

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 Pinus radiata D.
Don DE 42 AÑOS DE EDAD.**

Por

JOSE EDUARDO SANTANA SAAVEDRA

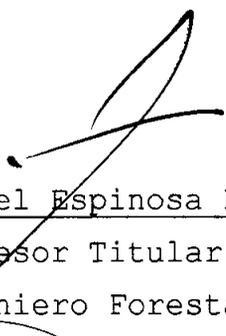
MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION-CHILE

1998

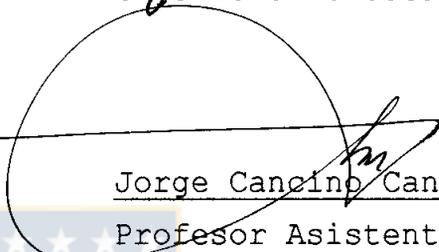
ANALISIS DEL CRECIMIENTO DE UN RODAL DE Pinus radiata D.
Don DE 42 AÑOS DE EDAD

Profesor Asesor



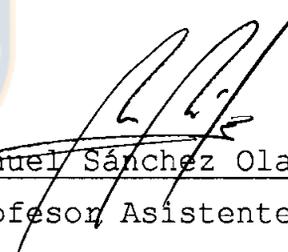
Miguel Espinosa Bancalari
Profesor Titular.
Ingeniero Forestal Ph. D.

Profesor Asesor



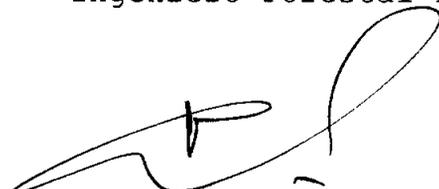
Jorge Cancino Cancino
Profesor Asistente.
Ingeniero Forestal, M. Sc.

Director Departamento
Silvicultura



Manuel Sánchez Olate
Profesor Asistente.
Ingeniero Forestal Ph. D.

Decano Facultad de Ciencias
Forestales



Fernando Drake Aranda
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal.

Calificación de la memoria de título:

Miguel Espinosa Bancalari: setenta puntos
Jorge Cancino Cancino : setenta puntos

DEDICATORIA

AL GRAN CREADOR DEL UNIVERSO

A MIS AMADOS PADRES

A MIS QUERIDOS HERMANOS



INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I INTRODUCCION.....	1
II METODOLOGIA.....	4
2.1 Area de estudio.....	4
2.2 Descripción del rodal en estudio.....	4
2.3 Metodología.....	5
2.3.1 Análisis fustal.....	7
2.3.2 Análisis de los datos.....	8
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	9
3.1 Dimensiones medias de los árboles muestra..	9
3.2 Desarrollo histórico del rodal.....	9
3.2.1 Crecimiento en altura.....	9
3.2.2 Crecimiento en diámetro.....	12
3.2.3 Crecimiento en área basal.....	14
3.2.4 Crecimiento en volumen.....	16
3.2.5 Crecimiento en volumen de la plantación.....	18
3.3 Incremento radial a lo largo del fuste.....	20
IV CONCLUSIONES.....	27
V RESUMEN.....	28
SUMMARY.....	29
VI BIBLIOGRAFIA.....	30
VII APENDICE.....	32
VIII ANEXO.....	36

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Diámetros de los árboles seleccionados por clases de copa.....	6
2 Características medias de los árboles muestra....	10
<u>En el apéndice</u>	
1A Tamaño promedio de los árboles dominantes a través del tiempo.....	32
2A Tamaño promedio de los árboles codominantes a través del tiempo.....	33
3A Tamaño promedio de los árboles intermedios a través del tiempo.....	34
4A Incrementos de los árboles dominantes, codominantes e intermedios a través del tiempo...	35
<u>En el Anexo</u>	
1B Tabla de rodal de la plantación en estudio.....	36

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Crecimiento en altura e incremento periódico anual en altura por clases de copa.....	11
2 Crecimiento en diámetro e incremento periódico anual en diámetro por clases de copa.....	13
3 Crecimiento en área basal e incremento periódico anual en área basal por clases de copa.....	15
4 Crecimiento en volumen, incremento periódico anual en volumen e incremento medio anual en volumen por clases de copa.....	17
5 Crecimiento en volumen del rodal en estudio.....	19
6 Curvas incremento periódico anual (IPA) e incremento medio anual (IMA) en volumen del rodal en estudio.....	19
7 Incremento radial a diferentes alturas absolutas del fuste de los árboles dominantes, codominantes e intermedios.....	21
8 Incremento radial acumulado de los árboles dominantes, codominantes e intermedios.....	25

I. INTRODUCCION.

Por crecimiento se entiende el desarrollo o engrosamiento y la elongación de los distintos componentes de un árbol o de un rodal, referido a una edad o un período específico (Husch et al., 1972). Fisiológicamente es la acumulación de capas de células xilemáticas a partir del cambium (Spurr y Barnes, 1982). Se expresa por incrementos en diámetro, área basal, altura y volumen en el tiempo (Kannegiesser, 1987, citado por Baldini, 1994).

El crecimiento que alcanza un árbol cuando crece en un sitio y hasta una edad determinada es dependiente del suelo, clima, disponibilidad de agua y la densidad a la cual crece (Daniel et al., 1982).

Spurr y Barnes (1982) señalan que la calidad de sitio influye notablemente sobre el crecimiento en altura. 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).

Entre los factores del sitio, la escasez de agua determina el crecimiento arbóreo más que cualquier otro factor perenne del sitio forestal, ya que afecta todos los procesos de la planta incidiendo en las tasas de crecimiento en altura y diámetro (Daniel et al., 1982; Spurr y Barnes, 1982).

En sitios secos, el crecimiento es suprimido en la parte más baja del tallo, debido a que no pueden existir suficientes auxinas para ser translocadas hacia la porción

inferior del tronco (Daniel et al., 1982).

Espinosa et al.(1994), citados por Varas (1996), señalan que árboles de pino radiata creciendo a bajas densidades pueden presentar un reducido crecimiento en altura debido, probablemente, al mayor crecimiento de las ramas y base del fuste a expensas del crecimiento en altura, o tal vez por el incremento a la exposición del viento.

De los tratamientos silvícolas, el raleo es el que ejerce mayor efecto sobre el crecimiento diametral de los árboles (Daniel et al.,1982). Según Allen et al.(1970), citados por Hernández (1991), raleos muy fuertes incrementan el crecimiento en diámetro, reducen el crecimiento en altura en algunas especies y pueden aumentar el ahusamiento y postergar la poda natural.

Con el aumento de la edad, el mayor crecimiento de los anillos anuales se desplaza hacia el ápice, tendencia observada en varias especies, principalmente coníferas (Espinosa et al.,1988).

Daniel et al.(1982) y Larson (1965), señalan que en coníferas existe por lo general una porción del tronco cercana a la base de la copa viva en la cual el espesor de los anillos alcanza su punto máximo. Este fenómeno se debe, en gran parte, a la disponibilidad de carbohidratos, ya que es más probable que la cantidad de éstos sea mayor en la parte inferior de la copa viva, donde se encuentra la mayor cantidad de follaje.

El crecimiento puede evaluarse mediante el análisis de

tallo. Este es el método más exacto y directo para conocer el comportamiento histórico de las variables de estado y la edad de un árbol (Kannegiesser, 1987, citado por Baldini, 1994). Mediante la observación y medición de los anillos de crecimiento en rodela extraídas a distintas alturas del fuste se logra la reconstrucción del comportamiento pasado de un árbol (Husch et al., 1972).

El objetivo general de este estudio es analizar el crecimiento de un rodal de pino radiata de 42 años de edad. Específicamente, las características de crecimiento en altura, diámetro, área basal y volumen total. Además, se busca determinar el incremento a diferentes alturas en el fuste, el período de máximo incremento en volumen de la plantación, y definir la edad de rotación de pino radiata considerando el criterio volumétrico o biológico.

II. METODOLOGIA.

2.1. Area de estudio.

La información utilizada en el estudio fue recolectada desde el fundo Monterrey, de propiedad de Forestal Mininco S.A., ubicado al sur de Concepción, por ruta a Santa Juana, comuna de Nacimiento, VIII región.

La precipitación media anual en el área de estudio es de 1093 mm con una distribución de 294,8 mm en otoño (27%), 553 mm en invierno (51%), 171 mm en primavera (16%) y sólo 74,2 mm en verano (6%), con períodos de sequía estival que comprenden cinco meses por año (Santibáñez y Uribe, 1993).

La temperatura media anual alcanza los 15,4°C, siendo la media máxima de enero de 28,6°C con una media en enero de 19,0°C y en julio de 4,4°C (Santibáñez y Uribe, 1993).

El rodal en estudio se estableció en un suelo de la serie Arenales con topografía que presenta pendientes entre 6,6% a 43,3%.

2.2. Descripción del rodal en estudio.

El rodal en estudio fue establecido el año 1955, abarcando una superficie aproximada a 8,3 hectáreas, con una densidad, al momento del estudio, de 315 árboles por hectárea y un área basal acumulada de 59,24 m²/ha.

El rodal fue podado y raleado. Se efectuaron dos podas, la

primera a una altura de 2,5 m, cuando los árboles tenían aproximadamente ocho años de edad. La segunda poda fue efectuada cinco años después, cuando los árboles tenían 13 años, oscilando la altura de poda de 9,3 m a 12 m. El sotobosque, de baja densidad, estaba compuesto básicamente por Quila (Chusquea quila) y Zarzamora (Rubus ulmifolius).

Por las características del rodal en estudio, la presencia de árboles no rectos y la baja relación de copa viva, se presume que los raleos (2) efectuados se realizaron a destiempo, reflejándose en las mediciones efectuadas por FORMIN en que las calidades de los árboles, según forma del fuste, no son buenas. En una escala de calidades de 1 a 2, sólo el 18,86% del área basal presenta árboles de calidad 1 (buena) y el 81,14% restante de calidad 2 (regular). Las calidades fueron asignadas considerando el aspecto morfológico del fuste, tanto longitudinal como transversal.

2.3. Metodología.

La información diamétrica del rodal (proporcionada por Forestal Mininco S.A.) (Anexo, Tabla 1B), se dividió en tres rangos diamétricos (30,0-42,7, 42,7-55,4 y 55,4-68,0 cm), los cuales se asimilaron a las clases de copa existentes en el rodal: dominante, codominante e intermedio (Smith, 1986). Cada rango se subdividió en cuatro, con el propósito de seleccionar los árboles más cercanos a la marca de clase de cada intervalo (Tabla 1). La distribución de árboles por clase de copa fue de 60, 165 y 90 arb/ha, respectivamente.

Tabla 1. Diámetro (dap) de los árboles seleccionados por clase de copa.

Clase de copa	Rango de dap (cm)	Dap de los árboles seleccionados (cm)			
Intermedio	30,0 a 42,7	29,5	33,1	37,7	41,2
Codominante	42,7 a 55,4	43,5	46,5	50,3	54,3
Dominante	55,4 a 68,0	56,9	60,4	63,2	65,6

Se seleccionaron 12 árboles muestra, cuatro por cada clase de copa. De éstas se procesaron solamente 11 unidades, perdiendo una muestra debido a problemas técnicos y administrativos, determinando para el primer intervalo, cuatro árboles, para el segundo intervalo, tres árboles y para el tercer intervalo, cuatro árboles.

A los árboles seleccionados se les midió, antes del volteo, el diámetro a 0,2 y 1,3 metros. Después del volteo se procedió a medir la longitud total del árbol (incluyendo la altura de tocón) y la longitud de la copa viva. Se cortaron discos de 2 a 4 cm de espesor en el tocón y luego a intervalos de 5,10, 4,15 y 2,44 metros a lo largo del fuste. Las longitudes de las trozas se fijaron de acuerdo a la calidad y forma del fuste, según especificaciones de la empresa. Las rodelas fueron etiquetadas y almacenadas en cámara de frío a 3°C para su posterior análisis.

2.3.1 Análisis fustal.

En laboratorio, se midió el diámetro con corteza y el espesor de corteza de cada rodela. En cada una de éstas se determinó el radio a partir del área actual de cada rodela; sobre este radio se midió la distancia desde la médula a cada anillo de crecimiento.

El volumen de cada sección del árbol fue determinado mediante la fórmula de Smalian (Husch et al., 1972); la altura, aplicando el método de Carmean (Dyer y Bailey, 1987) y el dap (sin corteza), a partir de la interpolación lineal entre las mediciones de la rodela de tocón y la rodela inmediatamente superior, corrigiendo según el perfil actual de la base del árbol. En que:

$$dapi = \frac{dapa}{r1a - \left(\frac{r1a - r2a}{h2 - h1} * (1,3 - h1) \right)} * \left(r1i - \left(\frac{r1i - r2i}{h2 - h1} * (1,3 - h1) \right) \right)$$

Donde:

dapi : diámetro sin corteza a la altura de 1,3 m, al año i

dapa : diámetro actual sin corteza del árbol a la altura de 1,3 m

r1a : radio actual de la rodela 1

r2a : radio actual de la rodela 2

r1i : radio de la rodela 1 a la edad del anillo i

r2i : radio de la rodela 2 a la edad del anillo i

h1 : altura rodela 1

h2 : altura rodela 2

1,3 : altura del dap

2.3.2 Análisis de los datos.

De la medición de los anillos de crecimiento anuales, se obtuvo información para ajustar las relaciones altura/edad, diámetro a la altura de pecho/edad, área basal/edad y volumen/edad (Apéndice, Tabla 1A, 2A y 3A). Se construyeron curvas de crecimiento e incremento periódico anual (IPA) cada cinco años, para cada variable en estudio (Apéndice, Tabla 4A). El volumen se determinó a partir de la obtención de los volúmenes de los árboles individuales y transformados a hectárea de acuerdo al número de árboles por hectárea de los árboles dominantes, codominantes e intermedios. A su vez, se desarrollaron curvas que muestran la variación del crecimiento radial a diferentes alturas absolutas del fuste.



III. RESULTADOS Y DISCUSION.

3.1 Dimensiones medias de los árboles.

Los árboles dominantes son los que presentan las mayores dimensiones en diámetro, altura, área basal y volumen. El volumen medio por árbol de los dominantes es 1,6 y 3,5 veces mayor que el de los codominantes e intermedios, respectivamente (Tabla 2). Del mismo modo, los dominantes poseen mayor desviación de la media del volumen con respecto a las otras clases de copa.

3.2 Desarrollo histórico del rodal.

3.2.1 Crecimiento en altura.

Las curvas de crecimiento en altura (Fig. 1a) de los árboles de las distintas clases de copa presentan formas similares. Desde el inicio los árboles dominantes alcanzan mayores tasas de crecimiento que los codominantes e intermedios, acumulando, a la edad de 42 años, una altura promedio de 49,80 m, contra sólo 45,10 m y 37,16 m de las restantes clases de copa.

El incremento periódico anual en altura (Fig. 1b) de los árboles representativos de las tres clases de copa consideradas, presenta un patrón similar, con un rápido incremento en los primeros años de crecimiento, para luego comenzar a disminuir. Los árboles dominantes presentan valores mayores que los codominantes, y estos, a su vez,

Tabla 2: Características medias de los árboles muestra.

Características del árbol	Clase de copa		
	Intermedios	Codominantes	Dominantes
Diámetro (cm):			
Tocón (cc)	43,05 (3,00)	57,16 (2,14)	77,02 (0,60)
(rango)	49,40 - 34,00	52,50 - 63,00	75,20 - 78,50
Dap (cc)	35,37 (2,04)	50,36 (1,92)	61,50 (1,51)
(rango)	29,50 - 41,20	46,50 - 54,30	56,80 - 65,60
Dap (sc)	31,03 (1,65)	42,61 (2,06)	53,92 (1,49)
(rango)	26,90 - 36,00	38,06 - 46,30	49,40 - 57,56
Altura (m):			
Total árbol	37,16 (1,84)	45,10 (0,76)	49,80 (1,12)
(rango)	30,30 - 40,50	43,63 - 46,72	46,50 - 52,70
Copa Viva	24,19 (1,70)	29,79 (2,23)	29,25 (2,29)
(rango)	18,20 - 27,40	25,15 - 34,20	21,30 - 34,70
Espesor corteza (cm)	2,18 (0,23)	3,86 (0,20)	3,77 (0,11)
Area basal (m2)	0,076 (0,008)	0,143 (0,013)	0,229 (0,012)
(rango)	0,056 - 0,101	0,113 - 0,168	0,191 - 0,260
Volumen (m3):			
Total fuste	1,3851 (0,211)	2,9715 (0,233)	4,9121 (0,260)
(rango)	0,7703 - 1,9854	2,4729 - 3,4157	4,0843 - 5,6359

Desviación estándar de la media en ().

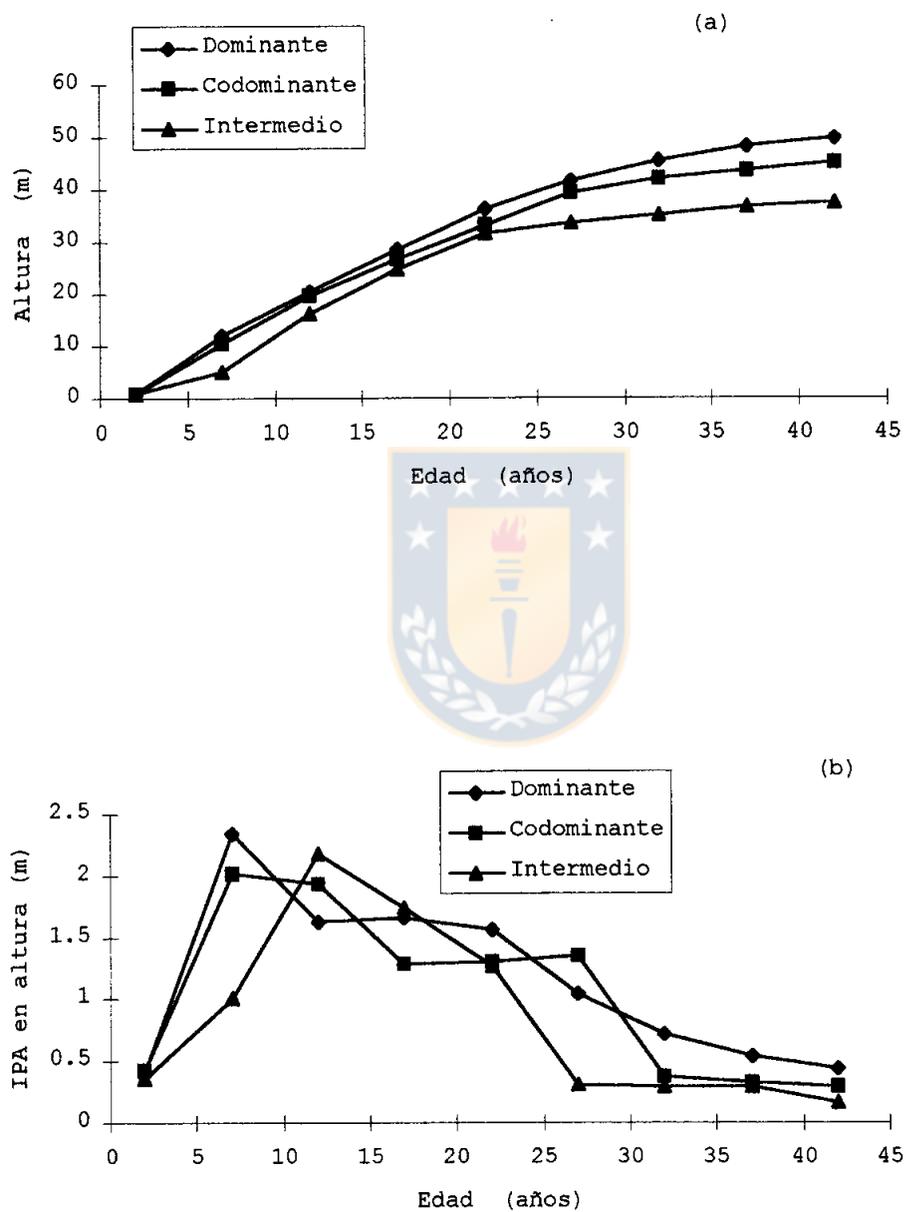


Figura 1. Crecimiento en altura (a) e incremento periódico anual en altura (b) por clases de copa.

mayores que los intermedios al final del período analizado (38-42 años). Existe similitud en el período de máximo incremento entre las clases de copa dominante y codominante, produciéndose entre los 3-7 años, con valores de 2,3 m y 2,0 m, respectivamente. Los árboles intermedios alcanzan el máximo incremento en el período 8-12 años.

Se obtuvo para el rodal en estudio, un índice de sitio de 32 m si se consideran los árboles representativos de las clases sociales dominante y codominante, y de 33 m si se excluyen los árboles codominantes.

3.2.2 Crecimiento en diámetro.

El crecimiento en dap (sin corteza) de los árboles de las tres clases de copa muestra que dominantes y codominantes presentan un crecimiento similar hasta los 12 años, luego de lo cual se diferencian en el tiempo, alcanzando a la edad de 42 años, un crecimiento acumulado de 53,9 cm y 42,6 cm, respectivamente. A igual edad, los árboles intermedios alcanzan 31,0 cm de dap (Fig. 2a).

El período de máximo incremento en dap es similar para las tres clases de copa, siendo éste el período comprendido entre los 3-7 años, con valores de culminación de 2,77 cm, 2,74 cm y 2,00 cm, respectivamente (Fig. 2b). Los dominantes presentan una segunda culminación en el período 18-22 años con un valor de 1,78 cm, como consecuencia, probable, del segundo raleo practicado a la plantación. Al final del período analizado (38-42 años), las clases de copa dominante, codominante e intermedio presentan

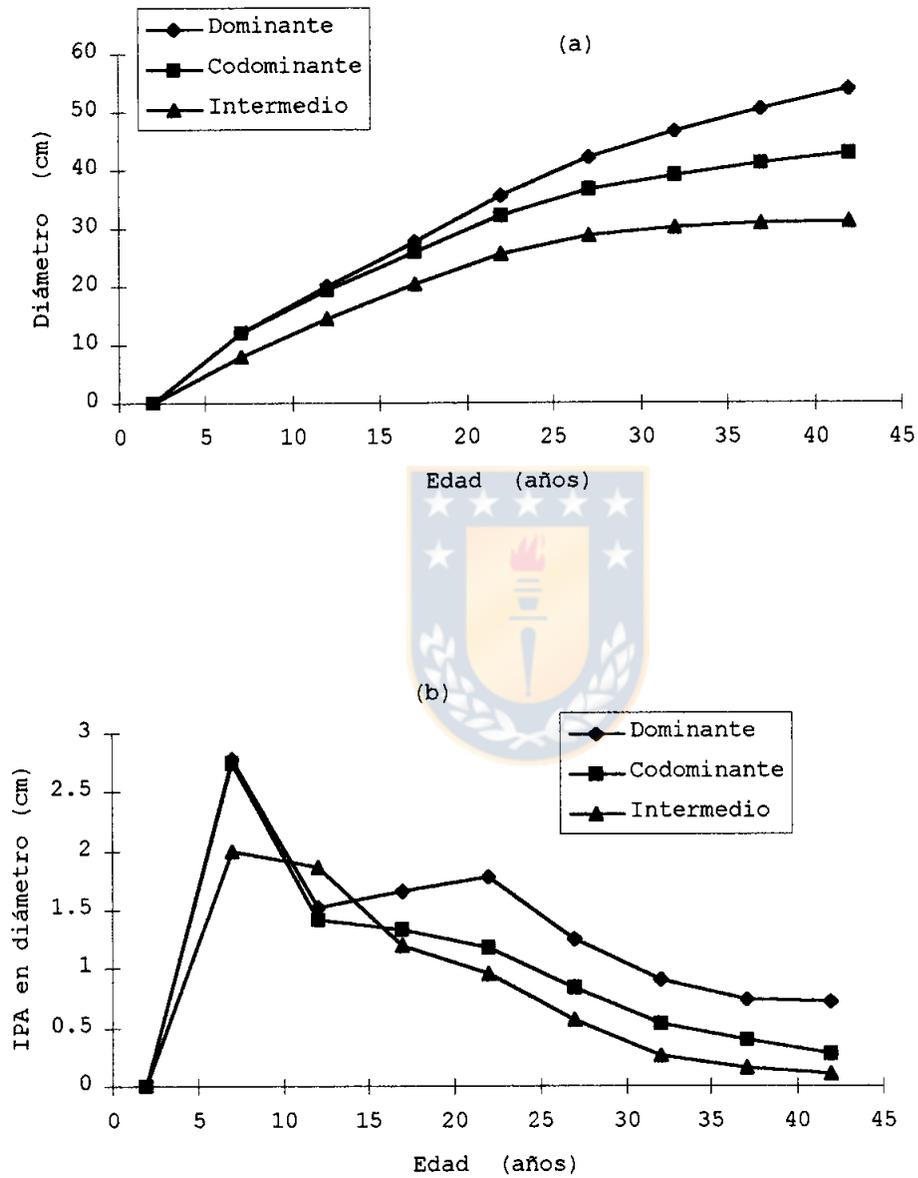


Figura 2. Crecimiento en diámetro (a) e incremento periódico anual en diámetro (b) por clases de copa.

incrementos diametrales de 0,71 cm, 0,27 cm y 0,02 cm, respectivamente.

3.2.3 Crecimiento en área basal.

El crecimiento en área basal (Fig. 3a) es similar hasta los 12 años de edad para las clases de copa dominante y codominante, a partir del cual los crecimientos empiezan a diferenciarse, acentuándose con el tiempo. Los árboles dominantes, codominantes e intermedios alcanzan, a los 42 años de edad, un área basal del fuste de 0,23 m², 0,14 m² y 0,07 m², respectivamente.

El incremento periódico anual en área basal (Fig. 3b) de los árboles dominantes, codominantes e intermedios presenta un patrón similar. Las tres clases de copa alcanzan su máximo incremento en el período 18-22 años, a partir del cual los árboles intermedios y codominantes empiezan a decrecer. Los árboles dominantes presentan un aumento del incremento a partir del período 28-32 años, manteniendo esta condición hasta el final del período analizado, 38-42 años.

Comparando la edad de culminación del incremento en dap con la de área basal, para las tres clases de copa, se observa que éste último alcanza su máximo 15 años más tarde debido a que el incremento de la sección del fuste no sólo depende del espesor del anillo anual, sino que también del tamaño de éste (Espinosa, 1985, citado por Baldini, 1994).

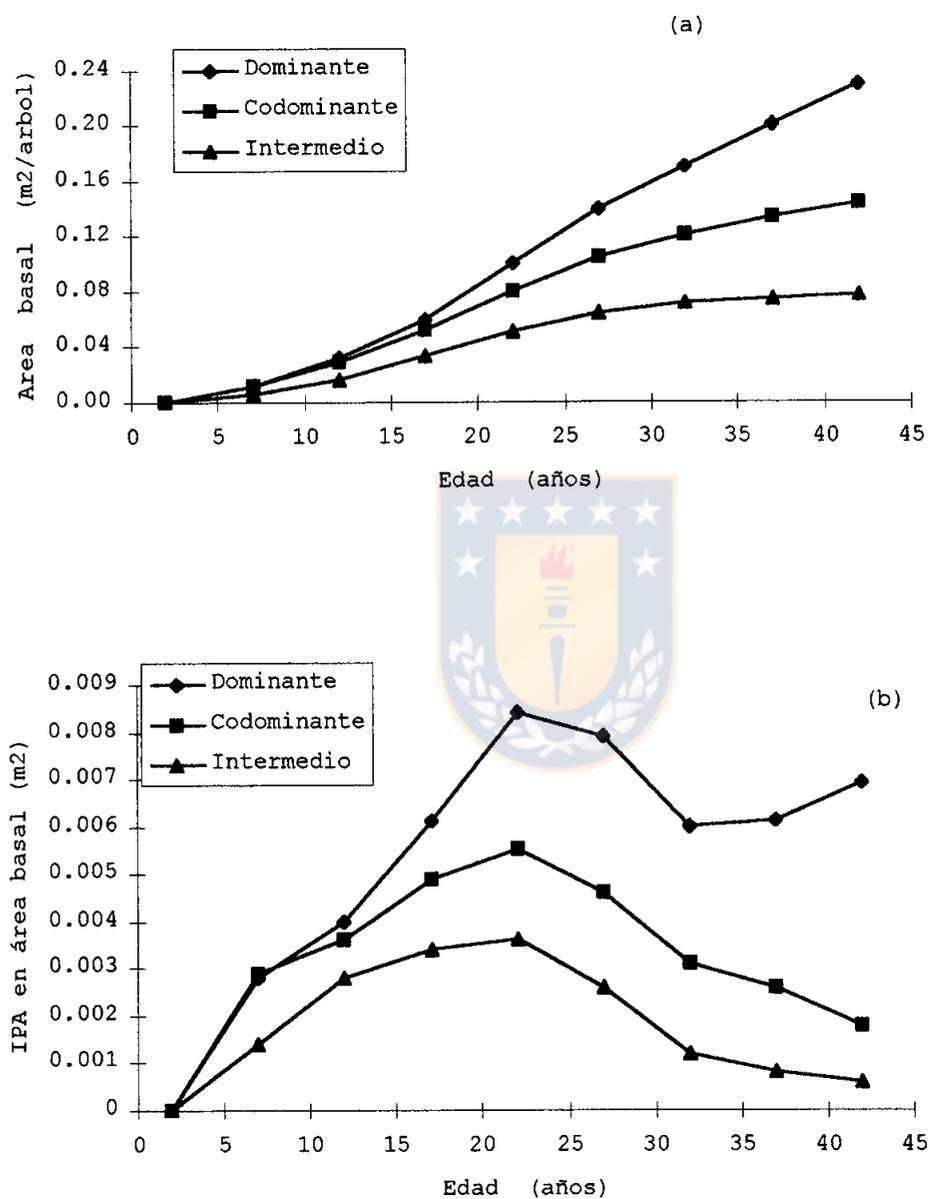


Figura 3. Crecimiento en área basal (a) e incremento periódico anual en área basal (b) por clases de copa.

3.2.4 Crecimiento en volumen.

Después de un lento crecimiento inicial en volumen (Fig. 4a), los árboles de las tres clases de copa comienzan a aumentar sostenidamente su crecimiento a partir de los 12 años, especialmente los árboles dominantes que alcanzan $4,91 \text{ m}^3/\text{arb}$ a los 42 años de edad. Los árboles codominantes e intermedios logran, a igual edad, $2,97 \text{ m}^3/\text{arb}$ y $1,38 \text{ m}^3/\text{arb}$, respectivamente.

El incremento periódico anual en volumen (Fig. 4b), es de escasa magnitud hasta el período 3-7 años, a partir del cual se produce una tasa de crecimiento sostenido, especialmente de los árboles dominantes, que alcanzan el máximo valor del incremento en el período 28-32 años con $0,179 \text{ m}^3/\text{arb}$, manteniendo un valor similar hasta el final del período de evaluación. Las clases de copa codominante e intermedio alcanzan el máximo incremento entre los 18-22 años con $0,122 \text{ m}^3/\text{arb}$ y $0,072 \text{ m}^3/\text{arb}$, respectivamente. A la edad de 42 años, los árboles dominantes, codominantes e intermedios acumulan un valor de $0,170$, $0,052$ y $0,014 \text{ m}^3/\text{arb}$, respectivamente.

El incremento medio anual en volumen (Fig. 4c) presenta un patrón similar de crecimiento en las tres clases de copa estudiadas, un inicio lento para luego aumentar sostenidamente. Los árboles intermedios alcanzan su máximo en el período 28-32 años con $0,04 \text{ m}^3/\text{arb}$ y los codominantes en el período 33-37 años con $0,07 \text{ m}^3/\text{arb}$. Los dominantes aún no alcanzan, a los 42 años, la culminación del crecimiento en volumen.

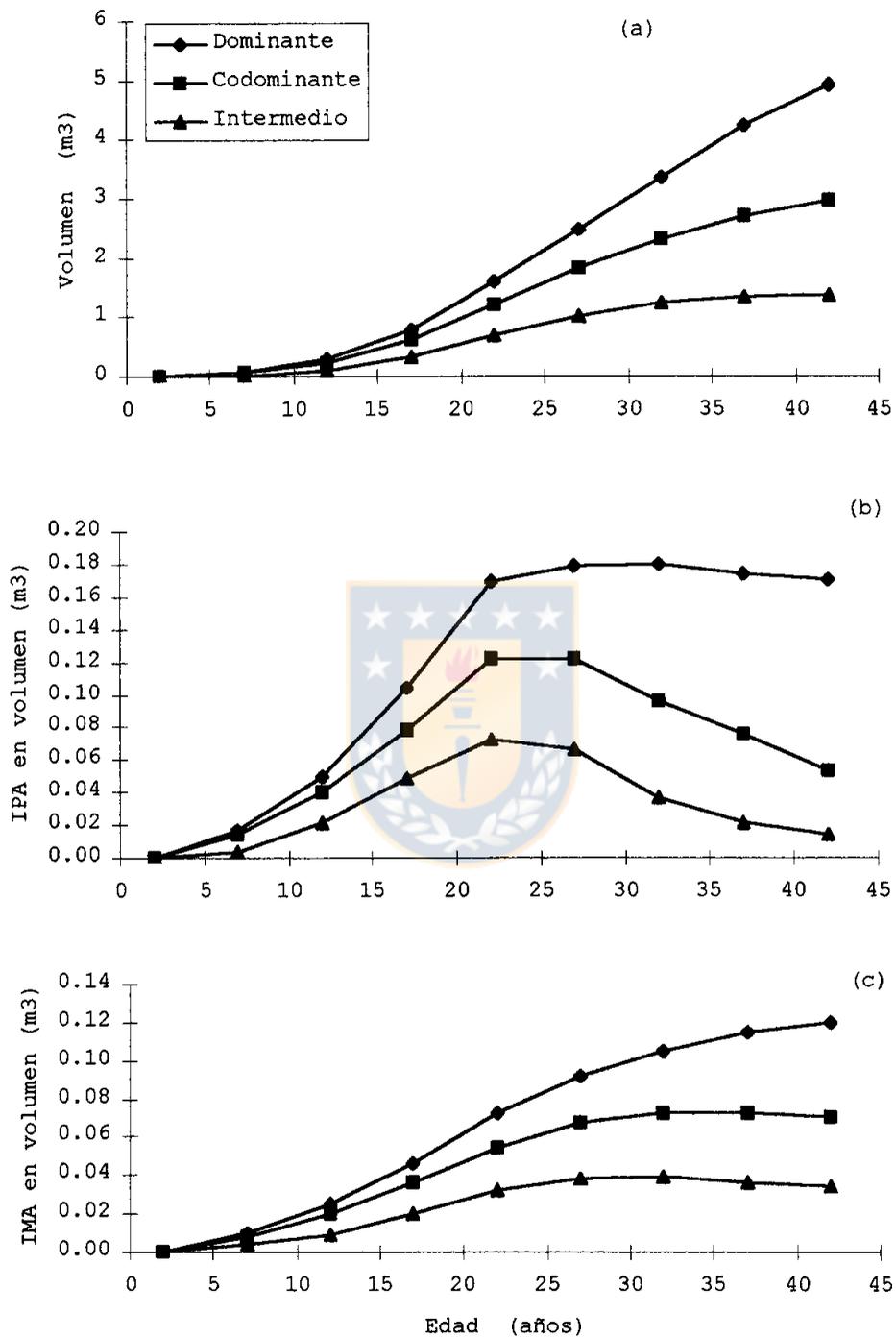


Figura 4. Crecimiento en volumen (a), incremento periódico anual en volumen (b) e incremento medio anual en volumen (c) por clases de copa.

3.2.5 Crecimiento en volumen de la plantación.

El crecimiento en volumen de la plantación (Fig. 5) presenta un lento crecimiento hasta los siete años, para luego tener un sostenido crecimiento, alcanzando a los 42 años de edad un volumen en pie de 976,608 m³/ha.

El crecimiento periódico anual en volumen presenta un crecimiento sostenido, alcanzando su máximo en el período 23-27 años con 38,38 m³/ha/año, para luego disminuir paulatinamente. El incremento medio anual en volumen presenta un sostenido crecimiento, logrando su culminación en el período 38-42 años, con un valor de 23,63 m³/ha/año (Fig. 6).

Las curvas de incremento medio anual (IMA) e incremento periódico anual (IPA) se interceptan a los 41 años de edad, siendo esta la edad de rotación biológica de la especie en este rodal. En un estudio realizado por Baldini (1994) en un rodal de 52 años, no manejado, de la misma especie, en suelo de la serie Nahuelbuta, determina la edad de rotación de pino radiata a los 45 años de edad.

En Chile, las plantaciones de pino radiata se cosechan, generalmente, a una edad que no supera los 25 años, muy por debajo de la rotación biológica de esta especie que, como se señaló, es superior a los 40 años de edad.

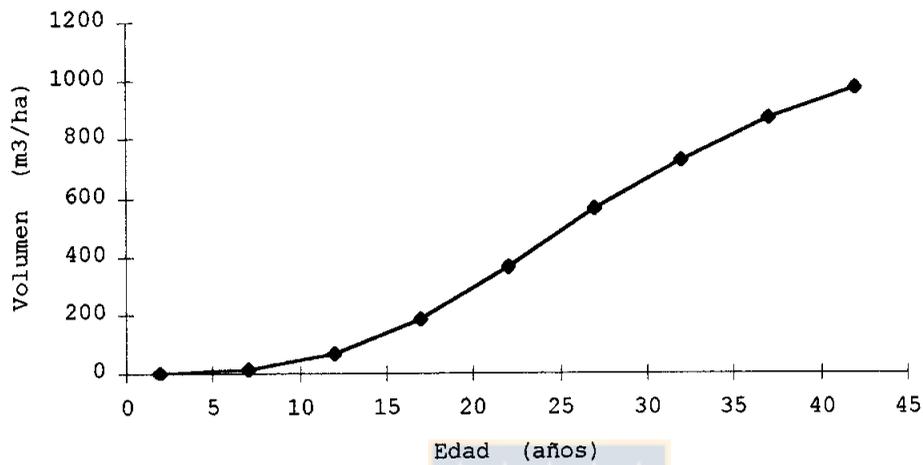


Figura 5. Crecimiento en volumen del rodal en estudio.

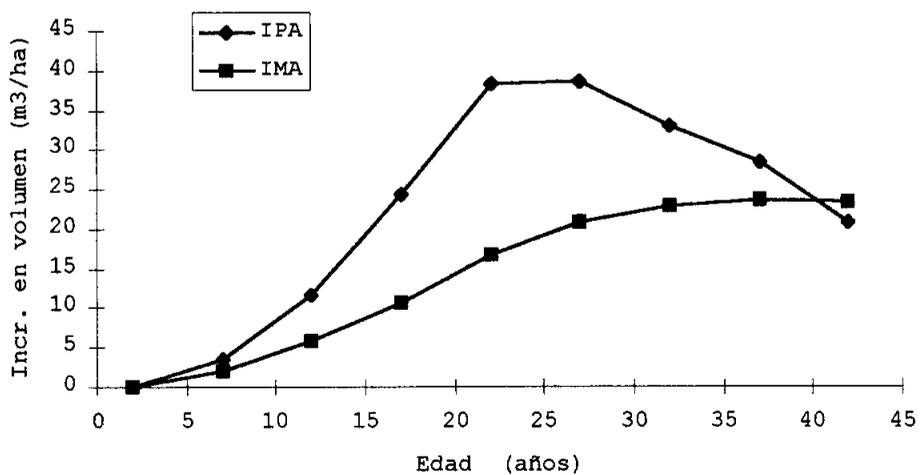


Figura 6. Curvas de incremento periódico anual (IPA) e incremento medio anual (IMA) en volumen del rodal en estudio.

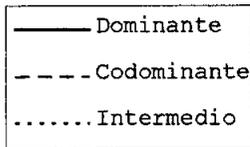
3.3 Incremento radial a través del fuste.

En los primeros siete años, para las tres clases de copa estudiadas (Fig. 7), el máximo incremento radial se concentra en la base del fuste para luego comenzar a disminuir hacia el ápice, sugiriendo un rápido crecimiento en los primeros años de edad y sin que un individuo inhiba el desarrollo de otro en la competencia por los factores del medioambiente.

Entre los 8-12 años, el incremento radial aumenta desde la base hacia el sector medio del fuste, zona donde se concentra el máximo ancho de los anillos para las tres clases de copa, probablemente como consecuencia del cierre de las copas y el sombreamiento de las ramas más bajas (Espinosa 1989); como también por efecto de la poda que produce un desplazamiento del diámetro al sector superior del árbol, produciendo así trozos más cilíndricos. En el período 13-17 años, el engrosamiento de los anillos aumenta desde la base hacia los sectores medios del fuste en los árboles dominantes y codominantes. En los árboles intermedios, el ancho de los anillos es mayor en la base del fuste, disminuyendo hacia el ápice.

A partir del período 18-22 años el crecimiento de los dominantes es superior al de los codominantes e intermedios, situación que se mantiene hasta el último período de control.

El máximo incremento radial se desplaza hacia sectores superiores del fuste para las tres clases de copa en los



8-12 AÑOS

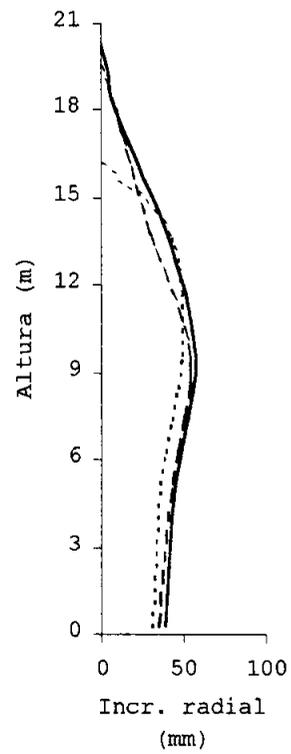
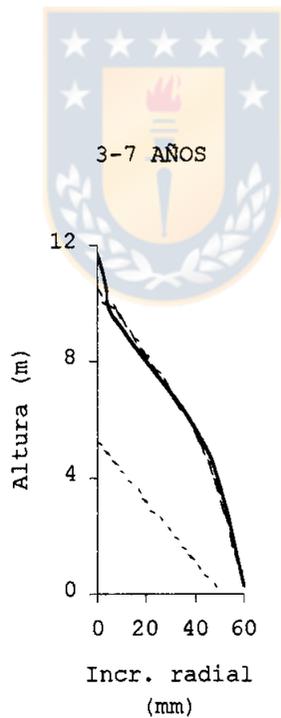
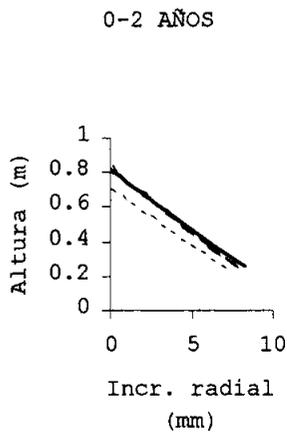


Figura 7. Incremento radial a diferentes alturas absolutas del fuste de los árboles dominante, codominante e intermedio.

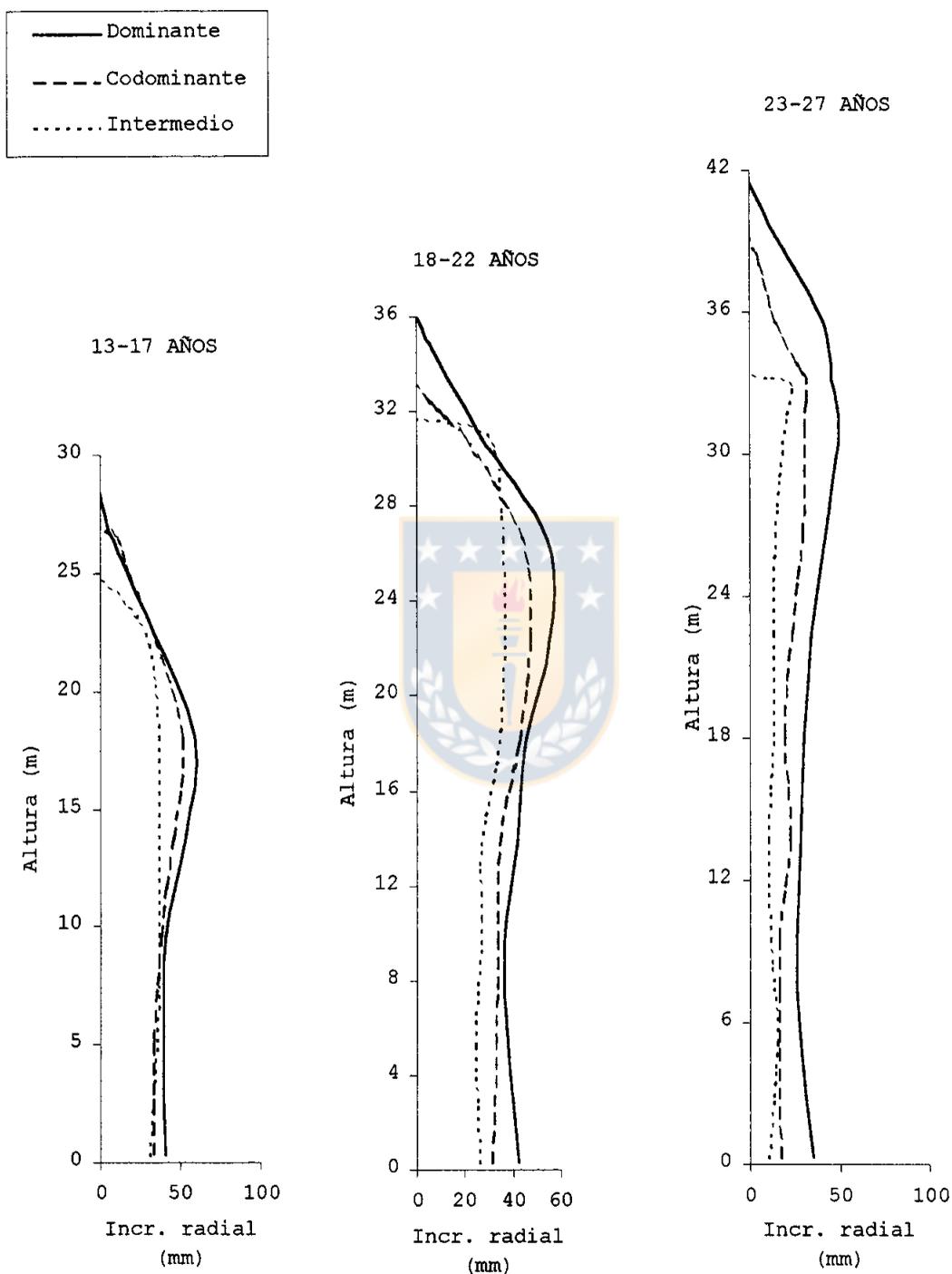


Figura 7. Incremento radial a diferentes alturas absolutas del fuste de los árboles dominante, codominante e intermedio, cont.

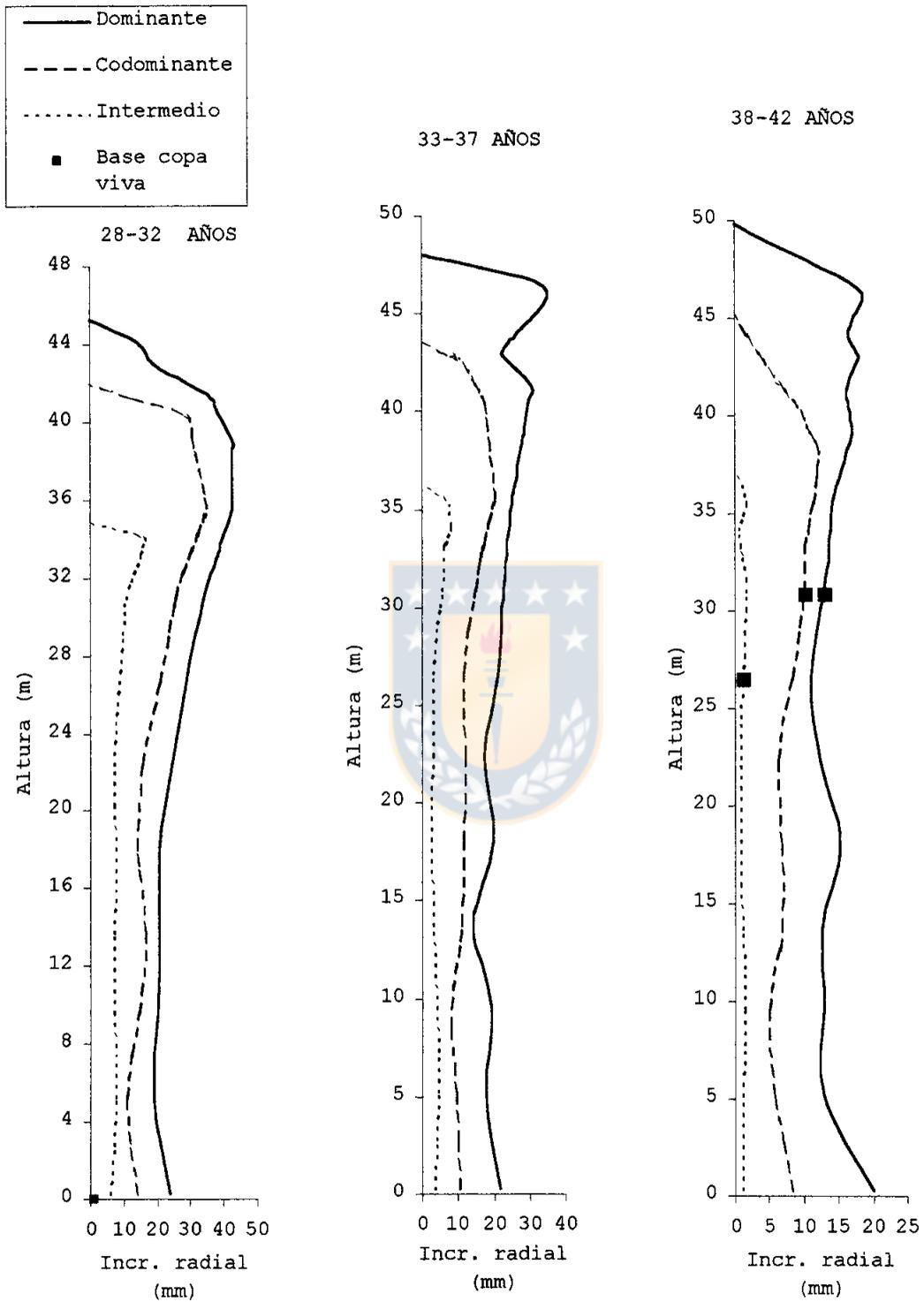


Figura 7. Incremento radial a diferentes alturas absolutas del fuste de los árboles dominante, codominante e intermedio, cont.

períodos 18-22 y 23-27 años. Para el período 28-32 años, el máximo incremento del anillo se desplaza aún más hacia el ápice. En la base del fuste el ancho de los anillos es menor que a la parte superior de los árboles dominantes, codominantes e intermedios, en los períodos 28-32 y 33-37 años.

En el último período de crecimiento (38-42 años), en la base del fuste el ancho de los anillos es mayor o igual a la parte superior para los árboles dominantes, con un valor para el máximo ancho de 18,0 mm, alcanzando un incremento por sobre la base de la copa viva. Los árboles codominantes logran un máximo incremento del anillo de 12,1 mm por sobre la base de la copa viva, para luego disminuir al igual que las otras clases de copa analizadas. Los árboles intermedios presentan un mínimo crecimiento a lo largo del fuste. De acuerdo a lo observado por Espinosa (1989), el ancho máximo del anillo se encuentra algo más arriba de la base de copa viva en las copas de pino radiata. El crecimiento radial decrece en forma pronunciada desde la zona de máximo incremento hacia el ápice, y gradualmente hacia la base del árbol.

La forma del fuste a través del tiempo muestra que el incremento radial es máximo en los primeros períodos de crecimiento para luego comenzar a disminuir en las tres clases de copa analizadas (Fig. 8). Dominantes y codominantes presentan formas similares, los intermedios, en cambio, presentan una forma más ahusada en los primeros metros de altura.

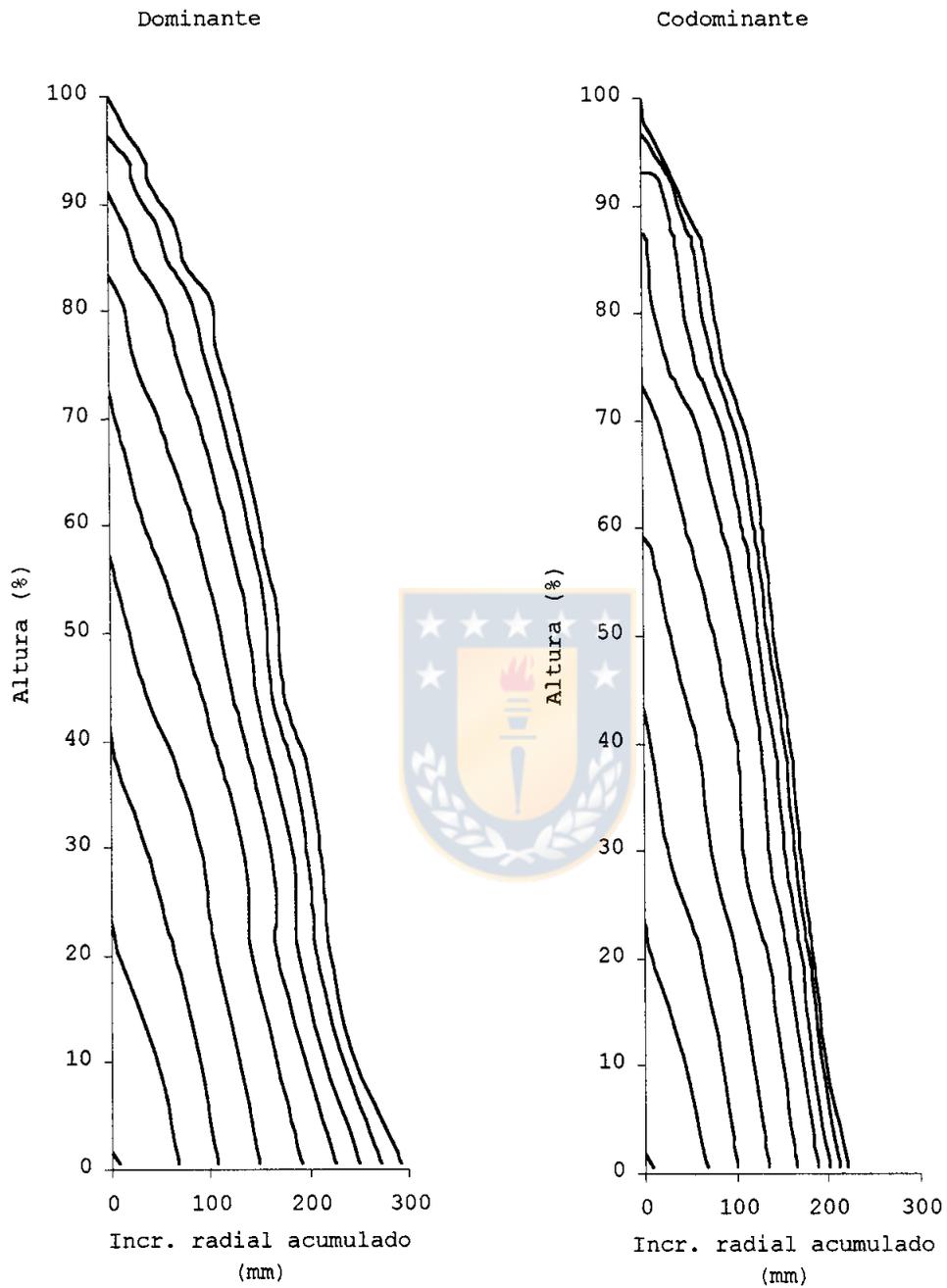


Figura 8. Incremento radial acumulado de los árboles dominante y codominante.

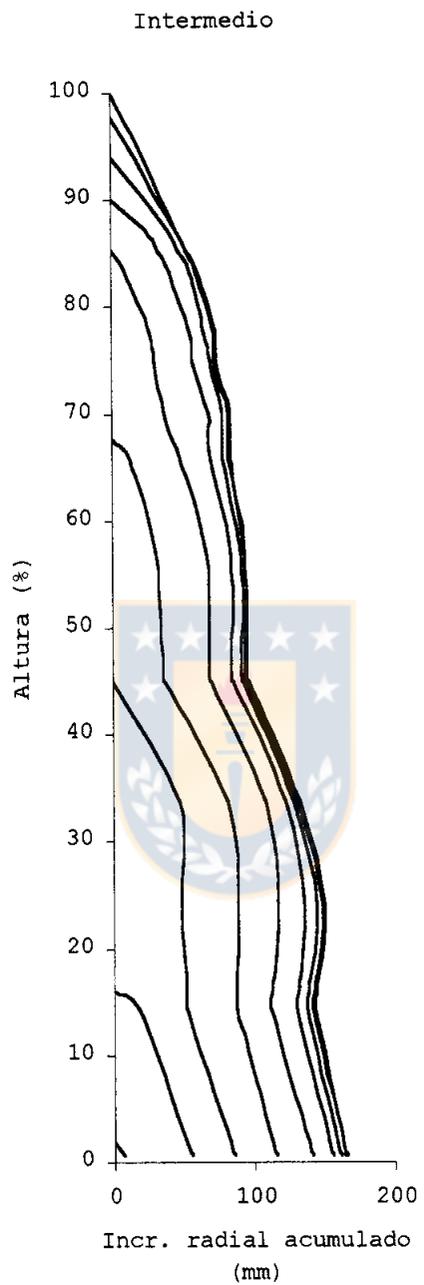


Figura 8. Incremento radial acumulado de los árboles intermedios, cont.

IV. CONCLUSIONES

A la edad de 42 años, el volumen del rodal alcanza a 976,6 m³/ha, concentrándose el 33% en los dominantes. El crecimiento en volumen logra su máximo incremento a los 18-22 años para los árboles intermedios y codominantes, y a los 28-32 años en los árboles dominantes.

El crecimiento en altura alcanza su máximo incremento en el período 3-7 años en los árboles dominantes y codominantes. Los intermedios logran su máximo en el período 8-12 años. A los 42 años, el crecimiento promedio de la plantación es de 43,3 m, siendo para los árboles dominantes de 49,8 m.

El incremento en diámetro, de las tres clases de copa estudiadas, es máximo en el período 3-7 años, alcanzando, a los 42 años de edad, un crecimiento medio de 42,5 cm.

El crecimiento en área basal logra su culminación a los 18-22 años para los árboles dominantes, codominantes e intermedios.

El crecimiento radial es máximo en los primeros períodos de crecimiento, para luego desplazarse hacia el ápice.

A la edad de 41 años, el rodal en estudio, alcanza la rotación biológica.

V. RESUMEN

El crecimiento de una plantación de pino radiata (Pinus radiata D. Don) de 42 años de edad, establecida en la comuna de Nacimiento, se evaluó mediante un inventario y posterior análisis fustal de una muestra de árboles seleccionados de acuerdo a la dispersión diamétrica del rodal. El volumen total acumulado asciende a 976,6 m³/ha, del cual el 33% está concentrado en los árboles dominantes. La altura y el dap medio del rodal son de 43,3 m y 42,5 cm, respectivamente, con incrementos máximos en el período 3-7 años. La rotación biológica del rodal es a los 41 años de edad. El incremento radial es máximo en los primeros períodos de crecimiento, para luego desplazarse hacia el ápice.



SUMMARY

The growth of 42-year-old *Pinus radiata* (Pinus radiata D. Don) plantation, with management, located in the commune of Nacimiento, was assessed by means of an inventory and stem analysis of sample trees selected according to dbh classes presented in the stand. The total volum of the stand averaged 976.6 m³/ha, 33% of wich concentrated in the dominant trees. The stand reaches a total height of 43.3 m and 42.5 cm of dbh, with maximum increments in the period 3-7 year. The biological rotation was reached at 41 years old. The radial increment is maximum in the first period of growth.



VI. BIBLIOGRAFIA.

1. Baldini, J. 1994. Análisis del crecimiento de un rodal adulto de Pinus radiata D. Don. Memoria de Título. Univ. de Concepción. Fac. de Cs. Forestales. Concepción, Chile.
2. Daniel, T. W., Helms, J. A. y Baker, F. S. 1982. Principios de Silvicultura. (2^a ed.) McGraw-Hill México.
3. Dyer, M. and Bailey, R. 1987. A test of six methods for estimating true heights from stem analysis data. For. Sci. 33:3-13.
4. Espinosa, M., García, J. y Peña, E. 1988. Evaluación del crecimiento de una plantación de raulí (Nothofagus alpina (Poepp. et Edl.) Oerst.) a los 34 años de edad. Agro-Ciencia 4:67-74.
5. Espinosa, M. 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.
6. Hernández, M. 1991. Efecto 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. Univ. de Concepción. Fac. de Cs. Agropecuarias y Forestales. Depto. de Cs. For. Chillán, Chile.

7. Husch, B., Miller, C. I. and Beers, T. W. 1972. Forest mensuration. (2nd ed.) John Wiley and Sons. New York, USA.
8. Larson, R. P. 1965. Stem of young Larix as influenced by wind and pruning. For. Sci. 11: 412-423.
9. Santibáñez, F. y Uribe, J. 1993. Atlas agroclimático de Chile, regiones sexta, séptima, octava y novena. CORFO. Ministerio de Agricultura, FIA. Santiago, Chile.
10. Smith, D. M. 1986. The practice of silviculture. Wiley. New York.
11. Spurr, S. H. y Barnes, B. V. 1982. Ecología Forestal. A.G.T. México.
12. Varas, A. 1996. Análisis del crecimiento y predicción del rendimiento silvícola de un sistema silvopastoral con plantación de Pinus radiata D. Don. Memoria de Título. Univ. de Concepción. Fac. Cs. Forestales. Concepción, Chile.

VII. APENDICE

Tabla 1A. Tamaño promedio de los árboles dominantes a través del tiempo.

Edad	Alt. media (m)	Dap medio (cm)	Vol. Total (m ³ /ha)
1	0,45	0	0,001
2	0,81	0	0,006
3	2,39	3,98	0,108
4	5,40	5,56	0,480
5	7,92	7,98	1,338
6	9,67	10,16	2,478
7	11,74	12,10	4,182
8	13,84	13,86	6,060
9	15,59	15,47	8,478
10	17,34	17,28	11,412
11	18,92	18,48	14,466
12	20,31	19,88	17,940
13	21,71	21,32	22,146
14	23,29	22,88	27,228
15	25,12	24,50	33,426
16	26,87	26,01	39,816
17	28,35	27,67	47,106
18	29,75	29,19	54,654
19	31,14	30,66	63,300
20	32,71	32,35	73,488
21	34,46	33,97	84,300
22	36,00	35,68	95,358
23	37,34	37,07	106,314
24	38,51	38,45	116,892
25	39,44	39,89	128,256
26	40,49	41,12	139,248
27	41,47	42,12	149,076
28	42,45	43,16	158,598
29	43,45	44,01	168,714
30	44,17	44,81	179,682
31	44,77	45,64	190,812
32	45,30	46,49	201,732
33	45,85	47,26	212,064
34	46,39	48,03	222,492
35	46,93	48,92	232,764
36	47,48	49,70	243,156
37	48,01	50,45	253,794
38	48,56	51,27	264,108
39	49,10	52,11	274,578
40	49,55	53,03	285,102
41	49,77	53,67	292,386
42	49,80	53,92	294,726

Tabla 2A. Tamaño promedio de los árboles codominantes a través del tiempo.

Edad	Alt. media (m)	Dap medio (cm)	Vol. Total (m ³ /ha)
1	0,47	0	0,002
2	0,83	0	0,017
3	2,40	3,76	0,264
4	4,32	5,66	1,073
5	7,35	7,59	2,871
6	9,15	10,21	6,122
7	10,43	12,23	9,867
8	11,72	13,65	13,266
9	13,17	15,31	18,975
10	15,09	16,59	24,684
11	17,29	17,96	31,977
12	19,47	19,29	40,062
13	21,57	20,53	48,857
14	23,16	21,86	59,417
15	24,37	23,49	72,980
16	25,56	24,79	86,955
17	26,72	25,85	100,370
18	27,81	27,25	117,051
19	30,22	28,29	133,172
20	31,14	29,43	152,807
21	32,03	30,71	175,098
22	32,99	31,95	197,654
23	33,96	33,10	221,001
24	34,92	34,08	242,814
25	36,77	34,88	262,598
26	37,93	35,73	282,662
27	39,34	36,41	301,422
28	40,48	36,96	317,510
29	40,99	37,41	331,832
30	41,32	37,91	347,490
31	41,65	38,48	364,155
32	41,98	39,05	380,870
33	42,31	39,50	395,373
34	42,63	39,95	408,243
35	42,96	40,38	420,833
36	43,29	40,71	432,729
37	43,62	41,11	445,269
38	43,95	41,53	455,450
39	44,28	41,80	464,376
40	44,61	42,09	473,501
41	44,94	42,38	482,295
42	45,10	42,61	490,298

Tabla 3A. Tamaño promedio de los árboles intermedios a través del tiempo.

Edad	Alt. media (m)	Dap medio (cm)	Vol. Total (m3/ha)
1	0,49	0	0,002
2	0,71	0	0,009
3	0,81	0	0,018
4	2,14	5,12	0,162
5	2,60	6,60	0,351
6	3,07	8,50	0,666
7	4,86	8,70	1,233
8	7,48	9,21	2,241
9	9,85	10,65	3,285
10	12,07	11,97	4,689
11	13,69	13,32	6,597
12	16,19	14,35	9,855
13	17,80	15,68	12,996
14	19,49	16,80	16,488
15	21,10	18,23	20,907
16	22,81	19,40	25,542
17	24,78	20,46	30,456
18	26,59	21,63	36,063
19	28,15	22,47	41,994
20	29,47	23,50	48,033
21	31,01	24,52	55,062
22	31,65	25,41	62,046
23	32,19	26,25	68,706
24	32,56	26,91	75,213
25	32,85	27,50	81,045
26	33,13	28,08	86,913
27	33,41	28,55	92,286
28	33,71	28,95	97,254
29	34,00	29,24	101,448
30	34,29	29,57	105,183
31	34,59	29,78	108,198
32	34,88	29,95	110,646
33	35,17	30,09	112,923
34	35,47	30,27	115,173
35	35,76	30,43	117,018
36	36,05	30,56	118,926
37	36,35	30,69	120,528
38	36,64	30,80	121,779
39	36,93	30,90	123,075
40	37,12	31,01	124,398
41	37,17	31,03	124,650

Tabla 4A. Incrementos de los árboles dominante, codominante e intermedio a través del tiempo.

Clase de árbol	Edad (años)	Altura (m)		Diámetro (cm)		Area basal (m ² /arb)		Volumen (m ³ /arb)	
		IMA	IPA	IMA	IPA	IMA	IPA	IMA	IPA
Dominante	2	0,41	0,41	0	0	0	0	0	0
	7	1,67	2,33	1,72	2,77	0,002	0,003	0,001	0,017
	12	1,69	1,62	1,64	1,52	0,003	0,004	0,024	0,049
	17	1,66	1,66	1,63	1,65	0,004	0,006	0,046	0,104
	22	1,63	1,56	1,66	1,78	0,004	0,008	0,072	0,169
	27	1,53	1,03	1,59	1,25	0,005	0,007	0,092	0,178
	32	1,41	0,71	1,50	0,90	0,005	0,006	0,105	0,179
	37	1,29	0,54	1,39	0,74	0,005	0,006	0,114	0,174
	42	1,21	0,44	1,33	0,71	0,006	0,007	0,119	0,171
	Codominante	2	0,41	0,41	0	0	0	0	0
7		1,49	2,01	1,74	2,74	0,001	0,003	0,008	0,014
12		1,62	1,94	1,61	1,41	0,002	0,004	0,020	0,040
17		1,57	1,28	1,52	1,33	0,003	0,005	0,035	0,078
22		1,49	1,29	1,45	1,18	0,003	0,005	0,054	0,122
27		1,45	1,34	1,34	0,83	0,004	0,004	0,067	0,121
32		1,31	0,37	1,22	0,52	0,004	0,003	0,072	0,096
37		1,17	0,32	1,11	0,40	0,003	0,002	0,073	0,075
42		1,07	0,28	1,01	0,27	0,003	0,001	0,070	0,053
Intermedio		2	0,35	0,35	0	0	0	0	0
	7	0,69	1,01	0,57	2,00	0,001	0,001	0,004	0,003
	12	1,34	2,17	1,20	1,86	0,001	0,002	0,009	0,021
	17	1,45	1,74	1,21	1,19	0,002	0,003	0,020	0,049
	22	1,43	1,26	1,16	0,95	0,002	0,004	0,032	0,072
	27	1,23	0,31	1,06	0,57	0,002	0,002	0,038	0,066
	32	1,09	0,29	0,94	0,25	0,002	0,001	0,039	0,037
	37	0,98	0,29	0,83	0,15	0,002	0,001	0,036	0,021
	42	0,92	0,16	0,77	0,11	0,001	0,001	0,034	0,014

VIII. ANEXO

Tabla 1B. Tabla de rodal de la plantación en estudio.

Dap (cm)	Frecuencia (arb/ha)	Area basal (m ² /ha)
30	2,5	0,19
32	5,0	0,40
34	15,0	1,40
36	2,5	0,27
38	22,5	2,62
40	20,0	2,58
42	22,5	3,13
44	27,5	4,17
46	12,5	2,09
48	37,5	6,73
50	40,0	7,76
52	25,0	5,35
54	22,5	5,19
56	7,5	1,85
58	15,0	3,90
60	15,0	4,16
62	5,0	1,52
64	7,5	2,44
66	5,0	1,71
68	5,0	1,79
Total	315	59,24

Fuente: Forestal Mininco S.A., 1996.