

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.

E F E C T O   D E   P O D A   Y   R A L E O   S O B R E   E L   C R E C I M I E N T O   Y   L A   F O R M A

F U S T A L   E N   U N   R O D A L   D E   *Eucalyptus nitens*

D E   1 0   A Ñ O S   D E   E D A D



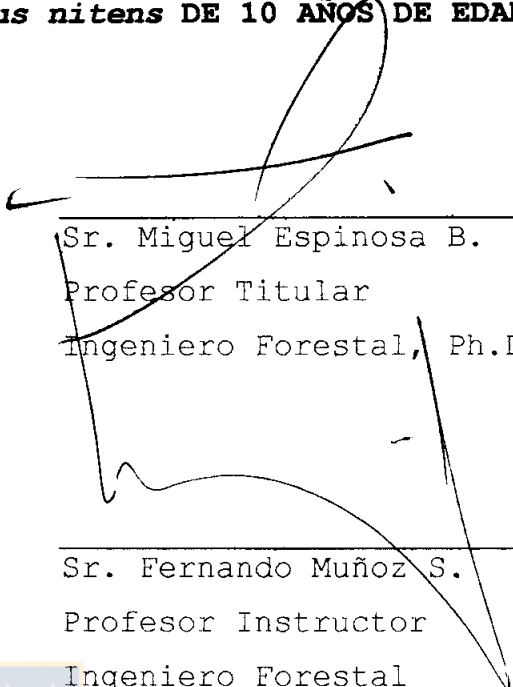
MEMORIA PARA OPTAR  
AL TITULO DE  
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

2000

**EFECTO DE PODA Y RALEO SOBRE EL CRECIMIENTO Y LA FORMA  
FUSTAL EN UN RODAL DE *Eucalyptus nitens* DE 10 AÑOS DE EDAD**

Profesor Asesor




---

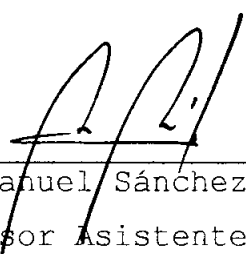
Sr. Miguel Espinosa B.  
Profesor Titular  
Ingeniero Forestal, Ph.D.

Profesor Asesor

---

Sr. Fernando Muñoz S.  
Profesor Instructor  
Ingeniero Forestal

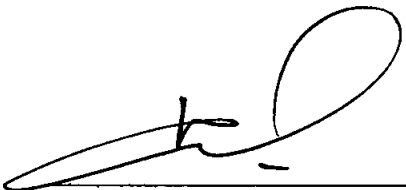
Director  
Departamento Silvicultura


---

Sr. Manuel Sánchez O.  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal, Dr.

Decano Facultad  
de Ciencias Forestales




---

Sr. Fernando Drake A.  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Sr. Miguel Espinosa B.: 90 puntos (noventa puntos)

Sr. Fernando Muñoz S. : 90 puntos (noventa puntos)

**AGRADECIMIENTOS**

A mis padres

A Mauro, Rodrigo y Marisel

Mis sinceros agradecimientos

a los Señores

Miguel Espinosa

y Fernando Muñoz.

Una mención especial merece el  
Sr. Ursesino González.



Gracias al apoyo y colaboración  
de esta personas este trabajo,  
reflejo de todos mis años de estudio,  
no hubiese sido posible...

**INDICE DE MATERIAS**

<b>CAPITULOS</b>	<b>PAGINA</b>
I INTRODUCCIÓN.....	1
II METODOLOGIA.....	4
2.1 Area de estudio.....	4
2.2 Tratamiento y diseño experimental.....	4
2.3 Variables medidas.....	5
2.4 Análisis de los datos.....	6
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	9
3.1 Crecimiento en diámetro.....	9
3.2 Crecimiento en altura.....	15
3.3 Crecimiento en área basal.....	17
3.4 Crecimiento en volumen.....	19
3.5 Comportamiento de la forma fustal.....	23
IV CONCLUSIONES.....	26
V RESUMEN.....	28
VI SUMMARY.....	29
VII LITERATURA CITADA.....	30

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA N°</b>		<b>PAGINA</b>
	<u>En el texto</u>	
1	Tratamientos y simbología utilizada....	6
2	Diámetro medio (cm) por tratamiento y año de medición.....	10
3	Incremento periódico anual (IPA) en diámetro (cm/año) por tratamiento.....	11
4	Variación del diámetro medio (cm) de los árboles al año 1999 según intensidad de poda y raleo.....	14
5	Altura total (m) por tratamiento y año de medición.....	16
6	Incremento periódico anual (IPA) en altura total (m/año) por tratamiento...	17
7	Area basal (m <sup>2</sup> /año) por tratamiento y año de medición.....	18
8	Incremento periódico anual (IPA) en área basal (m <sup>2</sup> /ha/año) por tratamiento.....	19

9	Volumen por hectárea (m <sup>3</sup> /ha) por tratamiento y año de medición.....	20
10	Incremento periódico anual (IPA) según período de variación e incremento medio anual (IMA) en volumen total (m <sup>3</sup> /ha/año) a la edad de 10 años por tratamiento.....	22
11	Cuociente de forma de Girard por tratamiento según año de medición.....	23
12	Exponente de forma (K-variable) a los 5,19 m de altura (cm) por tratamiento..	25



## INDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA N°</b>	<b>PAGINA</b>
<u>En el texto</u>	
1	12
Incremento en diámetro (cm/año) para el período 1995-1999 según porcentaje de árboles podados y densidad.....	
2	13
Incremento en diámetro (cm/año) para cada período de medición según condición del árbol (con poda y sin poda) y densidad.....	
3	15
Diámetro medio de todos los árboles, de los 400 y 200 arb/ha más grandes, cuatro años después aplicado los tratamientos.....	
4	21
Volumen promedio por árbol (m <sup>3</sup> ) según tratamiento y año de medición.....	
5	24
Cuociente de forma en relación al: (a) diámetro de los árboles; (b) nivel de poda; (c) nivel de raleo.....	

## I INTRODUCCION

*Eucalyptus nitens* es una especie de rápido crecimiento y resistente a las heladas, que se ha plantado intensivamente en Chile desde fines de la década del 80, principalmente por empresas forestales con el objetivo de obtener madera pulpable, abarcando una superficie aproximada de 45.000 ha distribuidas desde la VII hasta la X región (INFOR, 1995).

Debido a los permanentes cambios que presenta el mercado de la madera, es indispensable diversificar los productos a comercializar; una alternativa de manejo es la obtención de trozas de óptima calidad. Como consecuencia de lo anterior, se espera que podas y raleos se apliquen a rodales de esta especie. Al mismo tiempo es necesario disponer del máximo de información ante estas intervenciones.

Estudios en Australia han determinado que *E. nitens* es una especie factible de ser manejada con el objetivo de producir madera aserrada y chapas en rotaciones de 30 a 40 años (Gerrand et al., 1997). Sin embargo, posee una poda natural insuficiente, por lo que la aplicación de podas es necesario para obtener madera de buena calidad y libre de nudos (Pinkard y Beadle, 1998a; Wardlaw y Neilsen, 1999). Generalmente se establece con una alta densidad de plantación (>1000 arb/ha) y aproximadamente un tercio de los árboles son aptos para la poda (Neilsen y Gerrand, 1999). Para maximizar las ganancias en la calidad de la madera se recomienda intervenir el rodal al momento del cierre de copas y así tomar ventaja del máximo crecimiento en diámetro para una rápida oclusión del muñón (Pinkard y Beadle, 1998b).



La determinación de la intensidad de poda es esencial para maximizar el porcentaje de madera libre de nudos sin mermar el crecimiento (Pinkard y Beadle, 1998a). En forma general, Daniel et al. (1982) señalan que no se debe eliminar más del 50% de la longitud de copa verde de una sola vez, ya que el crecimiento en diámetro y altura puede reducirse significativamente. Según lo indicado en estudios sobre *E. nitens* este debería ser el porcentaje máximo de copa verde a remover, para no afectar el crecimiento o la dominancia de los árboles (e.g., Stöckle, 1996; Gerrand et al. 1997; Pinkard y Beadle, 1998a; Pinkard y Beadle, 1998b; Celhay et al., 1999; Muñoz y Espinosa, 1999).

La actual prescripción de poda para *E. nitens* en Tasmania (Forestry Tasmania) citado por Pinkard y Beadle (1998b) recomienda podar 300 árboles por hectárea, en tres etapas en un lapso de dos años, cuando la altura media dominante es de 7 m (aproximadamente a los 3 años de edad), removiendo un 38% de copa verde como máximo.

Pinkard y Beadle (1998b) señalan que el raleo puede minimizar el impacto de la poda sobre el crecimiento, al reducir la competencia de los árboles vecinos, y que en *E. nitens* la dominancia no se ve afectada al podar hasta un 50% de la copa verde, siendo en este caso innecesario el raleo. Algunos esquemas de manejo para obtener madera aserrada de *Eucalyptus* recomiendan raleos tempranos y fuertes (Florence, 1997); de tal modo, privilegian el crecimiento individual del árbol y su valor por sobre la productividad total en volumen del rodal (Espinosa et al., 1994). La intensidad de raleo es un factor importante en la determinación del tiempo de respuesta; en raleos severos se

tendría una respuesta de más larga duración (Gerrand et al., 1997).

Por otra parte, la forma de los árboles incide directamente sobre los costos de cosecha y sobre los rendimientos en la producción de madera aserrada y chapas. En general, el raleo y el mayor espaciamiento producen árboles más ahusados; en tanto, la poda produce árboles más cilíndricos (Daniel et al., 1982). Estudios realizados por DeBell y Gartner (1997) en *Thuja plicata* y por Larson (1965) citado por Pinkard y Beadle (1998b) en *Larix laricina* avalan esta idea.

Cambios en la forma o ahusamiento del fuste son sólo importantes si ellos son de larga duración. Pinkard y Beadle (1998b) detectaron en *E. nitens* cambios en la forma fustal sólo por un período de dos años, al podar un 70% de la copa verde y a niveles inferiores del fuste; esto se debe principalmente a los rápidos cambios en la posición y tamaño de las copas de los árboles después de podado.

En forma general, el objetivo del presente estudio es evaluar el efecto de diferentes intensidades de poda y raleo, sobre el crecimiento y el ahusamiento fustal en un rodal de *E. nitens* de 10 años de edad, al cabo de cuatro años de aplicado los tratamientos.

## II METODOLOGIA

### 2.1 Area de estudio

El ensayo se estableció en un rodal de *Eucalyptus nitens* de 4,2 ha de superficie, plantado en 1989. El cultivo anterior en esta área fue una plantación de *Pinus radiata* D. Don. El rodal propiedad de Forestal Mininco S.A. está ubicado en el Fundo "Los Alamos" localidad de Los Alamos, provincia de Arauco, VIII Región (37° 38' latitud sur, 73° 27' longitud oeste).

El lugar presenta una topografía de lomajes suaves y una altitud de 180 m.s.n.m. El suelo, originado a partir de sedimentos marinos, pertenece a la serie Curanipe. Son suelos de textura franco arcillosa, ligeramente plásticos y adhesivos en húmedo, duros y compactos en seco (Carrasco y Millán, 1990).

Las características climáticas generales de la zona registran temperaturas que fluctúan, en promedio, entre una máxima en el mes de enero de 23,2°C y una mínima en junio de 6,0°C. La precipitación promedio anual es de 1.437 mm con un período seco de cinco meses. El efecto oceánico modera las temperaturas extremas creando inviernos benignos (Santibáñez y Uribe, 1993).

### 2.2 Tratamientos y diseño experimental

El ensayo se estableció según un diseño completamente aleatorio, con un arreglo factorial incompleto de tres factores. Los factores considerados son altura de poda,

intensidad de raleo y proporción de árboles residuales podados, cada uno en tres niveles, en parcelas permanentes cuadradas de 324 m<sup>2</sup> de superficie (18\*18 m) rodeadas por una faja perimetral o de aislación de 5 m de ancho. Por cada tratamiento (13 en total) se realizaron tres repeticiones, obteniéndose un total de 39 parcelas a las que se le asignó los tratamientos en forma aleatoria.

Los tratamientos resultan de la combinación de tres densidades de rodal (400, 800 y 1.100 arb/ha (sin raleo)), tres alturas de poda (0(sin poda), 3,5 y 7,0 m de altura) y tres proporciones de árboles podados (0, 50 y 100% de los árboles residuales) (Tabla 1). Debido a que la densidad de rodal no era igual en las parcelas sin raleo, la densidad en éstas se homogeneizó, dejándose un número constante de árboles (1.100 arb/ha).

Las intervenciones de poda y raleo se efectuaron en octubre de 1995, cuando el rodal tenía seis años de edad y presentaba una densidad media de 1300 arb/ha, un diámetro de 16,0 cm y 18,3 m de altura total.

### **2.3 Variables medidas**

Las variables medidas fueron el diámetro a la altura del pecho (DAP) de todos los árboles de las parcelas. Las alturas totales en una submuestra de 15 árboles por parcela, abarcando el espectro diamétrico observado al inicio del estudio, submuestra que se mantuvo en todas las mediciones; además se midió el diámetro a 5,19 m de altura de 5 árboles por parcela dentro de la misma submuestra. Se realizaron tres controles al inicio del ensayo en octubre

de 1995, y posteriormente cada dos años en octubre de 1997 y 1999.

**Tabla 1. Tratamientos y simbología utilizada**

Símbolo	Tratamiento		
	Altura de poda (m)	Densidad residual (arb/ha)	Arboles podados (%)
T0	Sin poda	1.100 (sin raleo)	0
T1	3,5	1.100 (sin raleo)	100
T2	7,0	1.100 (sin raleo)	100
T3	Sin poda	800	0
T4	3,5	800	100
T5	7,0	800	100
T6	Sin poda	400	0
T7	3,5	400	100
T8	7,0	400	100
T9	3,5	800	50
T10	7,0	800	50
T11	3,5	400	50
T12	7,0	400	50

#### 2.4 Análisis de los datos

Se analizó el comportamiento en DAP y área basal para el total de los árboles del rodal. Posteriormente se analizó el comportamiento en altura total y volumen, en los mismos árboles en que se midió la altura.

El volumen se obtuvo a través de una función de volumen fustal ( $R^2=0,9835$ ) desarrollada por Paci (2000), detallado a continuación:

$$\ln v = -20,005486 + 1,01757 \ln (d^2H)$$

Donde: d = diámetro a la altura del pecho (mm); H = altura total (cm)

Para las variables DAP, altura total, área basal y volumen total se evaluó el incremento periódico anual (IPA) entre mediciones sucesivas. También se analizó el crecimiento diamétrico de los 200 y 400 arb/ha de mayor DAP.

Posteriormente, se analizó el ahusamiento fustal mediante el cociente de forma de Girard ( $k_G$ ) (Husch et al., 1972), usado para expresar el efecto de las condiciones del sitio, edad, y densidad de rodal sobre el ahusamiento del árbol (McTague, 1992), a través de la siguiente relación:

$$k_G = (D_{5,19}/D_{1,3}) * 100$$

La forma fustal se aproximó mediante el exponente de forma k-variable ( $k$ ) (Pinkard y Beadle, 1998b) según la siguiente relación general:

$$k = \{\ln [(H - h)/(H - 1,3)]\} / \{\ln (d/D)\}$$

Donde: H= altura total del árbol; D= diámetro a 1,3 m de altura; d= diámetro a la altura h. Esta fórmula asume una variación continua en la forma a lo largo del fuste y permite una estimación de k en cualquier punto del fuste, excepto a la altura del pecho. Si  $k \approx 1$  se asume una forma cónica; para un paraboloides cuadrático  $k \approx 2$ ; para un paraboloides cúbico  $k \approx 3$ ; y para un neiloide  $k \approx 2/3$ .

Adicionalmente, en aquellos tratamientos que consideran poda en un 0 y 100% de los árboles residuales de la parcela (es decir desde T0 hasta T8), se comparó la variación del DAP acumulado de los árboles al año 1999, a diferentes niveles de poda (0, 3,5 y 7,0 m de altura) y raleo (400, 800 y 1.100 arb/ha).

Para cada una de estas variables se comprobó homogeneidad de varianzas mediante el test de Levene, posteriormente se determinó la existencia de diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre tratamientos mediante análisis de varianza, utilizándose la prueba de Tukey-b (Steel y Torrie, 1988) para separar las medias cuando las diferencias mostraron ser significativas.

Finalmente, para aquellos tratamientos que consideran poda al 50% de los árboles residuales de la parcela (T9, T10, T11 y T12), se comparó el incremento en DAP medio de la proporción de árboles podados y no podados según intensidad de raleo (800 y 400 arb/ha) en cada año de medición.



### III RESULTADOS Y DISCUSION

#### 3.1 Crecimiento en diámetro

Cuatro años después de aplicadas las intervenciones, oportunidad en que se efectuó el último control, los tratamientos de mayor intensidad de raleo (T6, T7, T8) presentan diferencias significativas con los tratamientos de mayor densidad residual (T0, T1, T2), apreciándose una relación inversa entre el crecimiento en DAP y la densidad (Tabla 2).

Este mismo comportamiento a través del tiempo fue encontrado en rodales de *Eucalyptus* por Opie et al. (1982) citados por Schönau y Coetzee (1989); por Messina (1992); por Pinilla (1995); por Stöckle (1996); por Gerrand et al. (1997); por Lisita et al. (1999); por Muñoz y Espinosa (1999); y por Neilsen y Brown (1997) citados por Neilsen y Pinkard (1999). De lo que se desprende, que árboles creciendo a espaciamientos más amplios alcanzan dimensiones mayores y el efecto persiste por más tiempo (Espinosa et al., 1994).



**Tabla 2. Diámetro medio (cm) por tratamiento y año de medición.**

Tratamiento	Año de medición		
	1995	1997	1999
T0	15,5 b	18,8 d	21,3 f
T1	15,6 b	19,3 cd	22,0 ef
T2	16,1 ab	19,5 cd	21,5 f
T3	15,9 ab	20,0 bcd	23,2 def
T4	15,8 ab	20,4 bcd	23,8 cdef
T5	15,9 ab	20,3 bcd	23,4 cdef
T6	17,0 ab	23,0 a	27,2 a
T7	17,5 a	22,7 a	26,8 ab
T8	16,4 ab	21,9 ab	25,8 abc
T9	16,0 ab	20,3 bcd	23,0 def
T10	15,8 ab	19,6 cd	22,4 def
T11	16,1 ab	21,2 abc	24,9 abcd
T12	16,6 ab	21,1 abc	24,5 bcde

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

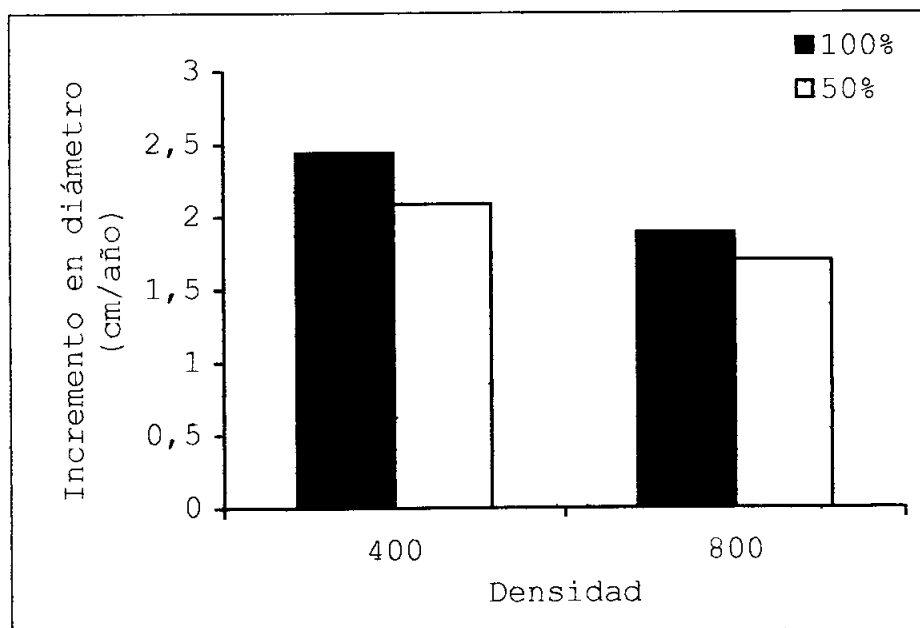
La tasa de crecimiento en diámetro en el período 1999-1997 es menor que en el período 1997-1995. Después de cuatro años de crecimiento, las parcelas más intensamente raleadas (T6, T7, T8) muestran la mayor tasa de crecimiento anual en diámetro, detectándose diferencias significativas con el testigo (T0) y con la mayoría de los tratamientos. En promedio, los árboles del testigo (T0) crecieron un 44,6% menos que los árboles del tratamiento de mayor tasa de crecimiento y de menor densidad residual (T6) (Tabla 3).

**Tabla 3. Incremento periódico anual (IPA) en diámetro (cm/año) por tratamiento.**

Tratamiento	Periodo		
	1995-1997	1997-1999	1995-1999
T0	1,65 g	1,18 gh	1,42 f
T1	1,85 fg	1,31 fgh	1,58 ef
T2	1,66 g	1,04 h	1,35 f
T3	2,07 def	1,56 def	1,82 de
T4	2,31 cd	1,69 cde	2,00 cd
T5	2,19 cdef	1,53 def	1,86 de
T6	2,99 a	2,15 a	2,57 a
T7	2,67 ab	2,04 ab	2,35 ab
T8	2,78 ab	2,02 abc	2,39 ab
T9	2,15 cdef	1,37 efg	1,76 de
T10	1,92 efg	1,38 efg	1,65 ef
T11	2,48 bc	1,84 abcd	2,19 bc
T12	2,26 cde	1,72 bcd	1,99 cd

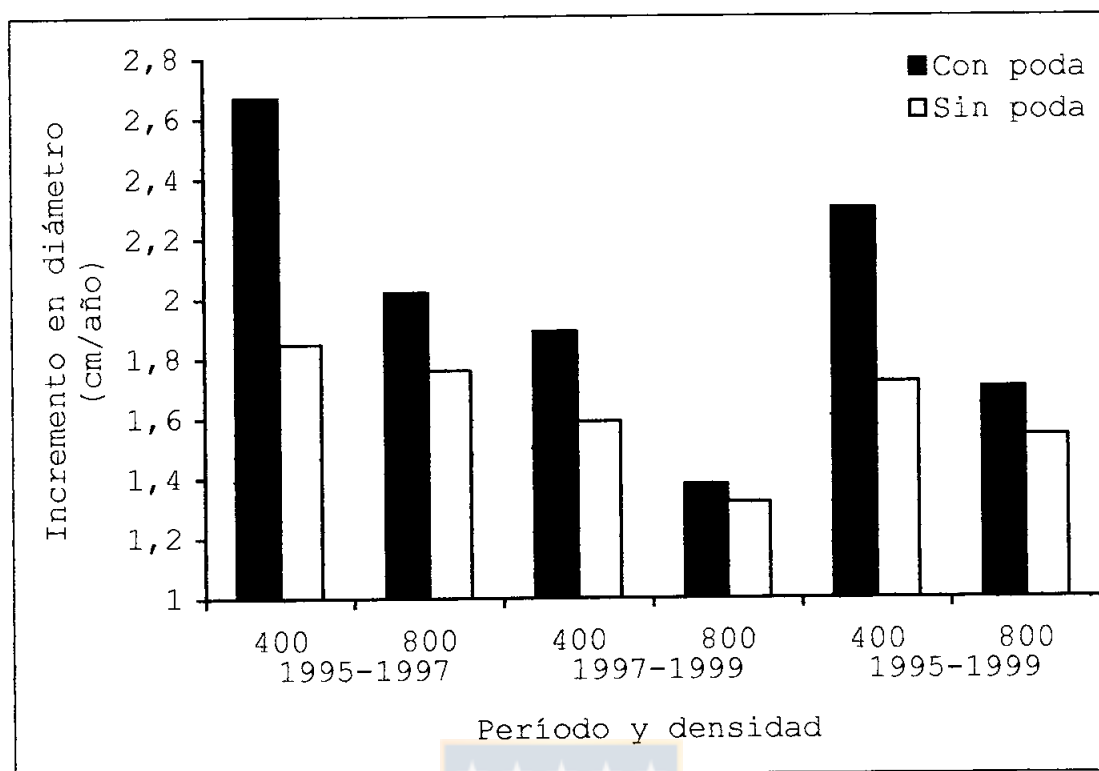
En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

Al agrupar las medias por tratamientos con igual densidad (sólo 400 y 800 arb/ha) (Tabla 1), las parcelas que consideran poda a la mitad de los árboles, presentan un menor crecimiento que aquellos en que se podó la totalidad de los árboles, para similar densidad (Fig. 1). Para todo el período de medición, las parcelas que consideran poda a la mitad de los árboles crecieron un 14,2% (0,35 cm/año) y un 10,1% (0,19 cm/año) menos que las parcelas que consideran poda a la totalidad de los árboles, para una densidad de 400 y 800 arb/ha, respectivamente (Fig. 1). Un resultado similar obtuvo Stöckle (1996) en un rodal de *E. nitens* un año después de aplicado los tratamientos.



**Figura 1. Incremento en diámetro (cm/año) para el período 1995-1999, según porcentaje de árboles podados y densidad.**

La Figura 2 muestra los incrementos en diámetro para cada período de medición según condición del árbol (con y sin poda) y densidad, en los tratamientos que consideran poda a la mitad de los árboles (T9, T10, T11 y T12). De la cual se desprende, que la poda produjo un efecto positivo sobre los árboles podados: éstos crecen, durante el período 1995-1999, un 33,7% (0,58 cm/año) y 10,4% (0,16 cm/año) más que aquellos no podados, para densidades de 400 y 800 arb/ha, respectivamente. Este comportamiento es concordante a lo señalado por Pinkard y Beadle (1998b) en *E. nitens*, quienes establecieron que el crecimiento o la dominancia no se ve afectada al podar menos del 50% de la longitud de copa verde.



**Figura 2. Incremento en diámetro (cm/año) para cada período de medición según condición del árbol (con poda y sin poda) y densidad.**

Para un mismo nivel de poda y variando el nivel de raleo, las diferencias en diámetro oscilan entre 6,0 cm para los árboles sin poda y 3,6 cm para los árboles podados a 7 m de altura. Por el contrario, manteniendo constante el nivel de raleo y variando la intensidad de poda, las diferencias son reducidas, desde 0,7 cm para una densidad residual de 1.100 arb/ha hasta 2,2 cm para una densidad residual de 400 arb/ha (Tabla 4). Por lo tanto, las variaciones en diámetro son dependientes fundamentalmente de la intensidad de raleo, más que de la intensidad de poda practicada, y tienden a ser mayores mientras más fuerte es la intervención.

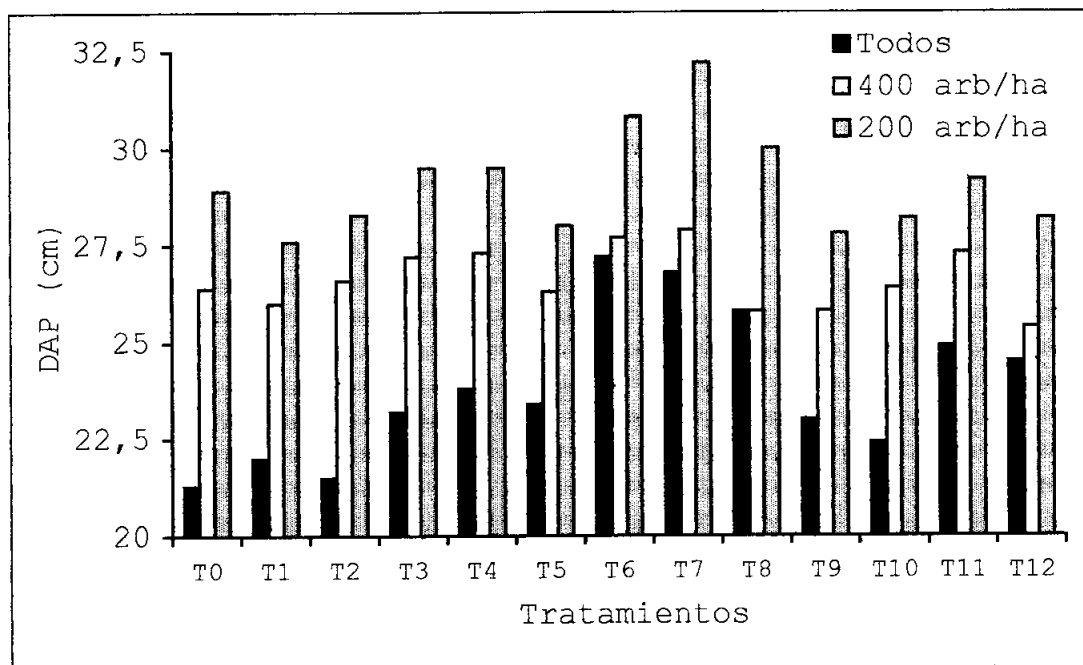
Según los valores de DAP acumulado al año 1999, se desprende que la poda produjo un efecto positivo sobre el crecimiento en las parcelas de mayor densidad residual (1.100 arb/ha) y un efecto negativo sobre el crecimiento en las parcelas de menor densidad residual (400 arb/ha); sin embargo, este efecto no fue significativo (Tabla 4).

**Tabla 4. Variación del diámetro medio (cm) de los árboles al año 1999 según intensidad de poda y raleo.**

Intensidad de poda (m)	Intensidad de raleo (arb/ha)		
	1.100	800	400
0	21,3a	23,2a	27,3a
3,5	22,0a	23,4a	26,0a
7,0	21,5a	22,8a	25,1a

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

En lo que se refiere al crecimiento en diámetro de los árboles más grandes, es decir los 200 y 400 árboles por hectárea con mayor DAP, éstos siguen, en general, el mismo patrón de comportamiento que el DAP medio del rodal. Para los 400 mejores árboles por hectárea no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Sin embargo, cuando se consideran los 200 árboles más grandes, los tratamientos de menor densidad residual (T6 y T7) logran diámetros significativamente superiores que la mayoría de los tratamientos (Fig. 3).



**Figura 3. Diámetro medio de todos los árboles y de los 400 y 200 árb/ha de mayor DAP, cuatro años después de aplicado los tratamientos.**

### 3.2 Crecimiento en altura

Cuatro años después de aplicado los tratamientos, el raleo tuvo un efecto significativo sobre el crecimiento en altura, entre el control (1.100 arb/ha) y dos de los tratamientos de menor densidad residual (T6 y T7) (Tabla 5). Al mismo tiempo se detectó diferencias significativas entre T7 y T11 de similar densidad residual (400 arb/ha) y que difieren sólo en la proporción de árboles podados (Tabla 5).

**Tabla 5. Altura total (m) por tratamiento y año de medición.**

Tratamiento	Año de medición		
	1995	1997	1999
T0	18,2 ab	22,3 a	26,6 c
T1	18,4 ab	23,2 a	28,2 abc
T2	18,8 ab	22,8 a	27,8 abc
T3	18,0 ab	22,0 a	27,7 abc
T4	18,4 ab	23,2 a	28,4 abc
T5	18,1 ab	22,4 a	27,0 abc
T6	17,8 b	23,1 a	28,9 ab
T7	19,1 a	23,4 a	29,1 a
T8	18,1 ab	22,8 a	28,1 abc
T9	17,9 ab	23,3 a	27,8 abc
T10	18,2 ab	22,1 a	28,5 abc
T11	17,8 b	22,0 a	26,8 bc
T12	18,4 ab	21,8 a	26,9 abc

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

A diferencia del crecimiento en diámetro, el incremento promedio anual en altura de las parcelas raleadas es mayor en el período 1997-1999 que en el período 1995-1997, a excepción del tratamiento T9 (Tabla 6).

Sin considerar los tratamientos en que sólo se podó la mitad de los árboles de la parcela, se observa una relación inversa entre la densidad y el crecimiento en altura (Tabla 6). Un comportamiento similar fue establecido por Messina (1992) en un rodal de *Eucalyptus regnans*. Sin embargo, para el ensayo completo no se aprecia una tendencia clara que relacione el espaciamiento con el crecimiento en altura (Tabla 6), coincidiendo con lo obtenido por Muñoz y Espinosa (1999) en un rodal de *Eucalyptus nitens* y por Pinilla (1995) en un rodal de *Eucalyptus globulus*.

**Tabla 6. Incremento periódico anual (IPA) en altura total (m/año) por tratamiento.**

Tratamiento	Período	
	1995-1997	1997-1999
T0	2,19 abc	2,24 c
T1	2,38 ab	2,60 abc
T2	1,96 bc	2,62 abc
T3	2,07 bc	2,98 ab
T4	2,34 ab	2,78 abc
T5	2,17 abc	2,30 bc
T6	2,70 a	2,84 abc
T7	2,26 abc	2,97 ab
T8	2,33 ab	2,70 abc
T9	2,70 a	2,33 bc
T10	2,01 bc	3,13 a
T11	2,17 abc	2,27 c
T12	1,68 c	2,56 abc

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

### 3.3 Crecimiento en área basal

El raleo tuvo un efecto significativo sobre el área basal total por hectárea. Las parcelas más intensamente raleadas (400 arb/ha) alcanzan áreas basales significativamente menores que en las parcelas sin raleo (1.100 arb/ha) y con raleo intermedio (800 arb/ha). Al año 1999, las parcelas T6, T7 y T8 acumulan sólo un 60,3%, 62,9% y 51,9%, respectivamente, del área basal del testigo (T0) (Tabla 7).



**Tabla 7. Area basal (m<sup>2</sup>/ha) por tratamiento y año de medición.**

Tratamiento	Año de medición		
	1995	1997	1999
T0	22,4 a	32,9 ab	41,8 ab
T1	21,0 ab	32,3 abc	41,9 ab
T2	24,4 a	35,6 a	43,8 a
T3	17,1 c	27,3 bcd	36,7 abc
T4	16,0 c	26,7 cd	36,5 abc
T5	16,2 c	26,3 d	34,9 bc
T6	9,8 d	17,9 f	25,2 de
T7	11,3 d	18,7 ef	26,3 de
T8	8,9 d	15,9 f	21,7 e
T9	14,9 cd	24,0 de	31,0 cd
T10	18,0 bc	27,4 bcd	35,9 abc
T11	11,7 cd	19,6 ef	27,1 de
T12	10,0 d	16,2 f	22,0 e

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

Aunque el crecimiento en área basal por árbol se ha incrementado fuertemente con el aumento del espaciamiento, en las parcelas T6, T7 y T8 la mayor tasa de crecimiento individual no es suficiente para compensar el menor número de árboles. Estas parcelas acumulan en el período 1995-1999 entre 12 y 15 m<sup>2</sup>/ha de área basal, mientras las parcelas T0 a T5 logran valores entre 18 y 20 m<sup>2</sup>/ha, aproximadamente un 30% mayor (Tabla 8).

Las diferencias iniciales en área basal por hectárea entre tratamientos han disminuido con el tiempo. Para todos los tratamientos, a excepción del tratamiento T7, el incremento periódico anual en área basal en el período 1995-1997 fue mayor que en el período 1997-1999 (Tabla 8).

**Tabla 8. Incremento periódico anual (IPA) en área basal (m<sup>2</sup>/ha/año) por tratamiento.**

Tratamiento	Periodo	
	1995-1997	1997-1999
T0	5,23 ab	4,30 ab
T1	5,64 a	4,78 a
T2	5,61 a	4,09 ab
T3	5,08 abc	4,68 a
T4	5,38 a	4,90 a
T5	5,04 abc	4,30 ab
T6	4,03 bcde	3,65 ab
T7	3,76 de	3,78 ab
T8	3,52 de	2,97 b
T9	4,56 abcd	3,49 ab
T10	4,74 abcd	4,25 ab
T11	3,88 cde	3,77 ab
T12	3,10 e	2,90 b

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

### 3.4 Crecimiento en volumen

El volumen total tiene un comportamiento similar al área basal por hectárea. Las parcelas más intensamente raleadas (400 arb/ha) alcanzan volúmenes totales significativamente menores que las parcelas sin raleo (1.100 arb/ha). A los 10 años de edad, el volumen acumulado en los tratamientos de menor densidad residual (T6, T7, T8) ascienden a 271,8; 297,4 y 235,0 m<sup>3</sup>/ha, significativamente menores que los 414,8 m<sup>3</sup>/ha del testigo y los 472,9 y 471,5 de T1 y T2 (sin raleo), respectivamente (Tabla 9).

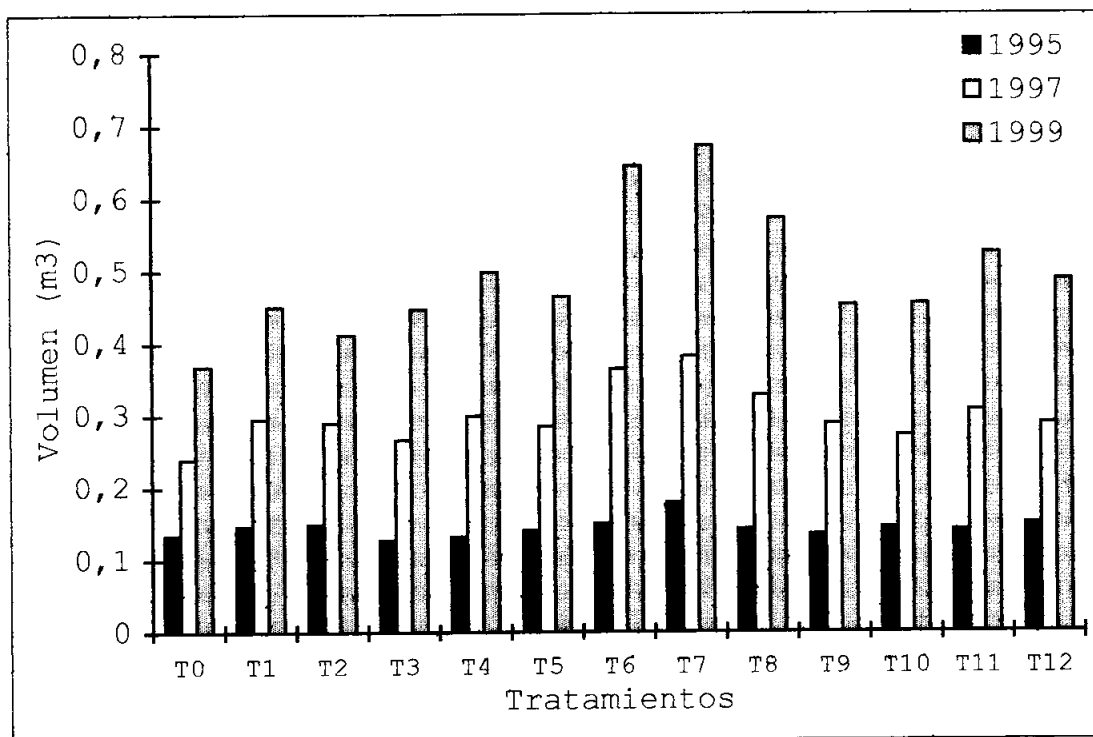
**Tabla 9. Volumen por hectárea (m<sup>3</sup>/ha) por tratamiento y año de medición.**

Tratamiento	Año de medición		
	1995	1997	1999
T0	152,0 ab	267,7 bc	414,8 ab
T1	152,8 ab	308,0 ab	472,9 a
T2	173,1 a	334,8 a	471,5 abcd
T3	106,3 cd	223,2 cde	372,0 abc
T4	104,9 cd	237,1 cd	394,2 abc
T5	111,4 d	225,6 cde	367,4 abcd
T6	63,4 ef	153,1 fg	271,8 de
T7	81,3 def	168,0 defg	297,4 cde
T8	58,6 f	134,6 g	235,0 e
T9	96,6 cde	203,4 cdef	317,4 bcde
T10	125,7 bc	237,5 cd	392,4 abc
T11	78,5 def	164,5 efg	282,2 de
T12	67,7 ef	129,8 g	219,7 e

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

El raleo ha incrementado el volumen medio por árbol, principalmente para las parcelas más intensamente raleadas (400 arb/ha). Inicialmente se observan para todos los tratamientos, en promedio, valores similares que oscilan entre 0,127 y 0,179 m<sup>3</sup>. Al año 1999, el volumen medio por árbol de las parcelas de menor densidad residual (T6, T7 y T8) alcanzan valores de 0,644, 0,672 y 0,572 m<sup>3</sup>, un 74,9%, 82,5% y 55,4% significativamente mayores ( $p \leq 0,05$ ) que el testigo (0,368 m<sup>3</sup>), respectivamente (Fig. 4). Este mismo comportamiento fue obtenido por Gerrand et al. (1997) en un rodal de *E. nitens* de 10 años de edad.

Sin embargo, la mayor dimensión de los árboles individuales no es suficiente para compensar su menor número y alcanzar los valores de volumen por hectárea de las parcelas de mayor densidad residual.



**Figura 4. Volumen promedio por árbol (m<sup>3</sup>) según tratamiento y año de medición.**

Se aprecia una relación directa entre el incremento periódico anual (IPA) en volumen total y la densidad: a mayor densidad mayor es el incremento en volumen total. El IPA en volumen total en todos los tratamientos fue mayor en el período 1997-1999, denotando que aún no alcanza la culminación del incremento volumétrico (Tabla 10).

La poda produjo un efecto positivo en el crecimiento en volumen total en las parcelas sin raleo (1.100 arb/ha), durante el período 1995-1999. Las parcelas de los tratamientos T1 y T2 crecieron un 17,7% y 13,1% más en volumen que el testigo, respectivamente. Sin embargo, estas diferencias no fueron significativas ( $p \leq 0,05$ ) (Tabla 10).

En general, la tendencia observada es una disminución de los incrementos en volumen total con la reducción de la densidad. En el período 1995-1999 los tratamientos T6, T7 y T8 presentan una tasa de crecimiento a razón de 0,78; 0,81 y 0,66, respectivamente, en relación al testigo. En todos los tratamientos los valores de incremento periódico anual (IPA) son superiores a los del incremento medio anual (IMA); a la edad de 10 años, éstos alcanzan valores sobre los 40 m<sup>3</sup>/ha/año para las parcelas de mayor densidad residual y entre 22 a 30 m<sup>3</sup>/ha/año para las menores densidades residuales (Tabla 10).

**Tabla 10. Incremento periódico anual (IPA) según período de medición e incremento medio anual (IMA) en volumen total (m<sup>3</sup>/ha/año) a la edad de 10 años por tratamiento.**

Tratamiento	IPA				IMA
	1995-1997	1997-1999	1995-1999	Razón <sup>1</sup>	
T0	63,8 ab	73,6 abc	66,8 abcd	1,00	41,5
T1	74,9 a	91,3 a	78,6 a	1,18	47,3
T2	75,1 a	90,1 a	75,6 ab	1,13	47,1
T3	55,1 bc	84,5 ab	62,8 abcde	0,94	37,2
T4	63,9 ab	89,3 a	73,4 abc	1,10	39,4
T5	57,3 abc	71,9 abc	64,1 abcde	0,96	36,7
T6	45,1 bcd	58,7 bc	52,1 def	0,78	27,2
T7	44,0 bcd	71,2 abc	54,6 cdef	0,81	29,7
T8	38,0 cd	50,6 c	44,1 ef	0,66	23,5
T9	53,8 bc	57,4 bc	55,4 bcdef	0,83	31,7
T10	56,6 abc	81,4 ab	68,1 abcd	1,02	39,2
T11	44,0 bcd	57,8 bc	51,4 def	0,77	28,2
T12	32,2 d	45,2 c	38,4 f	0,58	22,0

En cada columna, letras diferentes implican diferencias significativas (Tuckey-b,  $p \leq 0,05$ ).

<sup>1</sup> Cuociente entre T0 y Ti, donde  $i=0,1,\dots,12$

### 3.5 Comportamiento de la forma fustal

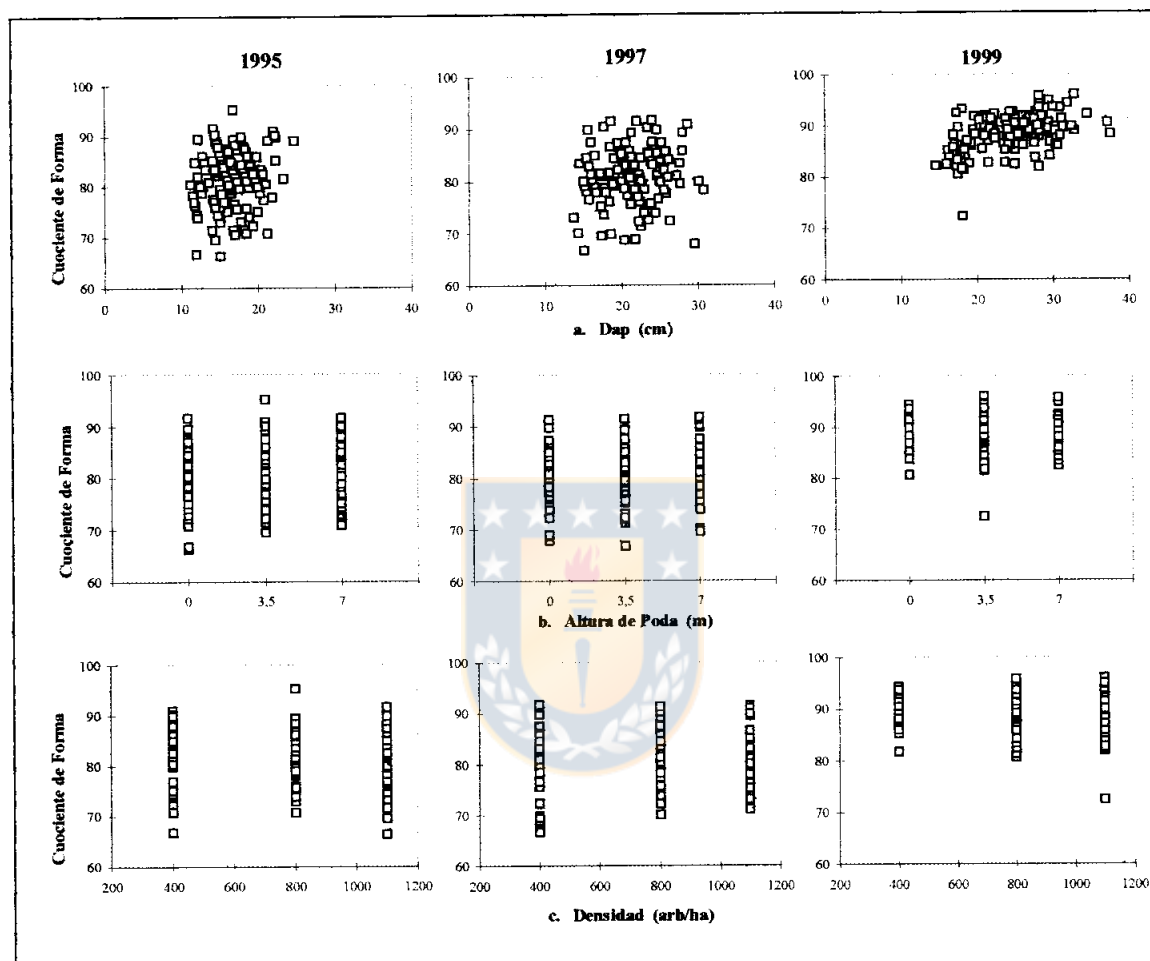
En el último control, el cuociente de forma de Girard alcanza un valor promedio de 88,4%, significativamente mayor a los valores alcanzados en las mediciones anteriores (80,4% en el año 1995 y 80,5% en el año 1997); lo que significa que los árboles fueron más cilíndricos el año 1999, que en el resto de los controles. Sin embargo, en cada año de medición no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 11). De lo que se desprende, que no existe un efecto de los niveles de poda y raleo aplicados sobre el ahusamiento medio de los árboles, más bien el cambio producido a través de los años depende de los hábitos naturales de crecimiento de los árboles.

**Tabla 11. Cuociente de forma de Girard por tratamiento según año de medición.**

Tratamiento	Año de medición		
	1995	1997	1999
T0	81,7	80,2	88,7
T1	80,8	79,9	87,2
T2	82,4	83,6	89,4
T3	79,3	82,3	88,6
T4	82,7	81,8	88,2
T5	81,2	81,2	87,8
T6	80,9	79,5	89,7
T7	83,2	79,9	89,3
T8	82,1	80,9	88,3
T9	77,2	77,7	88,0
T10	78,8	79,5	87,6
T11	77,8	80,4	88,4
T12	76,5	80,7	88,0
<b>Promedio</b>	<b>80,4</b>	<b>80,5</b>	<b>88,4</b>

El cuociente de forma no presenta ninguna relación con el diámetro de los árboles, en todos los períodos de medición

(Fig. 5a). De igual manera, no se encontró relación entre el cuociente de forma y el nivel de poda (Fig. 5b), ni con el nivel de raleo (Fig. 5c) aplicado en cada período de medición.



**Figura 5. Cuociente de forma en relación al: (a) diámetro de los árboles; (b) nivel de poda; (c) nivel de raleo.**

El análisis del cuociente de forma k-variable, al inicio del ensayo, señala que los árboles tienden a una forma cónica a paraboloide (paracono) ( $k=1,3275$ ), dos años después cambia a una forma entre cónica a levemente neiloidal ( $k=1,0151$ ), y finalmente al año 1999 vuelve a la

forma inicial ( $k=1,3924$ ). No obstante, en cada año de medición no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 12). Lo que concuerda con lo obtenido por Pinkard y Beadle (1998b) al podar un 50% de la copa verde en un rodal de *E. nitens* de cinco años de edad.

**Tabla 12. Exponente de forma<sup>2</sup> (k-variable) a los 5,19 m de altura (cm) por tratamiento.**

Tratamiento	Año de medición		
	1995	1997	1999
T0	1,43	1,01	1,47
T1	1,33	0,94	1,32
T2	1,43	1,23	1,52
T3	1,23	1,10	1,36
T4	1,62	1,08	1,36
T5	1,31	1,09	1,38
T6	1,38	1,01	1,50
T7	1,53	0,93	1,38
T8	1,49	1,07	1,29
T9	1,09	0,82	1,53
T10	1,27	0,98	1,33
T11	1,08	0,96	1,38
T12	1,02	1,14	1,34
<b>Promedio</b>	<b>1,33</b>	<b>1,02</b>	<b>1,39</b>

<sup>2</sup>Si  $k=1$  sugiere una forma cónica;  $k=2$  un paraboloido cuadrático;  $k=3$  un paraboloido cúbico;  $k=0,66$  un neiloide.



#### IV CONCLUSIONES

1. El raleo incrementa la tasas de crecimiento en diámetro de los árboles. Cuatro años después de intervenido el rodal los árboles de las parcelas con raleo más intenso (400 arb/ha) crecen a una tasa significativamente mayor que las raleadas moderadamente y que las no raleadas.
2. No se aprecia una tendencia clara que relacione el espaciamiento con el crecimiento en altura.
3. Cuatro años después de aplicado los tratamientos, el crecimiento en diámetro de los 400 arb/ha de mayor DAP no difieren significativamente entre tratamientos. Sin embargo, si existen diferencias significativas para los 200 arb/ha más grandes entre los tratamientos de menor densidad residual (T6 y T7) y la mayoría de los tratamientos.
4. No se detectó efecto significativo del nivel de poda sobre el crecimiento de los árboles. Las variaciones registradas son atribuibles principalmente al raleo.
5. Los árboles podados no disminuyeron su crecimiento o dominancia al competir con árboles sin poda.
6. El raleo disminuye el volumen total por hectárea. El volumen individual por árbol se incrementó por efecto del raleo, no obstante su menor número no es suficiente para alcanzar los volúmenes de las parcelas de mayor densidad.

7. Los niveles de poda y raleo aplicados no afectaron el ahusamiento y la forma fustal de la troza inferior. Los cambios encontrados se deben principalmente a los hábitos naturales de crecimiento de los árboles.
8. En rodales de estas características, es posible reducir la densidad a 400 arb/ha y podar a 7 m de altura sin afectar negativamente el crecimiento de los árboles residuales.
9. El rodal estaba en condiciones de ser intervenido 2 ó 3 años antes.



## V RESUMEN

Se estableció un ensayo de diferentes intensidades de poda y raleo con un diseño completamente al azar en un rodal de *Eucalyptus nitens* de seis años de edad propiedad de Forestal Mininco S.A, ubicado en el fundo Los Alamos, en la localidad de los Alamos, VIII Región.

Después de tres controles periódicos cada dos años, se determinó la existencia de diferencias significativas entre las intensidades de raleo practicadas sobre el crecimiento en diámetro de los árboles. Los mayores crecimientos en DAP se lograron en las parcelas más intensamente raleadas. El crecimiento de los 400 árb/ha de mayor DAP no difiere significativamente entre tratamientos. No se encontró una tendencia clara del efecto del raleo sobre el crecimiento en altura.

Cuatro años después de aplicado el raleo, las parcelas sin raleo tienen los mayores volúmenes totales; las más fuertemente raleadas los menores. El volumen individual por árbol se incrementó por efecto del raleo. El área basal posee una relación directa con el volumen total

Los niveles de poda y raleo aplicados no afectaron el ahusamiento y la forma fustal de la troza inferior. Los cambios encontrados se deben principalmente a los hábitos naturales de crecimiento de los árboles.

## VI SUMMARY

An trial of different thinning and pruning treatment was established with a complete ramdon design in a six years old *Eucalyptus nitens* stand, located in "Los Alamos" farm property of "Forestal Mininco S.A." company, near to the locality of "Los Alamos", VIII Región.

After three periodic measurement every two years, was determined existence of significant differences between thinning intensity over diameter growth. The great diameter growth was obtained in the thinned plot. The analysis of 400 largest tree shown no significant difference between treatment.

Height growth was not affected by thinning and not any found tendency.

The unthinned plot obtained the highest total volume per hectare, while thinned plot obtained lowest total volume. The individual volume was increased by thinning effect. Any direct relationship was detected between basal area and total volume.

Taper and shape of the lower log was unaffected by thinning and pruning levels applied. Changes in taper and shape was attributable by natural habit growth of the trees.

**VII LITERATURA CITADA**

**Carrasco, P. y J. Millán. 1990.** Proyecto de suelos forestales de la VIII región. Informe final. Departamento de Ciencias Forestales/Ministerio de Agricultura. Chillán, Chile.

**Celhay, J., P. Bonnefoy y F. Riquelme. 1999.** Efecto de la intensidad de poda sobre el crecimiento de *Eucalyptus nitens*. En: Silvotecnica XII. Realidad potencial del Eucalipto en Chile: Cultivo Silvícola y su uso Industrial. IUFRO. Instituto Forestal. Sociedad Nacional de Agricultura. Concepción. Chile.

**Daniel, T., J. Helms y F. Baker. 1982.** Principios de silvicultura. Mc Graw Hill. 2<sup>a</sup> edición. México.

**DeBell, J. and B. Gartner. 1997.** Stem characteristics on the lower log of 35-year-old Western Redcedar grown at several spacings. Western Journal Applied Forestry 12(1): 9-14.

**Espinosa, M., J. García y O. Valeria. 1994.** Efecto de intensidades diferentes de raleo en el crecimiento de un rodal de pino radiata. Bosque 15(1): 55-65.

**Florence, A. 1996.** Ecology and Silviculture of Eucalypt forests. Csiro Publishing. Melbourne. Australia.

**Gerrand, A., J. Medhurst and W. Nielsen. 1997.** Thinning and pruning Eucalypt plantation for sawlog productions in Tasmania. Tasforest 9: 15-34.

**Husch, B., C. Miller y T. Beers. 1972.** Forest Mensuration. The Ronald Press Co. Ed.2. New York. USA.

**INFOR, CORFO. 1995.** Catástro de plantaciones forestales de Eucalypto, VII a X región. Informe final. Santiago, Chile.

**Lisita, A., H. Garcia, J. Chagas, A. Regazzi e V. dos Santos. 1997.** Efeitos de reespaçamentos na produção, no diâmetro médio e na estrutura de povoamentos de *Eucalyptus camaldulensis*. Revista Árvore 21 (4): 473-482.

**McTague, J. 1992.** Enhanced estimates of total volume with any single upper-stem measurement. Forest Ecology and Management 48: 55-67.

**Messina, M. 1992.** Response of *Eucalyptus regnans* F. Muell. to thinning and urea fertilization in New Zealand. Forest Ecology and Management 51: 269-283.

**Muñoz, F. y M. Espinosa. 1999.** Efecto de diferentes intensidades de poda y raleo en el crecimiento de *Eucalyptus nitens*. En: Silvotecna XII. Realidad potencial del Eucalipto en Chile: Cultivo Silvícola y su uso Industrial. IUFRO. Instituto Forestal. Sociedad Nacional de Agricultura. Concepción. Chile.

**Neilsen, W. and A. Gerrand. 1999.** Growth and branching habit of *Eucalyptus nitens* at different spacing and the effect on final crop selection. Forest Ecology and Management 123:217-229.

**Neilsen, W. and E. Pinkard. 1999.** Developing silvicultural regimes for sawlog and veneer production from temperate eucalypt plantations in Tasmania. En: Silvotecnica XII. Realidad potencial del Eucalipto en Chile: Cultivo Silvícola y su uso Industrial. IUFRO. Instituto Forestal. Sociedad Nacional de Agricultura. Concepción. Chile

**Paci, C. 2000.** Construcción de funciones de razón de volumen para *Eucalyptus nitens* y *Eucalyptus globulus*. Memoria de título. Ingeniero Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Santiago, Chile.

**Pinilla, J. 1995.** Primeros resultados en un ensayo de espaciamiento, poda y raleo con *Eucalyptus globulus* en Constitución (VII Región). Ciencia e Investigación Forestal 9 (2): 191-212.

**Pinkard, E. and C. Beadle. 1998a.** Aboveground biomass partitioning and crown architecture of *Eucalyptus nitens* following green pruning. Canadian Journal Forest Research 28: 1419-1428.

**Pinkard, E. and C. Beadle. 1998b.** Effects of green pruning on growth and stem shape of *Eucalyptus nitens* (Deane and Maiden) Maiden. New Forest 15: 107-127.

**Santibáñez, F. y J. Uribe. 1993.** Atlas agroclimático de Chile: regiones sexta, séptima, octava y novena. CORFO. Ministerio de Agricultura. FIA. Santiago, Chile.

**Shönau, A. and J. Coetzee. 1989.** Inicial spacing, stand density and thinning in eucalyptus plantations. *Forest Ecology and Management* 29 (4): 245-266.

**Steel, R. y J. Torrie. 1988.** Bioestadística: principios y procedimiento (2° ed.). McGraw-Hill. Bogotá, Colombia.

**Stöckle, M. 1996.** Efecto inicial de poda y raleo en el crecimiento de un rodal de *Eucalyptus nitens* de 6 años de edad. Memoria de Título. Ingeniero Forestal. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales, Departamento Silvicultura. Concepción, Chile.

**Wardlaw, T. and W. Neilsen. 1999.** Decay and other defects associated with pruned branches of *Eucalyptus nitens*. *Tasforest* 11: 49-57.





