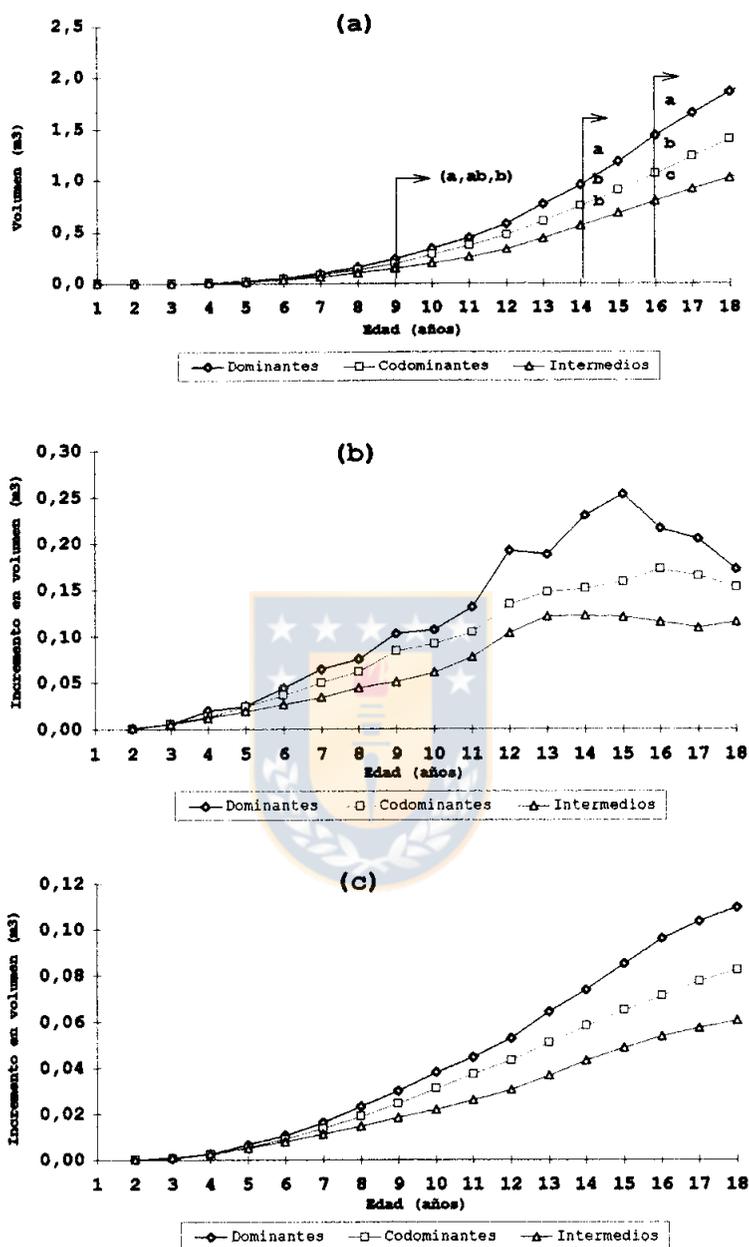


FIGURA 7. Crecimiento en volumen (a), incremento corriente anual en volumen (b) e incremento medio anual en volumen (c) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios (letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de las distintas clases de copa; $P \leq 0,05$, test DMS).

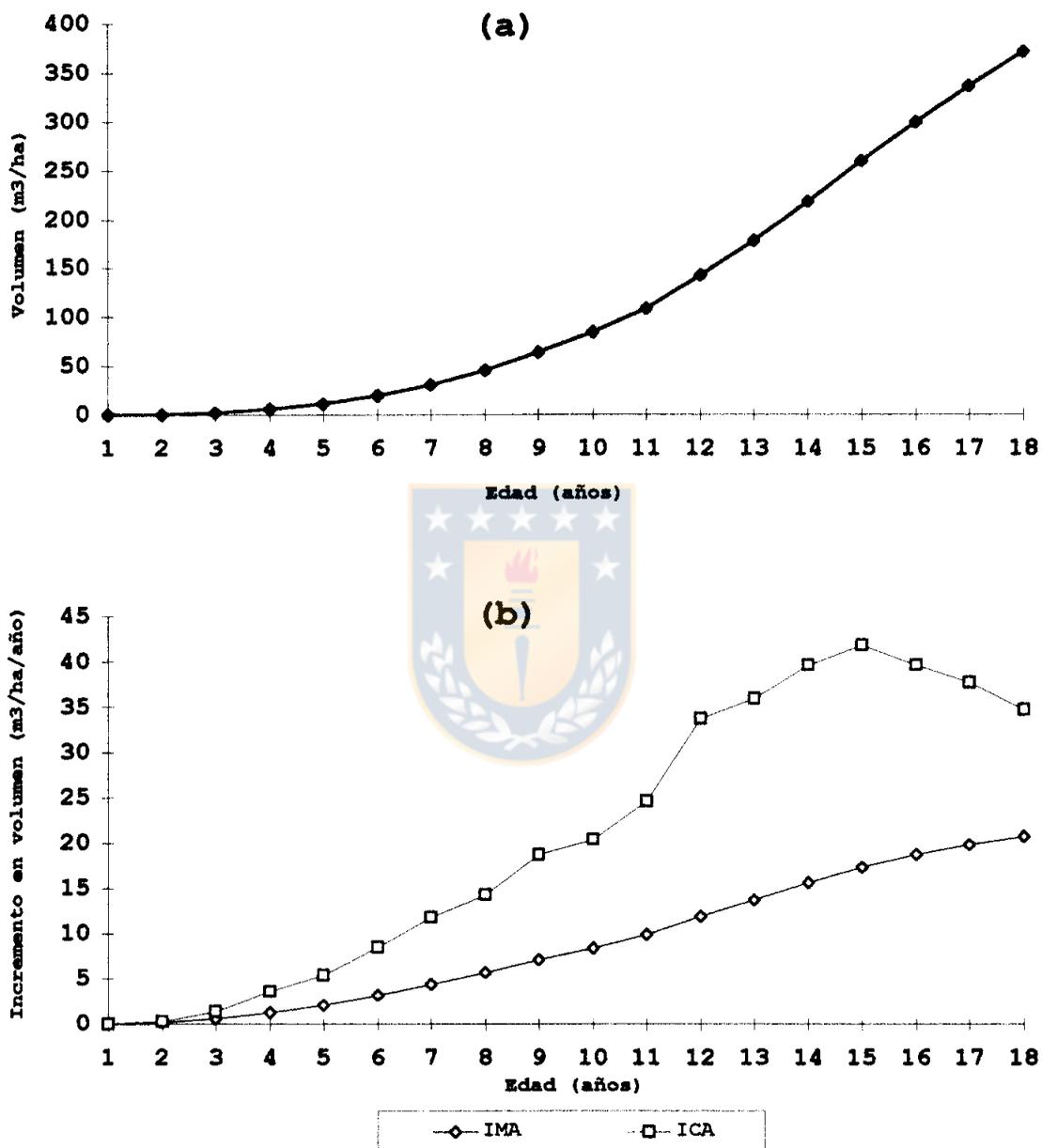


FIGURA 8. Crecimiento en volumen del rodal (a) e incremento corriente y medio anual en volumen del rodal (b).

La mayor proporción de biomasa total está representada por la madera del fuste y su corteza, los que aportan entre un 61 y 67% del total. El follaje (acículas, ramillas y ramas) representa entre un 26 y un 32%, porcentaje que disminuye a medida que aumenta el diámetro de los árboles.

Waring y Schlesinger (1985) señalan que con la edad la biomasa del fuste aumenta su participación respecto al total, mientras que la biomasa del follaje disminuye. Baldini (1994), en un rodal de pino radiata de 52 años de edad, sin manejo, localizado próximo a la ciudad de Concepción encontró que el 95% de la biomasa se concentraba en el fuste y sólo un 5% en el follaje.

Modelos de biomasa de árboles y componentes. Se encontró una mayor correlación entre el peso seco de las distintas componentes del árbol con el dap. El resto de las variables consideradas fueron descartadas por la baja significancia estadística que presentaban. La elección del dap como variable predictora de biomasa concuerda con lo encontrado por otros autores (e.g. Clark 1979 y Sing 1982 en pino contorta; Baker et al. 1984 en pino radiata y Espinosa 1985 en pino oregón). En la Tabla 4 se muestran los resultados de los modelos seleccionados para cada componente del árbol.

Tabla 3. Valores medios de biomasa (kg/árbol) y porcentajes de participación de cada componente de los árboles muestra.

Componente	Biomasa de los árboles muestra								
	Dominantes		Codominantes		Intermedios				
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)			
Madera fuste	339,9 a	(13,6)	66,9	267,5 b	(13,4)	64,2	198,6 c	(16,3)	61,8
Corteza fuste	27,0 a	(2,6)	5,3	23,0 ab	(3,4)	5,5	15,6 b	(2,1)	4,8
Total fuste	366,9 a	(18,1)	72,2	290,5 b	(16,1)	69,7	214,2 c	(18,1)	66,6
Acículas	39,3 a	(2,8)	7,7	36,1 a	(1,6)	8,7	26,9 b	(2,2)	8,4
Ramillas	22,9 a	(6,5)	4,5	17,1 a	(0,9)	4,1	15,7 a	(4,1)	4,9
Ramas	73,0 a	(10,0)	14,4	58,3 a	(10,4)	14,0	62,3 a	(3,5)	19,4
Total copa	135,2 a	(17,6)	26,6	111,5 a	(8,8)	26,8	104,9 a	(3,2)	32,6
Total árbol*	508,2 a	(4,7)		416,8 b	(1,9)		321,5 c	(24,1)	

* Peso seco total del árbol sobre el suelo.

Desviación de la media entre paréntesis. Dentro de cada fila, letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de una misma componente ($P <= 0,05$, test DMS).

TABLA 4. Modelos seleccionados para los distintos componentes del árbol.

Componente	Modelo	R ² %	EEE	ECM %	N
Madera fuste	Ps = 62,59 + 0,12 * dap ²	80,5	30,4	9,30	12
Corteza fuste	Ps = 3,62 + 0,01 * dap ²	55,6	4,9	0,20	12
Total fuste	Ps = 66,21 + 0,13 * dap²	81,6	32,0	10,20	12
Acículas	Ps = 17,39 + 0,0078 * dap ²	56,0	4,1	0,17	9
Ramillas	Ps = 11,14 + 0,000073 * dap ³	19,0	5,6	0,31	9
Ramas	Ps = 98,50 + 0,0013 * dap ³	22,0	9,5	0,98	9
Total copa	Ps = 88,68 + 0,00025 * dap³	48,0	9,7	0,94	9
Total árbol	Ps = 158,96 + 0,14 * dap²	92,0	24,7	6,12	9

Donde:

Ps: Peso seco (kg). dap Diámetro a la altura del pecho (cm).

R²: Coeficiente de determinación. EEE Error estándar de estimación.

ECM Error cuadrático medio. N: Número de árboles muestra utilizados.

Biomasa de la plantación. La biomasa aérea del rodal (Tabla 5) asciende a 97,68 t/ha, aportando los árboles intermedios un 26,3% del total, los codominantes un 34,1% y los dominantes un 39,6%. El fuste (madera y corteza) es el que contribuye con la mayor parte de la biomasa del árbol (70%), en tanto que la copa (acículas, ramillas y ramas) aporta un 30% de la biomasa aérea total.

El rodal tiene una biomasa promedio por hectárea de 93,4 t. De las cuales 65,03 t corresponden al fuste (60,2 t de madera y 4,9 t de corteza) y 25,02 t a la copa (13,3 t de ramas, 3,84 t de ramillas y 7,2 t de acículas) (Tabla 6).

La distribución de la biomasa de los distintos componentes de un árbol varía en función del dap (Tabla 7). El fuste es el componente del árbol que más aporta a la biomasa total, aumentando su participación porcentual a medida que incrementa el dap (desde un 60,8% para la clase 28 cm hasta un 75,4% para la clase 54 cm). En el follaje se observa la situación inversa, es decir, una disminución de la biomasa con respecto al dap (desde un 34,9% hasta un 22,3%). En el fuste la contribución porcentual de la biomasa de la madera varía desde 56,6% a 69,6% y la corteza desde un 4,3% hasta un 5,8%. En el follaje los porcentajes son los siguientes: 8,7% - 7,1% para las acículas; 4,7% - 3,9% para ramillas y 18,4% - 11,9% para ramas.

Tabla 5. Biomasa de cada componente para los árboles muestra.
Biomasa (toneladas/hectárea)

Componente	Biomasa (toneladas/hectárea)		
	Dominantes (t)	Codominantes (t)	Intermedios (t)
Madera fuste	25,9 a (1,04)	21,4 b (1,07)	15,9 c (1,30)
Corteza fuste	2,1 a (0,20)	1,8 ab (0,27)	1,2 b (0,17)
Total fuste	27,9 a (0,95)	23,2 b (1,29)	17,1 c (1,45)
Acículas	3,0 a (0,21)	2,9 a (0,13)	2,2 b (0,17)
Ramillas	1,7 a (0,49)	1,4 a (0,07)	1,3 a (0,32)
Ramas	5,5 a (0,76)	4,7 a (0,83)	5,0 a (0,28)
Total copa	10,3 a (1,34)	8,9 a (0,71)	8,4 a (0,26)
Total árbol	38,6 a (0,36)	33,3 b (0,15)	25,7 c (1,93)

* Peso seco total del árbol sobre el suelo.

Desviación de la media entre paréntesis. Dentro de cada fila, letras distintas indican que existe diferencia significativa entre las medias de una misma componente ($P \leq 0,05$, test DMS).

TABLA 6. Biomasa aérea por clase diamétrica (t/ha) estimada por componente y total.

Clase Dap (cm)	Arb/ha (n°)	Copa					Fuste			Total árbol (t)
		Acículas (t)	Ramillas (t)	Rama (t)	Total copa (t)	Madera (t)	Corteza (t)	Total fuste (t)		
28	12	0,28	0,15	0,60	1,13	1,83	0,14	1,97	3,24	
30	8	0,20	0,10	0,40	0,76	1,33	0,10	1,43	2,29	
32	6	0,15	0,08	0,31	0,58	1,08	0,08	1,17	1,82	
34	16	0,42	0,22	0,83	1,57	3,13	0,25	3,37	5,16	
36	18	0,50	0,26	0,96	1,80	3,81	0,30	4,11	6,16	
38	30	0,86	0,45	1,63	3,07	6,85	0,55	7,40	10,90	
40	34	1,02	0,54	1,89	3,55	8,38	0,68	9,05	13,10	
42	28	0,87	0,46	1,59	2,99	7,42	0,60	8,03	11,44	
44	28	0,91	0,48	1,64	3,07	7,98	0,65	8,63	12,12	
46	24	0,82	0,44	1,44	2,70	7,33	0,60	7,94	11,00	
48	16	0,57	0,31	0,99	1,85	5,23	0,43	5,67	7,76	
50	10	0,37	0,20	0,64	1,19	3,50	0,29	3,79	5,13	
52	4	0,15	0,09	0,26	0,49	1,49	0,12	1,62	2,17	
54	2	0,08	0,05	0,14	0,25	0,79	0,07	0,86	1,14	
Total	236	7,21	3,84	13,33	25,02	60,15	4,87	65,03	93,42	

TABLA 7. Participación por clase diamétrica de los distintos componentes del árbol en la biomasa total.

Clase Dap (cm)	Arb/ha (n°)	Copa					Fuste		
		Acículas (%)	Ramillas (%)	Rama (%)	Total copa (%)	Madera (%)	Corteza (%)	Total fuste (%)	
28	12	8,72	4,72	18,44	34,86	56,55	4,30	60,85	
30	8	8,54	4,57	17,62	33,29	57,96	4,46	62,42	
32	6	8,37	4,45	16,87	31,84	59,30	4,62	63,92	
34	16	8,20	4,34	16,17	30,49	60,57	4,77	65,34	
36	18	8,05	4,24	15,53	29,26	61,76	4,91	66,67	
38	30	7,91	4,16	14,95	28,13	62,88	5,04	67,92	
40	34	7,77	4,10	14,42	27,10	63,93	5,16	69,09	
42	28	7,65	4,04	13,94	26,16	64,91	5,28	70,18	
44	28	7,53	4,00	13,51	25,32	65,82	5,38	71,21	
46	24	7,42	3,97	13,13	24,57	66,67	5,49	72,16	
48	16	7,32	3,95	12,79	23,89	67,47	5,58	73,05	
50	10	7,22	3,94	12,48	23,29	68,21	5,67	73,88	
52	4	7,13	3,94	12,22	22,76	68,90	5,75	74,65	
54	2	7,05	3,95	11,98	22,29	69,55	5,82	75,37	
Total	236	7,71	4,11	14,27	26,78	64,39	5,22	69,60	

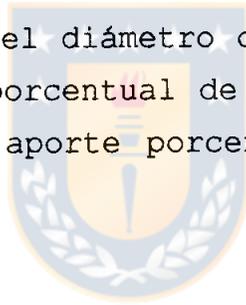
IV CONCLUSIONES

Estudio de crecimiento.

- Existe diferencia significativa entre clases de copa, en aquellas variables del rodal que se ven afectadas por el manejo del rodal como son diámetro, área basal y volumen.
- El incremento máximo en diámetro se presenta a los cuatro años para los árboles de las distintas clases de copa.
- El incremento en área basal es máximo entre los 13 y los 15 para los árboles de las distintas clases de copa.
- El crecimiento en altura no presenta diferencias significativas para las distintas clases de copa.
- El crecimiento en volumen es diferente para las tres clases de copa a partir de los 16 años, alcanzando un máximo incremento corriente en volumen a los 15 los árboles dominantes y a los 16 los árboles codominantes.

Estudio de biomasa.

- La biomasa del fuste a diferencia de la biomasa de la copa, difiere entre clases de copa.
- La biomasa de los árboles dominantes es 1,2 y 1,6 veces mayor que la biomasa de los árboles codominantes e intermedios.
- El diámetro a la altura del pecho es la mejor variable predictora de biomasa para los distintos componentes del árbol (acículas, ramillas, ramas, corteza y madera).
- A medida que aumenta el diámetro de los árboles (28 a 54 cm) aumenta el aporte porcentual de biomasa del fuste (60% a 75%) y disminuye el aporte porcentual de biomasa de la copa (34% a 22%).



V. RESUMEN

Se realizó un estudio de crecimiento y biomasa en un rodal de *Pinus radiata* sometido a condiciones intensivas de manejo, ubicado a 20 km hacia el sureste de la Comuna de Santa Bárbara, Provincia del Bío-Bío, VIII región.

Mediante un análisis fustal se reconstituyó el crecimiento histórico para las variables diámetro, área basal, altura y volumen. Se cuantificó la biomasa actual del rodal, para cada uno de los componentes del árbol (acículas, ramillas, ramas, corteza y fuste), además de generar modelos predictores de biomasa.

Se detectó diferencias significativas en aquellas variables que son afectadas por el manejo del rodal como son diámetro, área basal y volumen. El volumen alcanzado por la plantación es de 371,9 m³/ha, un 12% superior al compararlo con una función general para la zona.

La biomasa del fuste difiere significativamente entre clases de copa, no ocurriendo esto con la biomasa de la copa. Los aportes porcentuales de la biomasa son en promedio de 69,5% para el fuste (64,3% de madera y 5,2% de corteza) y de 28,7 para la copa (8,3% de acículas, 4,5% de ramillas y 15,9% de ramas).

SUMMARY

It was accomplished a growth and biomass study in a radiata pine stand (*Pinus radiata* D. Don) under an intense managing program, located to 20 km toward the southeast of Santa Barbara, Province of Bio-Bío, 8th region.

Through an stem analysis was studied the historical growth of diameter breast height, basal area, height and volume variables. It was quantified the biomass of the stand, for each one of the components of the tree (needles, twigs branches, stem bark and stem wood), in addition to obtain models to predict biomass.

The growth evidenced significance differences in those variables that are affected by stand management such as diameter of the breast height, basal area and volume. The volume reached by the plantation is of 371.9 m³/ha, the growth is higher than the volume obtained using a general volume model for the same area.

The stem biomass showed significant differences among the dominant, codominant and intermediate trees, the average biomass for each component of the tree is of 69.5% for stem (64.3% for wood and 5.2% for bark) and of 28.7% for crown (8.3% for needles, 4.5% for twigs and 15.9% for branches).

VI. LITERATURA CITADA

1. Baker, T.G., Attiwill, P.M. and Stewart H.T.L. 1984. Biomass equations for *Pinus radiata* in Gippsiland, Victoria. Forest Science 14: 89-96
2. 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.
3. Bigging, G. and Wensel F. 1988. The effect of eccentricity on the estimation of basal area and basal area increment of coniferous trees. Forest Science 14: 621-633.
4. Carrasco, P. 1981. Materiales y símbolos de suelos del instituto de investigaciones de recursos naturales. Serie materiales didácticos 1. (2ª ed.) Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Chillán, Chile.
5. Clark, IIIA. 1979. Suggested procedures for measuring tree biomass and reporting tree prediction equations. Forest resource inventories workshop proceeding, July, 24-27. Edited By W.E. Frayer. Colorado State University, Fort Collins. Vol.2.
6. Correa, S. 1995. Evaluación y comparación del desarrollo de rodales de *Pinus radiata* D. Don

originados por siembra directa y plantación en la Provincia de Valdivia. Tesis de grado. Universidad Austral. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.

7. Espinosa, M.A. 1985. Growth and structure of tree adjacent 22 year old stand in the Oregon coast range. Ph.D. Thesis. Oregon State University. Corvallis. Oregon, USA.
8. Espinosa, M.A. 1989. Efectos de la poda en el crecimiento de un rodal de pino radiata en el predio Loma Colorada de FORMIN en el período 1986-1988. Universidad de Concepción. Chillán, Chile.
9. Hernández, M. 1991. Efectos de la poda y el raleo en el crecimiento de rodales jóvenes de *Pinus radiata* D. Don en la zona de Arauco, Los Angeles y Temuco. Memoria de título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Departamento de Ciencias Forestales. Chillán, Chile.
10. Heikurinen, J. and Kershaw, H. 1986. Forest soils as a management framework: the data base. In: G. Wicware and W. Stevens, Cochairmen. Proc, Symp. Site classification in relation to forest management. August 27-29, 1985. Ontario Ministry of natural Resources/Great Lakes Forestry Center. Ontario, Canada.

11. Husch, B., Miller, C.I. and Beers T.W. 1972. Forest mensuration. (2nd Ed.). Wiley. New York, USA.
12. Kollmann, F. 1968. Principles of wood science and technology. Solid Wood. Springer Verlag. New York.
13. Lastra, G. 1992. Indices de sitio y crecimiento de plantaciones de *Pinus radiata* D. Don ubicadas en suelos de arena del cono aluvial del río Laja. Memoria de título. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales. Departamento de Ciencias Forestales. Chillán, Chile.
14. Peters, R. Jobet, M y Aguirre, S. 1985. Compendio de tablas auxiliares para el manejo de plantaciones de pino insigne. Manual 14. Instituto Forestal - CORFO. Santiago, Chile.
15. Santibáñez, F. y Uribe, J. 1993. Atlas agroclimático de Chile, Regiones VI, VII, VIII y IX. Corfo. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
16. Sing, T. 1982. Biomass equations for ten major tree species of the prairie Provinces. Northern Forest Research Center, Canadian Forestry Service, Environment Canada.
17. Smith, D.M. 1986. The practice of silviculture. Wiley. New York, USA.

18. Steel, R. y Torrie, J. H. 1988. Biostatística principios y procedimientos. Mc Graw-Hill. México.
19. Waring, R.H. and Schlesinger W.H. 1985. Forest ecosystems, concept and management. Academic Press. Orlando, Florida, USA.



VII. APENDICE

Tabla 1-A. Tabla de rodal y existencia del rodal en estudio.

Clase Dap (cm)	Arb/ha (n°)	Area basal (m2/ha)
28	12	0,7
30	8	0,6
32	6	0,5
34	16	1,5
36	18	1,8
38	30	3,4
40	34	4,3
42	28	3,9
44	28	4,3
46	24	4,0
48	16	2,9
50	10	2,0
52	4	0,8
54	2	0,5
Total	236	31,04

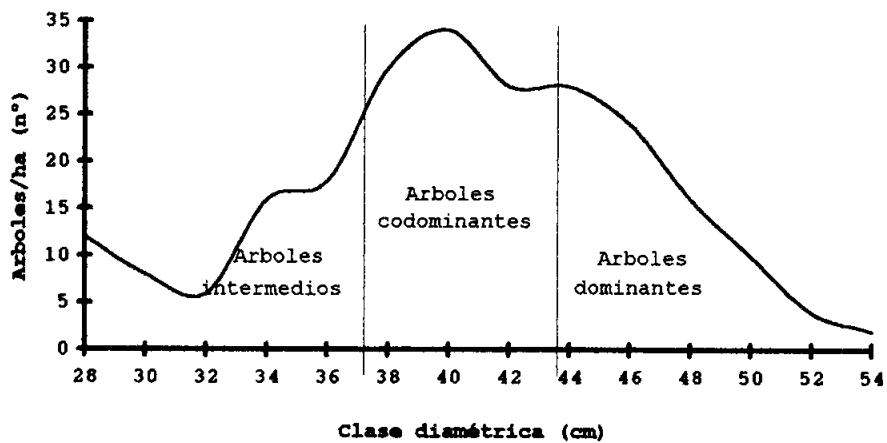


FIGURA 1-A. Distribución diamétrica del rodal, utilizada para la selección de los árboles muestra.

Tabla 2-A. Características medias de los árboles muestra.

Variable del árbol	Clase de copa de los árboles muestra		
	Dominantes	Codominantes	Intermedios
Diámetro (cm)			
• tocón (Rango)	54,1 (3,39) a	47,4 (2,67) b	40,5 (2,72) c
• Dap sin corteza (Rango)	47,8 - 46,1 (2,07) a	42,2 - 39,7 (1,96) b	35,4 - 32,9 (2,84) c
• Dap con corteza (Rango)	42,2 - 48,6 (2,36) a	36,1 - 42,2 (1,71) b	27,6 - 35,2 (2,84) c
Espesor de corteza (cm)	44,2 - 0,99 (0,14) a	38,9 - 0,87 (0,15) a	29,8 - 0,82 (0,09) a
Area basal (m2)	0,20 (0,02) a	0,15 (0,019) b	0,11 (0,016) c
Altura (m)	0,2 - 31,20 (0,72) a	0,1 - 31,10 (0,88) a	0,1 - 31,37 (0,53) a
• total (Rango)	29,9 - 10,70 (1,46) a	29,5 - 11,60 (1,03) a	30,4 - 10,90 (1,43) a
• copa (Rango)	7,9 - 2,050 (0,15) a	9,6 - 1,590 (0,290) b	8,1 - 1,160 (0,210) c
Volumen (m3)	1,780 - 0,40 (0,02) a	1,060 - 0,41 (0,02) a	0,382 - 0,43 (0,02) a
Densidad basica (g/cc)	33,89 (2,00) a	34,26 (3,64) a	35,17 (0,07) a
Factor de forma artificial			
Relaciones			
• altura / Dap	0,64 (0,04) a	0,74 (0,03) ab	0,90 (0,07) b
• altura de copa/altura total	0,34 (0,72) a	0,37 (0,94) a	0,35 (0,75) a

Desviación de la media entre paréntesis. Letras diferentes en una misma fila indican diferencia significativa entre los árboles muestras, calculado para cada variable ($p < 0,05$, test DMS).

