



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias Forestales

Efecto de la ausencia de raleos en el crecimiento de rodales podados de diferentes edades de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) en la provincia de Valdivia, Chile.

Patrocinante: Sr. Oscar Thiers E.

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

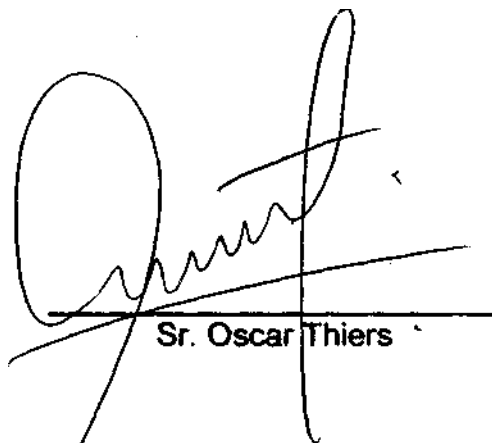
MAGNO ALBERTO CONTRERAS RIVERA

VALDIVIA
2007

CALIFICACIÓN DEL COMITE DE TITULACIÓN

		Nota
Patrocinante:	Sr. Oscar Thiers E.	<u>6.4</u>
Informante:	Sra. Alicia Ortega Z.	<u>6.2</u>
Informante:	Sr. Fernando Droppelmann F.	<u>6.2</u>

El patrocinante acredita que el presente Trabajo de Titulación cumple con los requisitos de contenido y de forma contemplados en el reglamento de Titulación de la Escuela. Del mismo modo, acredita que en el presente documento han sido consideradas las sugerencias y modificaciones propuestas por los demás integrantes del Comité de Titulación.



Sr. Oscar Thiers

A una gran mujer, mi madre Marta

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por su apoyo constante en este no tan difícil camino que comenzó hace seis años y que ahora termina satisfactoriamente. A mis padres, mis dos hermanos, tíos y mi abuelita; que han contribuido en gran parte en mi formación personal y ahora profesional.

A Vania y Sebastián que siempre estarán en mi corazón.

Mi amigo de siempre Cristián, gracias por todos estos años de amistad y espero que sigan muchos más!!!!!! Mis amigos que compartí en el período universitario: Raúl (chino), Héctor (carmelo), Puebla, Pepa, Pancha, Karina, Nacho, Felipe (chanchon), Mario, Pancho, gracias por los momentos (que no fueron pocos) compartidos, tanto en carretes, prácticas, estudio, mediciones en terreno, etc; o simplemente por el tiempo en que nos conocimos.

Al profesor Oscar Thiers, gracias por la gran ayuda en este trabajo y por sus consejos para salir adelante en este mismo. Al fin terminamos este largo y extenso documento. Al profesor Fernando Droppelmann por su colaboración en el presente trabajo.

A Daniel Uteau, gracias por facilitarme tus planillas de cálculo del APA, sin estas seguramente me hubiera demorado mucho más en el procesamiento de estos datos.

A Verito y Ale (secretarias de Silvicultura y escuela de Ingeniería Forestal respectivamente), gracias por su amabilidad y sobretodo por su buena disposición para imprimir trabajos, realmente me salvaron en varias situaciones.

Al Sr. Marcos Iampaglia (dueño del predio Amancay) y al Sr. Alejandro Muñoz (administrador del predio) por su buena disposición para realizar las mediciones.

ÍNDICE DE MATERIAS

	Páginas
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO	2
2.1 Caracterización de <i>E. Nitens</i>	2
2.2 Manejo Silvicultural y su influencia en el crecimiento	2
2.2.1 La poda y su influencia en el crecimiento de los árboles	2
2.2.2 El raleo y su influencia en el crecimiento de los árboles	3
2.2.3 Efecto de poda y raleo en el crecimiento de los árboles	3
2.3 Acerca de los índices de competencia	4
2.3.1 Índices de competencia de forma poligonal	4
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	7
3.1 Material	7
3.1.1 Área de estudio	7
3.1.2 Establecimiento de plantaciones	7
3.1.3 Esquema de manejo	7
3.2 Metodología	8
3.2.1 Inventario de rodales	8
3.2.2 Índices de competencia	9
3.2.3 Procesamiento y análisis de datos	9
4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	11
4.1 Caracterización dasométrica de rodales de <i>E. nitens</i>	11
4.2 Caracterización de la intervención silvicultural (poda)	13
4.2.1 Caracterización de individuos podados y no podados	13
4.2.2 Caracterización de individuos podados y no podados en función de la calidad	16
4.2.3 Caracterización de individuos potenciales a la cosecha final	19
4.3 Evaluación de la competencia entre los individuos podados y no podados	22
5. DISCUSIÓN	25
6. CONCLUSIONES	29
7. BIBLIOGRAFÍA	30

ANEXOS

- 1 Abstract and key words
- 2 Parámetros de calidad en base a Pauta Técnica 7.3 de ensayos genéticos de *Eucalyptus spp.*
- 3 Formulario de terreno
- 4 Formulario terreno captura datos APA
- 5 Cantidad de Individuos por clase de rectitud para cada rodal en estudio
- 6 Volúmenes en función de los individuos podados y no podados para cada rodal en estudio
- 7 Área basal en función de la calidad para individuos podados y no podados en cada rodal en estudio
- 8 Volúmenes en función de la calidad para individuos podados y no podados en cada rodal en estudio
- 9 Tablas de rodal y existencia para los tres rodales en estudio
- 10 Prueba Estadística mediante *t-student*

ÍNDICE DE CUADROS

	Páginas
1. Esquema de manejo para las tres plantaciones de <i>E. nitens</i> en estudio	8
2. Matriz de calidad para los tres rodales en estudio	10
3. Parámetros de rodal y existencia para cada plantación. Desviación estándar en paréntesis	11
4. Densidad total y de individuos podados con calidad 1 para el total del rodal y para diámetros \geq al DMC de cada rodal. Valores porcentuales en paréntesis	16
5. Densidad de individuos podados para el total y para diámetros \geq al DMC de cada rodal. Valores porcentuales en paréntesis.	20

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
1. Diseño del Área Potencialmente Aprovechable (APA), donde S: corresponde al individuo sujeto y C: corresponde a los individuos competidores. (A). Área Potencialmente Aprovechable (APA), modificado según Moore <i>et al.</i> (1973)(B).	5
2. Esquema de medición de los datos tomados para el APA.	9
3. Frecuencia de individuos (árb ha ⁻¹) podados y no podados por marca de clase (cm), donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.	14
4. Área basal de individuos (árb ha ⁻¹) podados y no podados por marca de clase (cm), donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.	15
5. Frecuencia de individuos (árb ha ⁻¹) podados y no podados por marca de clase (cm) en función de la calidad, donde A, C y E: corresponde a individuos podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente, B, D y F: corresponde a individuos no podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.	17
6. Frecuencia de individuos (árb ha ⁻¹) podados por marca de clase (cm) en función de cada tipo de poda, donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.	21
7. Frecuencia de individuos (árb ha ⁻¹) que presentan la tercera poda por marca de clase (cm) en función de la calidad, donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.	22

- | | | |
|----|---|----|
| 8. | Valores promedios de APA \pm desviación estándar y DMC para cada rodal en estudio. Letras sobre las columnas del APA indican diferencias estadísticas al 95%. | 23 |
| 9. | Distribución de la competencia en relación al crecimiento de los individuos. Donde a, c y e: relaciona DAP competidores (cm) y APA (m ²) del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente; b, d y f: relaciona DAP sujeto (cm) y APA (m ²) para rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente. | 24 |

ANEXOS

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio evaluó el efecto de la ausencia de raleos en el crecimiento de tres rodales de *Eucalyptus nitens* de diferentes edades (4, 5 y 6 años) que se encuentran podados y que están establecidos en condiciones similares de sitio. El rodal de mayor edad (6 años) presenta el atraso de un año en el raleo, mientras que los restantes rodales se ralearán prontamente. Para satisfacer este objetivo general se establecieron dos objetivos específicos: determinar la existencia y desarrollo actual de cada rodal y evaluar e interpretar el efecto de la competencia arbórea directa de los individuos no podados sobre el crecimiento y calidad de los individuos podados.

El área de estudio fue el predio Amancay que se ubica a 8 km al noreste de Valdivia. El inventario se realizó a fines del 2005 y principios del 2006, el tipo de muestreo fue sistemático, y para inferir sobre la competencia entre los individuos podados y no podados, se realizó un muestreo dirigido para capturar datos del área potencialmente aprovechable (APA).

Los rodales con menor edad presentaron mejor calidad, esto se atribuye a posibles variaciones en la calidad del material genético de las plantas y del micrositio (uso anterior del suelo). Esto se traduce en una mayor disponibilidad de individuos potenciales a la cosecha final por parte de los rodales de menor edad, alcanzando 376 árb ha⁻¹, a diferencia del rodal 2000 y 1999, que presentan 345 y 280 árb ha⁻¹ respectivamente. Los rodales presentan incrementos medios anuales (IMA) alrededor de los 30 m³ ha⁻¹ año⁻¹. Existió una gran cantidad de individuos podados inicialmente (superando el esquema de manejo propuesto); sin embargo, la dirección de la tercera poda fue realizada eficientemente, dirigiéndose principalmente a individuos con mayores diámetros y de mejor calidad dentro de cada rodal. El crecimiento de los individuos podados se vió afectado negativamente por la ausencia de raleos a los individuos no podados (competidores). Esto se verifica a través del menor valor del APA (4,9 m²) que presenta el rodal 1999, a diferencia de los otros dos rodales que muestran un APA de 5,6 m² (rodal 2000) y 5,7 m² (rodal 2001). Además, el rodal de mayor edad (1999) presentó una nula relación entre su APA y el Dap de los competidores no podados, y por el contrario, una alta relación entre el APA y el Dap sujeto, ambas situaciones explican la mayor competencia que presentan los individuos en este rodal.

Se concluye que los tres rodales muestran actualmente un conjunto de individuos podados de buena calidad, que disminuye a medida que los rodales presentan mayor edad. También este estudio determinó la importancia del raleo cercano en el tiempo a faenas de poda, para mantener la ganancia de los individuos seleccionados. Los rodales, pese a sus diferencias en manejo, muestran tasa de crecimiento altas a muy altas. La utilidad del APA y su relación con variables de medición rápida en rodales que se encuentran en edad de cierre de copas se hace eficiente al momento de explicar el estado de competencia.

Palabras claves: APA, IMA, competencia, Dap, sujeto.

1. INTRODUCCIÓN

Chile posee una importante superficie de plantaciones de *Eucalyptus nitens* (Deane et Maiden) Maiden destinada fundamentalmente a la obtención de madera para pulpa. Sin embargo, actualmente debido a los permanentes cambios que presenta el mercado de la madera y la necesidad de obtener mayores retornos económicos de los cultivos forestales, se requiere obtener otros productos provenientes de estas plantaciones, como trozas para madera aserrada y chapas. Es por esto que se crea la necesidad de aplicar regímenes silviculturales, introduciendo faenas de poda y raleo.

Los raleos al igual que las podas se encuentran sujetos a ciertos objetivos, los cuales condicionan la frecuencia, el grado de intensidad, la oportunidad, a su aplicación.

La faena de poda tiene como finalidad mejorar la calidad de la madera. Comúnmente la primera poda es efectuada en conjunto o paralelamente con un raleo a desecho. Como la poda implica una disminución del área o superficie foliar de los árboles seleccionados como mejores; la ausencia de raleo dejará en situación desfavorable a los árboles podados respecto de los individuos no podados, de esta manera provocaría efectos negativos en el crecimiento y calidad de los árboles podados. Este efecto es conocido como “efecto de inversión de dominancia”, en el cual los individuos de mejor forma y calidad que dominaban el estrato superior y que fueron podados, pasan a ser codominantes en relación a los individuos no podados y de peor calidad. Lo anterior debido, a que estos últimos presentan una mayor proporción de copa viva y por ende una mayor capacidad fotosintética, con lo cual se esperaría un mayor crecimiento respecto a los individuos podados.

De acuerdo a lo planteado anteriormente, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la ausencia de raleos en el crecimiento de tres rodales de diferentes edades (cuatro, cinco y seis años) de *Eucalyptus nitens* (*E. nitens*) que se encuentran podados. La plantación de seis años presenta el atraso de un año en el raleo (según esquema de manejo propuesto) y los rodales restantes serán raleados prontamente.

Para cumplir este objetivo general se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Determinar la existencia y desarrollo actual de cada plantación de *E. nitens*.
- ✓ Evaluar e interpretar el efecto de la competencia arbórea directa de los individuos no podados sobre el crecimiento y calidad de los individuos podados.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Caracterización de *Eucalyptus nitens*

Eucalyptus nitens (Dean et Maiden) Maiden pertenece al género *Eucalyptus* originario del sudeste de Australia, en donde crece en forma natural en zonas montañosas entre los 30° y 38° S, y entre los 600 y 1.600 m s.n.m. (Brown, 1978). El tronco es recto y la corteza es lisa, alcanza alturas entre los 41 y 92 m y diámetro a la altura de pecho entre los 0,9 y 1,2 m (Lama, 1976).

Es una especie de rápido crecimiento y buena resistencia a las bajas temperaturas (Nicholls y Pederick, 1979). Crece en zonas montañosas, en un clima templado, con numerosas heladas y presencia de nieve, pudiendo soportar temperaturas hasta los - 10° C. Se desarrolla bien en varios tipos de suelos, especialmente aquellos que presentan horizontes arcillosos profundos, en áreas con precipitaciones anuales entre los 800 – 3.000 mm (INFOR, 2004).

E. nitens es una especie que no presenta buena poda natural, lo que genera la presencia de nudos, que ocasiona serios problemas en el aserrío y descalifica la calidad de la madera. Ensayos realizados en Tasmania indican la conveniencia de efectuar podas tempranas, comenzando antes de cierre de copas (3 a 4 años), evitando la poda de ramas muertas. De esta forma permite controlar el diámetro de cilindro con defectos, y así producir una mayor proporción de madera libre de nudos al momento de la cosecha final (Gerrand *et al.*, 1997).

2.2 Manejo silvicultural y su influencia en el crecimiento del rodal

La influencia que pueden producir los distintos tratamientos silviculturales a los cuales están sometidas las plantaciones forestales, en especial podas y raleos, dependen en gran medida de la frecuencia, como del nivel de intensidad y la oportunidad de ejecución.

Maclaren (1993) hace énfasis en que no existen regímenes estándar o recetas aplicables a toda la variabilidad de sitios y especies, ya que la prescripción del manejo dependerá en gran medida de las características del silvicultor en cuanto a los productos que desea obtener, la disponibilidad de caja durante el período de rotación, como asimismo de la distancia a los mercados objetivos.

2.2.1 La poda y su influencia en el crecimiento de los árboles

La poda artificial se define como la eliminación o extracción de las ramas que no influyen en forma efectiva en el desarrollo de los árboles. Ésta consiste en la remoción de ramas vivas, limpiando el fuste y promoviendo con ello el desarrollo de madera libre de nudos (Morales 1999). Sutton y Crowe (1975) señalan que en cuanto a la intensidad de la poda, existe estrecha relación entre el porcentaje de copa verde removida y la pérdida de crecimiento en altura, área basal y con ello en el volumen

del árbol podado. Si bien entre estas variables el incremento en altura es afectado en menor medida que el área basal, al remover más de un 40% de la copa verde, el efecto inicial es la pérdida de dominancia de los árboles podados.

En efecto, la reducción de la copa viva pone casi siempre al individuo podado en desventaja competitiva con respecto al individuo que carece de poda, ya que el crecimiento en altura puede reducirse temporalmente. Si esto ocurre, los árboles de la cosecha final podrían llegar a quedar bajo el dominio de los árboles de menor calidad (no podados), los que crecen con mayor velocidad debido a que sus copas son más grandes (Quiroz, 2001).

2.2.2 El raleo y su influencia en el crecimiento de los árboles

El raleo se define como aquellas cortas intermedias realizadas en masas forestales inmaduras, con el fin de estimular el crecimiento de los árboles residuales y de aumentar la producción de material utilizable en éstos. Entre las variables más afectadas directamente por el raleo se encuentran el crecimiento de la copa y el aumento del ancho de anillos, esta última determinante del crecimiento diametral (Rodríguez, 1986).

Las características del raleo varían según los productos a obtener del bosque en la edad de cosecha final, por lo cual deben estar claramente señaladas las variables que definen la entrada al rodal, como la edad en que intervendrá, la intensidad o número de individuos a remover por hectárea y las características silviculturales relacionadas a la especie objetivo (Morales, 1999).

2.2.3 Efecto de poda y raleo en el crecimiento de los árboles

El efecto resultante de la aplicación combinada de podas y raleos sobre el crecimiento de los árboles está influenciado en gran medida por la intensidad de las intervenciones. Al considerar intensidades de poda superiores a 40%, se espera que se produzca una disminución significativa del crecimiento, para cualquier nivel de raleo (Espinosa, 1991).

Para rodales podados, la oportunidad del primer raleo es muy importante, ya que si se poda y no se ralea simultáneamente, durante la temporada o en intervalos cortos, los árboles no podados crecerán más rápido que los podados, pudiendo éstos últimos perder su posición de dominancia. En casos extremos, árboles dominantes podados pueden, al cabo de un par de temporadas, convertirse en codominantes o intermedios. De ocurrir lo anterior, se habrá perdido una parte significativa del potencial de producción de madera libre de defectos, desvirtuándose la esencia del objetivo de la poda; en ese sentido es mejor asumir que dicho raleo será a desecho, ejecutándolo a la brevedad. La ocasión de ejecución de los raleos posteriores posee mayor flexibilidad, ya que existe un mayor espaciamiento entre árboles, disminuyendo su grado de competencia; pero, no debe esperarse demasiado tiempo dado que la competencia intraespecífica puede disminuir el ritmo de crecimiento (Sotomayor *et al.*, 2002).

2.3 Acerca de los índices de competencia

Daniels (1986) agrupa los índices de competencia en dos, poniendo énfasis en si éstos miden los rodales como un todo o si miden los árboles individualmente. Los índices de competencia para árbol individual analizan el estado del árbol como un solo individuo dentro del rodal y buscan establecer cómo los vecinos inmediatos modifican la disponibilidad de recursos ambientales a un árbol individual. Debido a que el crecimiento ocurre en árboles individuales, su crecimiento es la unidad básica del desarrollo del rodal (Arney, 1973).

Dentro de la amplia gama de índices de competencia se pueden distinguir varios grupos como:

- Índices independientes de la distancia referente a los competidores
- Índices dependientes de la distancia referente a los competidores
- Índices de área de traslape referente a los competidores
- Índices de competencia de forma poligonal referente a los competidores (APA)

A continuación se describe el cuarto índice de competencia, que corresponde al índice de forma poligonal, basado en el área potencialmente aprovechable (APA) que es el que se utilizó en el presente trabajo. El APA se ocupó debido a que representa de mejor forma el grado de competencia de individuos (cierre de copas) que compiten tanto por luz, agua y nutrientes a nivel de raíz, mediante un polígono irregular que demuestra la superficie aprovechable en diferentes estados de competencia que se pueda encontrar un árbol sujeto (individuo podado) respecto de sus competidores (individuo no podado) más cercanos.

2.3.1 *Índices de competencia de forma poligonal*

Estos índices construyen un polígono alrededor del árbol sujeto, el cuál va a variar dependiendo de las variables a utilizar y el método de cálculo a emplear. Para el presente estudio el árbol sujeto corresponde a los árboles objetivo, es decir, los individuos que presentan tres podas y poseen mejor calidad (sanidad + forma); en cambio los árboles competidores corresponden en su mayoría a individuos no podados de peor calidad con respecto al sujeto.

Brown (1965) sugiere utilizar el Área Potencialmente Aprovechable (APA) como un buen índice para estimar competencia. Se define el APA como un polígono irregular formado alrededor de un árbol sujeto (s), cuyos lados son rectas trazadas entre los árboles competidores (c) y el sujeto. Estas rectas se ubican en 90° en relación a una recta trazada entre los fustes de ambos árboles. Las intersecciones entre estas rectas definen los vértices del polígono. Dicha situación se encuentra ilustrada en la figura 1a.

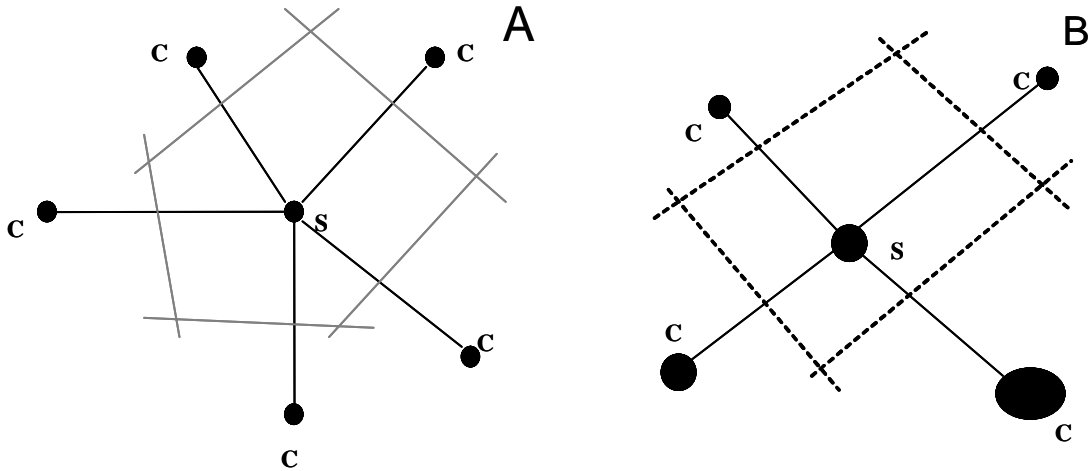


Figura 1. Diseño del Área Potencialmente Aprovechable (APA), donde S: corresponde al individuo sujeto y C: corresponde a los individuos competidores. (A). Área Potencialmente Aprovechable (APA), modificado según Moore *et al.* (1973) (B).

Este modelo presenta un error al no ponderar las diferencias de tamaños entre competidores y sujeto. Moore *et al.* (1973) modificaron este esquema ubicando las transversales no al medio, sino proporcional al área basal de los individuos como muestra la figura 1b.

Para este caso el punto medio entre los árboles es proporcional al área basal y puede calcularse mediante la siguiente relación:

$$DP_{sc} = \frac{D_s^2 \times D_{sc}}{D_s^2 + D_c^2} \quad [1]$$

- Donde:
- DP_{sc} = Punto medio entre competidor y sujeto
 - D_s = DAP del árbol sujeto
 - D_c = DAP del árbol competidor
 - D_{sc} = Distancia entre árbol sujeto y competidor

Prodan *et al.* (1997) concluyen que el modelo de Brown (1965) presenta una mayor varianza, lo cual favorece o respalda las modificaciones establecidas por Moore *et al.* (1973).

No obstante, para el presente estudio se estimó el punto medio entre el sujeto y los competidores mediante el área basal individual de cada uno de éstos; de esta forma se pretende disminuir el error de ponderación que se pueda obtener en el cálculo y

así que el valor obtenido sea más significativo¹. La función empleada se presenta a continuación:

$$GP_{sc} = \frac{G_s \times D_{sc}}{(G_s + G_c)} \quad [2]$$

Donde: GP_{sc} = Punto medio entre competidor y sujeto
 G_s = Área basal del árbol sujeto
 G_c = Área basal del árbol competidor
 D_{sc} = Distancia entre árbol sujeto y competidor

¹ Profesora Alicia Ortega, Instituto de Manejo Forestal. UACH. Comunicación personal. Julio 2006.

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Material

3.1.1 Área de estudio

El predio Amancay se encuentra ubicado a 8 km al noreste de la ciudad de Valdivia, en los 39°46'53" latitud Sur y 73°05'18" longitud Oeste. El clima según la clasificación de Köppen corresponde a templado lluvioso con influencia mediterránea, con una temperatura media anual de 12°C y precipitaciones media anuales de 2.351 mm, las cuales se concentran en los meses de Junio y Julio (Schlatter, 1998). El suelo es de tipo rojo arcilloso correspondiente a la serie Los Ulmos (CIREN, 2001). La topografía del predio es ondulada a quebrada y una elevación aproximada de 150 m s.n.m. El predio presenta una superficie total alrededor de 375 hectáreas. Las plantaciones en estudio presentan una superficie de 15,40 (año 1999); 22,46 (año 2000) y 26,92 ha (año 2001), los que suman un total de 64,78 hectáreas productivas.

3.1.2 Establecimiento de plantaciones

Las plantaciones fueron establecidas en primavera del año 1999, 2000 y 2001 respectivamente, con un espaciamiento de 2,5 x 2,5 m, arrojando una densidad inicial de 1.600 plantas ha⁻¹. Previo a la plantación se efectuó control de maleza químico. El cultivo anterior correspondió a uso de suelo como pradera. Además se realizó un control de malezas en los tres primeros años (1 por temporada) y una fertilización al inicio del segundo año de crecimiento.²

3.1.3 Esquema de manejo

El objetivo de manejo propuesto para esta especie es producción de madera libre de nudos (*clear*); por lo cual se espera obtener una gran proporción de madera debobinable y aserrable de buena calidad, además de una menor proporción de madera pulpable. De esta forma se obtendría un mayor retorno económico.

El esquema de manejo estructurado para cada rodal en estudio se basa en tres podas variables: la primera a los 2 años y medio con una altura de poda de 2,2 m aproximadamente, la segunda a los 3 años y medio con un levante de 4 a 5 m y la tercera a los 4 años y medio con 8 m de levante. Además tres raleos: el primero a los 5 - 6 años con 650 árboles residuales, el segundo a los 7 - 8 años con 450 árboles residuales y el tercero a los 9 - 10 años dejando 350 individuos para la cosecha final como se observa en el cuadro 1.

² Sr. Alejandro Muñoz, Administrador del Fundo Amancay. Comunicación Personal. 2006.

Cuadro 1. Esquema de manejo para las tres plantaciones de *E. nitens* en estudio.

Manejo	1º		2º		3º	
	Año	N ha ⁻¹ residual	Año	N ha ⁻¹ residual	Año	N ha ⁻¹ residual
Raleo	5-6	650	7-8	450	9-10	300-350
Poda	2,5		3,5		4,5	

En el rodal de 6 años (plantación 1999) no se ha efectuado el primer raleo programado (5-6 años), lo que ha generado un atraso en el esquema propuesto.

3.2 Metodología

3.2.1 Inventario de rodales

Se realizó un premuestreo de cinco parcelas circulares de 500 m² distribuidas al azar en cada una de las plantaciones, donde se midieron variables como: diámetro altura de pecho (DAP), altura total (HT) y altura comienzo de copa (HCC), con lo cual se calculó el área basal (AB) por cada una de las tablas de rodal de cada parcela. Esta última variable se utilizó para estimar el tamaño de la muestra (*n*) mediante la fórmula:

$$n = \frac{N \times t^2 \times cv^2}{N \times E^2 + t^2 \times cv^2} \quad [3]$$

Donde: *n*: Tamaño muestra necesaria para un error de muestreo máximo de *E* (este caso 10%).
N: Tamaño de la población
cv: Coeficiente variación de la variable de interés (este caso el AB).
t: *t* de Student para *n*-1 grados de libertad.

Para el inventario definitivo se realizó un muestro sistemático para las plantaciones en estudio utilizando el *n* arrojado por el premuestreo, los que en la plantación de los años 1999 y 2000 arrojó seis parcelas circulares de 500 m² y siete parcelas en la plantación del año 2001, donde se midieron variables dendrométricas como DAP, HT, HCC, y en función de la calidad se evaluó el estado, la rectitud y flecha de cada individuo (cada una de estas variables se aprecian en forma detallada en el anexo 2). El formulario de terreno se puede observar en el anexo 3. El distanciamiento entre las unidades muestrales (parcelas) en cada rodal se estableció mediante la siguiente ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{A}{n}} \quad [4]$$

Donde: d: Distancia entre unidades.
 A: Área total de inventario.
 n: Tamaño de la muestra.

3.2.2 Índice de competencia

Para determinar el efecto de la competencia entre individuos podados en relación a los no podados, se utilizó el índice de competencia de forma poligonal (APA) descrito en el punto 2.3.1 de este trabajo. Para su cálculo se realizó un muestreo dirigido dentro de cada parcela, donde se ubicaron cinco situaciones en que se presentaba un árbol sujeto (que presenta tres podas y calidad superior, según pauta de evaluación) rodeado de cuatro árboles competidores (tres no podados y uno podado) dentro de la parcela, considerándose las variables DAP, HT, distancia a los competidores más cercanos, diámetro de los competidores más cercanos, azimut y altura de los competidores (figura 2). En el anexo 4 se observa el formulario de terreno para la captura de datos del APA.

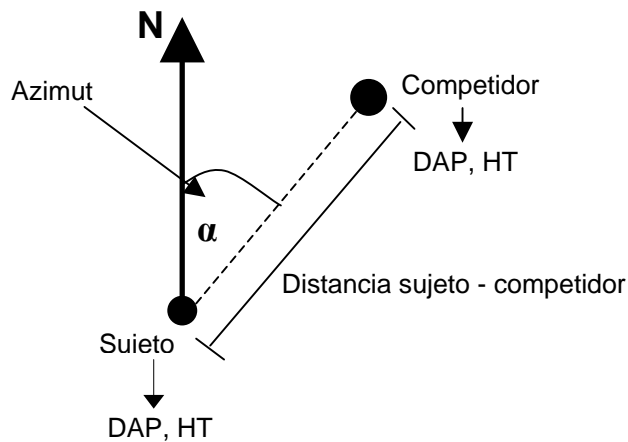


Figura 2. Esquema de medición de los datos tomados para el APA.

3.2.3 Procesamiento y análisis de los datos

Para determinar el desarrollo y existencia actual de las plantaciones de *E. nitens* se calcularon parámetros dasométricos como densidad (árboles ha⁻¹), área basal (m² ha⁻¹), diámetro medio cuadrático (DMC) y volumen bruto sólido sin corteza (m³ ha⁻¹) según la ecuación desarrollada por Bahamóndez *et al.*, (1995). La densidad de individuos

podados y no podados, el área basal y volumen se obtuvieron por calidades mediante una matriz que se generó a partir de las variables rectitud y flecha. Rectitud 1: corresponde a individuos sin problemas o con leve deficiencia en el medio inferior o superior, rectitud 2: pertenece a individuos con pérdida de productividad en el medio superior o pérdida económica por curvatura en el medio inferior y rectitud 3: señala individuos con curvatura que lo descalifica tanto en el medio inferior como superior. Flecha 1: corresponde a individuos con una sola flecha; flecha 2: individuo bifurcado en el tercio superior del árbol con respecto a la altura total de éste (troza para objetivos pulpables) y flecha 3: individuo bifurcado en los dos primeros tercios del árbol con relación a la altura total, además de individuos multiflecha. Por lo tanto, las calidades se expresan en tres categorías: calidad 1 (bueno): corresponde a individuos aprovechables para un posterior manejo; calidad 2 (regular): corresponde a individuos a extraer en los próximos raleos, no obstante, algunos de ellos se podrían utilizar en futuros manejos; y calidad 3 (malo): individuos a extraer en el próximo raleo (cuadro 2). Todo esto se presentó en una tabla de rodal y existencia (anexo 9), además de gráficos de barras. Los resultados de densidad, área basal y volumen se encuentran sujetos a estadísticos descriptivos como media y desviación estándar. Además se representó la situación actual de cada plantación mediante la confección de gráficos de distribución diamétrica por densidad de individuos podados versus individuos no podados (árb ha^{-1}), distribución diamétrica tanto por área basal como por volumen en función de la calidad y distribución diamétrica por rectitud.

Cuadro 2. Matriz de calidad para los tres rodales en estudio.

	Rectitud 1	Rectitud 2	Rectitud 3
Flecha 1	1	2	3
Flecha 2	1	2	3
Flecha 3	2	3	3

En lo que respecta al APA se realizaron dos cálculos. En primer lugar con los datos de distancia sujeto-competidor y azimut se establecieron las ubicaciones de los individuos en un eje de coordenadas cartesianas utilizando planilla de cálculo MSEXcel®. Luego, las coordenadas fueron insertadas en una planilla de diseño gráfico del software AutoCAD®. Ubicados los puntos en esta planilla se diseñaron los límites del APA de cada individuo, para que el software calcule el área del polígono. El APA, expresado en m^2 , está en directa relación con el área basal de los individuos seleccionados (Uteau, 2003).

Una vez obtenidos los APA se establecieron relaciones mediante gráficos de dispersión con las variables DAP perteneciente al sujeto y DAP promedio de los competidores. Estas relaciones se encuentran sujetas a parámetros estadísticos como el índice de correlaciones (r) no paramétricas Rho Spearman para cada rodal en estudio y una probabilidad de significancia ($p < 0,05$). Todo esto se realizó para evaluar la existencia de algún efecto negativo de los individuos competidores hacia los individuos sujetos.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Caracterización dasométrica de rodales de *E. nitens*

Para obtener la existencia y desarrollo actual de cada rodal de *E. nitens* se calcularon los parámetros dasométricos descritos anteriormente de mayor interés, estas variables se muestran a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Parámetros de rodal y existencia para cada plantación. Desviación estándar en paréntesis.

Parámetro	Unidad	Plantación año 1999	Plantación año 2000	Plantación año 2001
Densidad de plantación		1.600	1.600	1.600
Densidad actual		1.431	1.562	1.582
Densidad media	árboles ha ⁻¹	143,1 (61,8)	156,2 (101,1)	158,2 (142,8)
Densidad podados		904	1.149	1.131
Densidad no podados		527	413	451
Altura media	m	15,8 (3,7)	14,3 (3,5)	11,6 (2,5)
DMC	cm	15,8	15,3	14,9
Densidad calidad 1		459	647	674
Densidad calidad 2	árboles ha ⁻¹	603	695	751
Densidad calidad 3		369	220	157
ÁB total		28,1	28,8	27,7
AB media		2,81 (2,1)	2,88 (2,4)	2,77 (3,1)
AB calidad 1	m ² ha ⁻¹	12,2	14,3	13,9
AB calidad 2		11,0	11,5	12,2
AB calidad 3		5,0	3,1	1,6
Vol IU:5 total		173,6	155,7	125,8
Vol medio IU: 5		17,3 (14,3)	15,5 (13,9)	12,6 (14,4)
Vol IU:5 calidad 1	m ³ ha ⁻¹	79,3	79,7	64,9
Vol IU:5 calidad 2		65,5	60,1	54,2
Vol IU:5 calidad 3		28,9	15,9	6,6
IMAD	cm año ⁻¹	2,5	3,0	3,8
IMAAL	m año ⁻¹	2,8	3,0	3,3
IMA	m ³ ha ⁻¹ año ⁻¹	29,0	31,1	31,5
APA	m ²	4,8 (1,4)	5,6 (2,3)	5,7 (1,7)

Densidad podados = Corresponde individuos que presentan 1ª, 2ª y 3ª poda; DMC = Diámetro medio cuadrático (cm); AB = Área basal (m² ha⁻¹); Vol = Volumen IU: 5 cm (m³ ha⁻¹ssc); IMAD = Incremento medio anual en diámetro (cm año⁻¹); IMAAL = Incremento medio anual en altura (m año⁻¹); IMA = Incremento medio anual en volumen (m³ ha⁻¹ año⁻¹); APA = Área potencialmente aprovechable (m²).

La mayor cantidad de árboles por hectárea (árb ha⁻¹) se encuentra en la plantación del año 2001, superando en un 9 y 2% a las plantaciones de los años 1999 y 2000 respectivamente (cuadro 3). Esto se puede corroborar mediante la tasa de mortalidad, la cuál fue nula para el rodal 2001; no así en los otros dos rodales encontrándose 40 árb ha⁻¹ muertos (rodal 1999) y 8 árb ha⁻¹ muertos (rodal 2000).

Existe una sobredimensión en la aplicación de la poda para los tres rodales. Es decir, se observa una gran cantidad de individuos podados, muy por sobre los 650 árb ha⁻¹ podados (como poda 1) propuestos en el esquema de manejo (cuadro 1). El rodal 1999 sobrepasa en un 29% (904 árb ha⁻¹ podados), el rodal 2000 supera en un 44% (1.149 árb ha⁻¹ podados) y en un 43% el rodal 2001 (1.131 árb ha⁻¹ podados). Esta exageración en la cantidad de individuos podados se debe principalmente a una falta de control en las faenas de ejecución de la poda. En el rodal 2001 (al igual que los otros dos rodales) se trabajó con empresa de servicios forestales (EMSEFOR), y se programó podar los 650 árb ha⁻¹, no obstante, la aplicación de la poda nuevamente tuvo problemas en su ejecución, podando individuos de diámetros menores. Producto de esto se repasó a los individuos de grandes diámetros y dominantes, los que sumados a los individuos ya podados anteriormente, generó una gran cantidad de individuos podados (cuadro 3).

Partiendo del supuesto que estos tres rodales corresponden al mismo rodal, pero en diferentes etapas cronológicas, y fundamentado en que pertenecen a la misma especie y se encuentran en un micrositio homogéneo; se observó que a edades tempranas (rodal 2001) predomina el volumen en calidad 1 y 2 por sobre la calidad 3 (cuadro 3). Mientras que a edades mayores (rodal 1999 y 2000) la participación de la calidad 3 aumenta en desmedro de la calidad 1 y 2. Es decir, con el aumento de la edad y bajo la coexistencia de individuos podados y no podados, el volumen tiende a redistribuirse en categorías de menor calidad. Lo anterior podría relacionarse con el estado de competencia intraespecífica en que se encuentran los rodales de mayor edad (zona de traslape de copas), no así el rodal 2001 que se encuentra próximo al cierre de copas. Lo anterior se puede corroborar con el bajo valor del APA que presenta el rodal 1999 en relación a los rodales 2000 y 2001 (cuadro 3). Sin embargo, el principal indicador de calidad esta relacionado fuertemente con el origen del material genético y las diferencias de uso histórico del suelo. El presente estudio no puede descartar que exista influencia genética en los rodales, pues fueron establecidos con plantas de viveros distintos y en años consecutivos.

Todos los rodales presentan un mayor número de individuos por hectárea de calidad 2 (cuadro 3), lo cual se explica fundamentalmente por la forma del fuste. Generalmente se encontraron árboles con pérdida de productividad en el medio superior del fuste (2ª troza), lo que se atribuye a rectitud 2. Además en el rodal 1999 se observaron algunos individuos con rectitud 1 pero multiflecha (flecha 3), lo cual los ubica en la calidad 2 (ver matriz de calidad). Se puede observar detalladamente las rectitudes que presentaron cada rodal en la figura 10, anexo 5.

Los tres rodales mantienen niveles altos de incrementos para variables dasométricas relacionadas con la edad (cuadro 3). Estos crecimientos excepcionalmente buenos se deben tanto al sitio como a la silvicultura aplicada. Existe una buena condición de sitio, clima óptimo para la especie y suelo apropiado. El manejo silvicultural que se ha aplicado hasta el momento como fertilización y control de malezas, demuestran una influencia positiva sobre las plantaciones.

4.2 Caracterización de la intervención silvicultural (poda)

4.2.1 Caracterización de individuos podados y no podados

En el rodal 1999 se observa que la mayor proporción de individuos se ubica en las clases diamétricas intermedias (marca de clase 15–19 cm), disminuyendo hacia los extremos superior e inferior (fig. 3A). Entre las clases 17-23 cm se concentra el 45% de individuos y entre las clases 21-23 cm el 20% (300 árb ha⁻¹). La cantidad de individuos podados supera a los individuos no podados, alcanzando el 64% del total del rodal. A partir del DMC este valor aumenta a un 72%, lo que equivale a 470 árb ha⁻¹ (fig. 3A). Precisamente en estos individuos debiera centrarse el posterior manejo y parte de éstos deberán llegar hasta el final de la rotación. Es importante señalar que se incluyen individuos como potenciales finales los que presentan un diámetro \geq DMC, de esta forma se abarca individuos dominantes y codominantes de cada rodal.

Existe un aumento en la cantidad de individuos podados a medida que aumentan las clases diamétricas. Esto implica que la poda se dirigió a individuos dominantes, los que además de poseer una buena forma, rectitud, entre otros; presentan los mayores diámetros del rodal.

El rodal 2000 (figura 3B) muestra la mayor proporción de individuos en las clases diamétricas centrales (12-18 cm). Entre las marca de clase 15-23 cm se concentra el 58% de individuos y entre las clases 21-23 cm el 12% del total de individuos (aprox. 200 árb ha⁻¹). La cantidad de individuos que se encuentran podados es mayor que la cantidad de individuos que carecen de poda, obteniendo un 73% del total del rodal. A partir del DMC esta diferencia aumenta llegando al 84% (580 árb ha⁻¹).

El rodal 2001 presenta la mayor proporción de individuos entre las marcas de clases 13–17 cm (figura 3C), generando una fuerte disminución de esta curva hacia los costados inferior y superior. Entre las clases 15-21 cm se ubica el 63% de individuos y entre las clases 19-21 cm el 15% del total de individuos que componen el rodal (aprox. 250 árb ha⁻¹). De la misma manera que los rodales anteriores, la cantidad de individuos podados supera a la cantidad de individuos no podados alcanzando un 72% del total de individuos. A partir del DMC se incrementa este valor llegando al 85% (677 árb ha⁻¹) en relación a los individuos que poseen diámetro \geq DMC.

En los tres rodales se observa una evidente disminución en la cantidad de individuos no podados a medida que aumentan los diámetros de los árboles. El rodal 1999 presenta un 30% (43 árb ha⁻¹) en las últimas dos clases diamétricas (fig. 3A). El rodal 2000 alcanza un 13% (21 árb ha⁻¹) en las dos clases diamétricas mayores (fig. 3B), y el rodal 2001 arroja un 12% (26 árb ha⁻¹) en estas clases diamétricas (figura 3C).

En los tres rodales se ejecutó la faena de poda de manera excesiva, la gran cantidad de individuos podados derivan en un importante costo asumido por la EMSEFOR. Hasta el momento se consideran todos los individuos podados, en capítulos posteriores se profundizará en el tema con individuos que presenten una, dos y tres podas por separado.

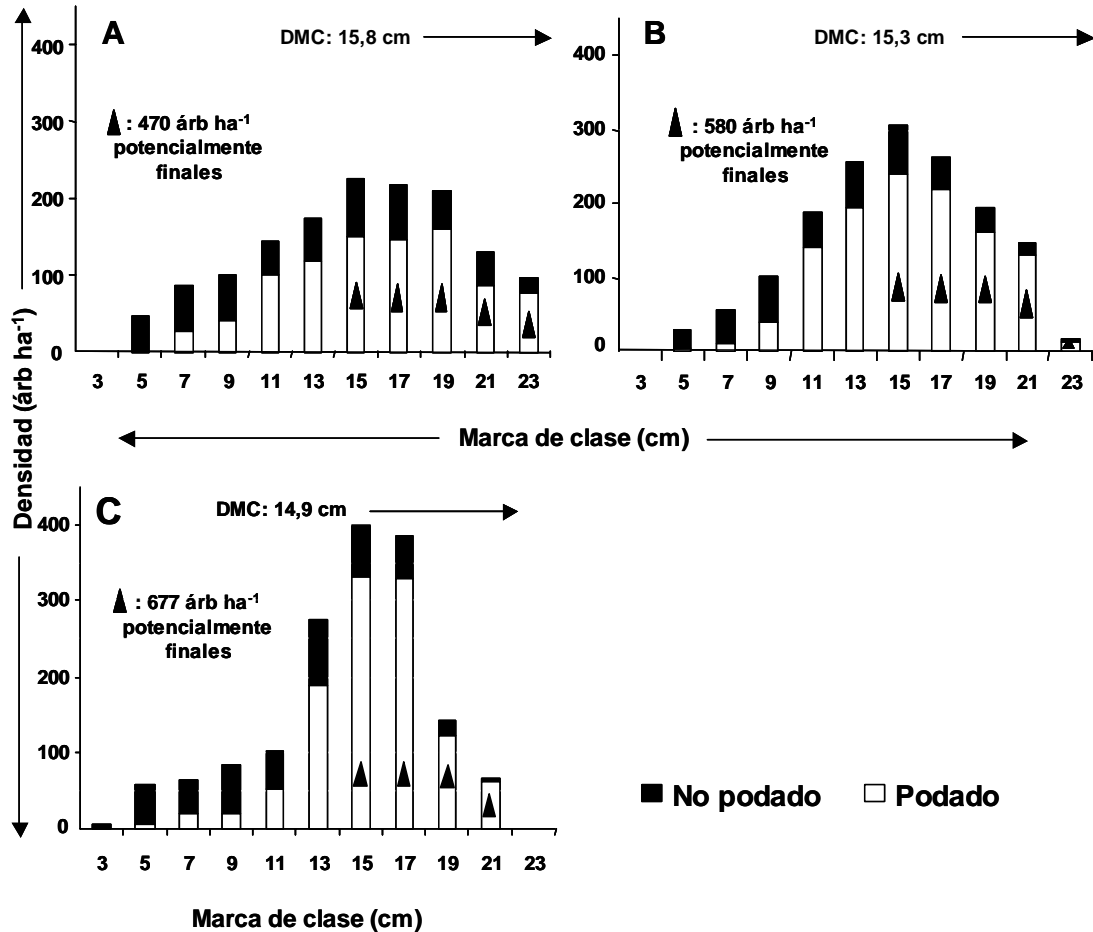


Figura 3. Frecuencia de individuos (árb ha⁻¹) podados y no podados por marca de clase (cm), donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

El área basal de los individuos podados que componen el rodal 1999 representa el 70% del área basal total del rodal (figura 4A). A partir del DMC el área basal de estos individuos alcanza el 73% (14,1 m² ha⁻¹) con respecto al total de área basal que presentan estas dimensiones. Similar situación se observa con el volumen (figura 11A, anexo 6), donde la mayor cantidad de volumen bruto se concentra en los individuos de grandes diámetros (marca de clase 19–23 cm). El volumen podado corresponde a 68% del volumen total. Este valor aumenta levemente a partir del DMC llegando al 72% (93,1 m³ ha⁻¹) en relación al volumen \geq DMC.

En el rodal 2000 se observa que el área basal de los individuos podados llega al 86% del total del rodal (figura 4B). A partir del DMC aumenta al 90% (15,6 m² ha⁻¹). La cantidad de volumen podado (figura 11B, anexo 6) arroja un 87% del total de volumen. A partir del DMC este valor llega al 90% (90,1 m³ ha⁻¹).

El rodal del año 2001 (figura 4C) presenta la mayor cantidad de área basal entre las clases 13–17 cm, debido a que en el cálculo de esta variable dasométrica está

directamente influenciada por el número de individuos. El área basal podada arroja un 80% con respecto al área basal total del rodal. A partir del DMC este valor crece a 83% ($15,9 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$). La cantidad de volumen podado (figura 11C, anexo 6) arroja un 79% del total de volumen bruto que presenta el rodal. A partir del DMC se acrecienta a 83%, generando $75,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en relación al volumen $\geq \text{DMC}$.

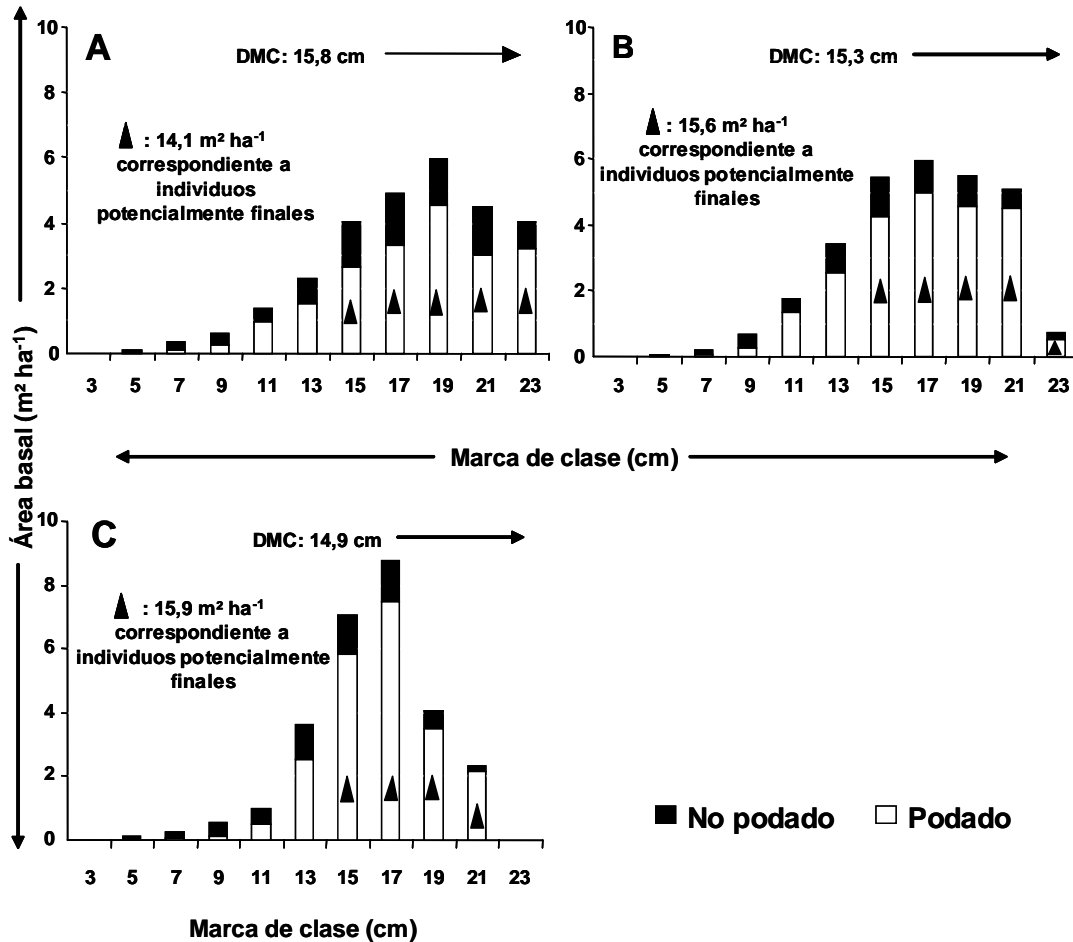


Figura 4. Área basal de individuos (árb ha^{-1}) podados y no podados por marca de clase (cm), donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros $\geq \text{DMC}$ y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

La ocupación del rodal por parte de los individuos podados presenta una clara tendencia a concentrarse en las clases diamétricas superiores (rodal 1999 y 2000), es decir, el área basal podado se ubica en individuos que ocupan el estrato superior de cada rodal. Sin embargo, en el rodal del 2001 (pese a que presenta esta misma tendencia), existe una cantidad importante de área basal podado que se concentra en las clases intermedias (15 – 17 cm), esto se debe a que es un rodal de menor edad y por lo tanto, presenta una estructura más homogénea, lo que impide una diferenciación tan marcada entre las dimensiones de los individuos.

4.2.2 Caracterización individuos podados y no podados en función de la calidad

A modo de determinar y conocer la existencia actual de los individuos podados en función de la calidad y de esta manera obtener una visión de estos individuos, que potencialmente se utilizarán en un posterior manejo, se presenta a continuación un cuadro resumen que abarca los individuos podados con un diámetro igual o mayor al DMC de cada rodal y que poseen calidad 1 (cuadro 4).

Cuadro 4. Densidad total y de individuos podados con calidad 1 para el total del rodal y para diámetros \geq al DMC de cada rodal. Valores porcentuales en paréntesis.

	1999	2000	2001
Densidad total (árboles ha⁻¹)	1.431	1.562	1.582
Densidad podados (árboles ha⁻¹) (%)	904 (63)	1.149 (73)	1.131 (72)
Densidad podados calidad 1 (árboles ha⁻¹) (%)	436 (48)	599 (52)	632 (56)
Densidad total \geq DMC (árboles ha⁻¹)	654	692	794
Densidad podados \geq DMC (árboles ha⁻¹) (%)	470 (71)	580 (84)	677 (85)
Densidad podados calidad 1 \geq DMC (árboles ha⁻¹) (%)	323 (70)	360 (62)	400 (59)

Densidad podados = Corresponde individuos que presentan 1ª, 2ª y 3ª poda; DMC = Diámetro medio cuadrático (cm).

En el rodal 1999 se observa un aumento en la proporción de los individuos podados de calidad 1 en cada marca de clase, a medida que aumentan las dimensiones de los árboles, arrojando un 48% en relación al total de individuos podados (cuadro 4 y figura 5A). A partir del DMC existe un 70% (323 árboles ha⁻¹) de individuos con calidad 1 podados con respecto al total de individuos que presentan un diámetro \geq DMC (cuadro 4). Este valor aumenta en las clases superiores (entre 21-23 cm), alcanzando el 82% (figura 5A). Existe presencia de individuos con calidad 2 en todas las clases diamétricas, abarcando un 47% del total de los individuos que se encuentran podados. Los individuos de calidad 3 generan sólo un 5% del total de individuos podados.

Para el rodal 1999, los individuos no podados (figura 5B) presentan en todas las clases diamétricas individuos con calidad 3 alcanzando un 60% del total de los individuos, al agregarle el 36% de calidad 2 ascienden a 96% de individuos potencialmente a extraer en el primer raleo. A partir del DMC existe un 87% (225 árboles ha⁻¹) de individuos con calidad 2 y 3 en relación al total de individuos que presentan un diámetro igual o mayor al DMC, y que presentan toda su copa y que por lo tanto intervienen en el normal crecimiento de los individuos deseables finales. Sin embargo, existe la presencia de individuos de calidad 1 de diámetros importantes que se encuentran en la clase en diámetros \geq al DMC, abarcando un 7% del total de individuos no podados que presentan estas dimensiones.

El rodal 2000 muestra un 52% de individuos podados con calidad 1 respecto del total de árboles podados (cuadro 4). A partir del DMC este valor aumenta al 62% (360 árboles ha⁻¹) con respecto al total de individuos que presentan estas dimensiones. Al igual que el rodal anterior se observa presencia de individuos podados con calidad 2 en

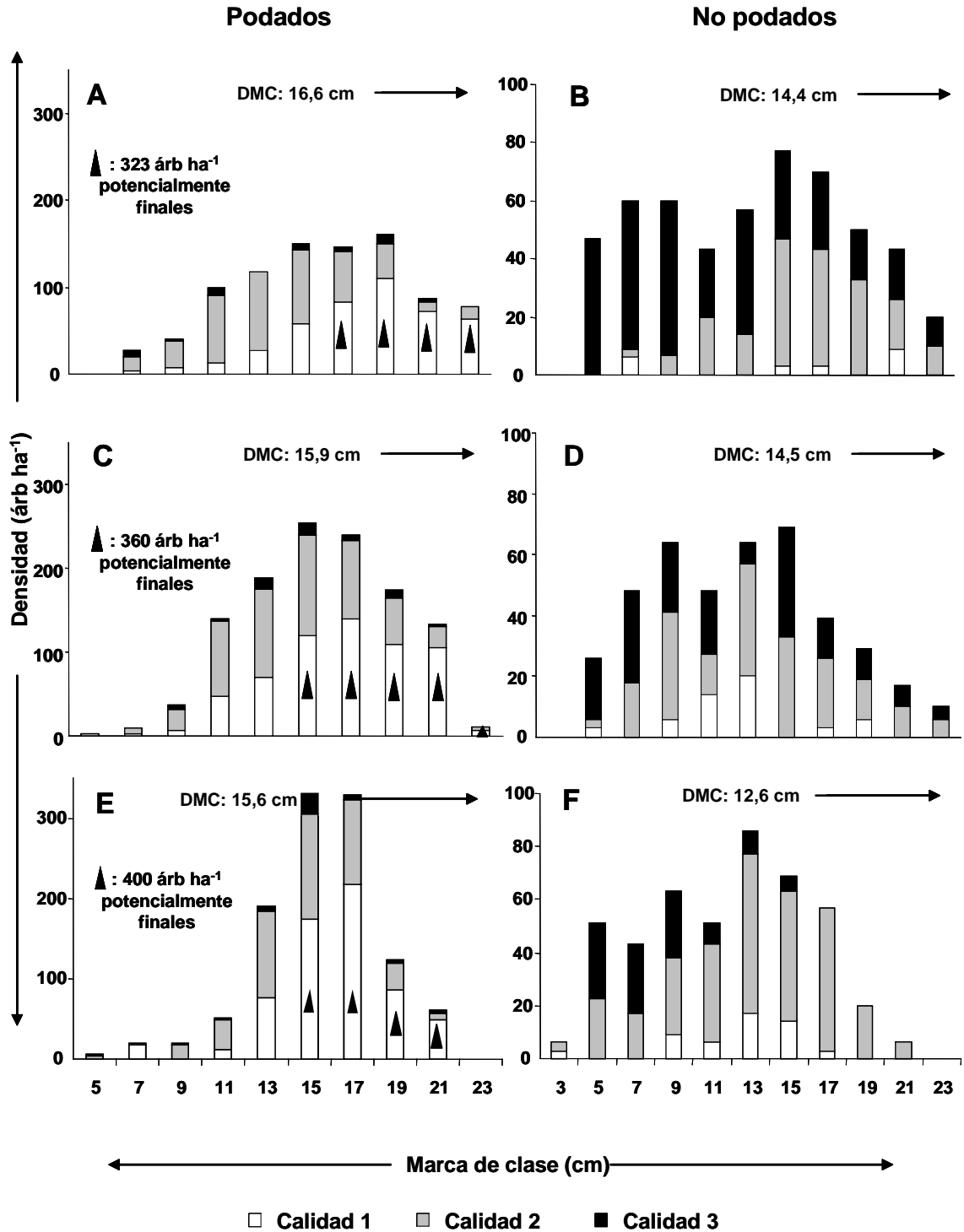


Figura 5. Frecuencia de individuos (árbs ha⁻¹) podados y no podados por marca de clase (cm) en función de la calidad, donde A, C y E: corresponde a individuos podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente, B, D y F: corresponde a individuos no podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

todas las clases diamétricas. No obstante, esta calidad disminuye fuertemente a medida que aumentan las dimensiones de los árboles, llegando al 44% del total de individuos podados (figura 5C). Los individuos con calidad 3 arrojan sólo un 4% del total de individuos podados.

En el rodal 2000 se observa en todas las clases diamétricas la presencia de individuos no podados con calidad 2 y 3 (figura 5D). Lo cual arroja un 89% de calidad 2 y 3 en relación al total de individuos no podados. A partir del DMC se presenta un 88% (188 árb ha^{-1}) con calidad 2 y 3, que se encuentran con la totalidad de su copa viva y podrían estar interviniendo el normal desarrollo de los individuos dominantes podados. Sin embargo, se identifica la participación de individuos no podados de calidad 1 en diámetros superiores al DMC, alcanzando el 5% del total de individuos no podados que presentan estas dimensiones.

En el rodal 2001 se aprecia un 56% de individuos podados con calidad 1, en relación al total de individuos podados (cuadro 4 y figura 5E). A partir del DMC aumenta al 59% (400 árb ha^{-1}) en relación al total de individuos que poseen un diámetro \geq DMC. Se presenta un 39% de individuos con calidad 2 y sólo un 5% de individuos con calidad 3 (figura 5E).

Del total de individuos no podados un 65% corresponde a calidad 2 y un 22% a calidad 3. A partir del DMC se presenta un 79% con calidad 2 y 3 con respecto al total de individuos no podados que presentan un diámetro \geq DMC, lo cual equivale a 175 árb ha^{-1} que presentan todo el follaje (figura 5F). Se observa la presencia de individuos no podados con calidad 1 en las marcas de clases superiores al DMC, llegando al 11% del total de individuos no podados que presentan un diámetro igual o mayor al DMC.

Existe presencia de individuos no podados con diámetros importantes (\geq DMC) y de calidad 1 en cada uno de los tres rodales. El rodal 1999 muestra individuos no podados de calidad 1 que poseen diámetros sobre los 20 cm, llegando al 90% con respecto al total de individuos que presentan un diámetro \geq DMC. Desde el punto de vista silvicultural, esto constituye una situación poco favorable y entregaría bases para calificar la faena de poda como deficiente. El origen de esta situación podría deberse a dos causas: la primera es que cuando se seleccionaron los individuos a podar, algunos que actualmente presentan calidad 1, en ese entonces pueden haber correspondido a calidad 2; y la segunda opción es que quizás estos individuos no podados se encontraban cercanos a individuos calidad 1 de mayor potencial y por ende no fueron seleccionados como individuos potenciales finales (criterio de espaciamiento).

Los tres rodales en estudio presentan alrededor de un 60% de área basal podado de calidad 1 en relación al total de área basal podado (figuras 12A, 12C y 12E, anexo 7). A partir del DMC (rodal 1999) este valor alcanza un 72% ($10,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$), el rodal 2000 un 69% ($10,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) y el rodal 2001 un 68% ($9,98 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en relación al total de área basal podado que presenta un diámetro igual o mayor al DMC de cada rodal.

En el rodal 1999 se aprecia un 96% de área basal no podado con calidades 2 y 3 (figura 12B, anexo 7). A partir del DMC este valor llega al 92% ($5,85 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en relación al total de área basal no podado que presenta un diámetro \geq DMC. El rodal 2000 alcanza 88% de área basal no podado que presenta calidad 2 y 3 (figura 12D, anexo 7). A partir del DMC se obtiene un 86% ($3,6 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$). El rodal 2001 presenta un 88% de área basal no podado con calidad 2 y 3 con respecto al total de área basal que carece de poda (figura 12F, anexo 7). A partir del DMC resulta un 90% ($3,2 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$) en relación al total de área basal que posee diámetro \geq DMC. En los tres rodales se observa presencia de área basal no podado de calidad 1 con diámetro \geq DMC, alcanzando el 7% (rodal 1999), 5% (rodal 2000) y 9% (rodal 2001).

Al igual que el área basal, el volumen podado de calidad 1 de los tres rodales alcanzan un 60% en relación al total del volumen podado (figuras 13A, 13C y 13E anexo 8). A partir del DMC (rodal 1999) este valor aumenta a 73% ($67,7 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), el rodal 2000 llega al 69% ($60,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) y el rodal 2001 alcanza el 59% ($45,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) en relación al total de volumen con diámetro \geq DMC.

Existe una gran cantidad de volumen no podado de calidad inferior en los tres rodales, llegando al 94% de volumen de calidad 2 y 3 (rodal 1999), y 88% para los rodales restantes (figuras 13B, 13D y 13F, anexo 8). A partir del DMC (rodal 1999) alcanza el 98% ($39,1 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), el rodal 2000 llega al 94% ($20,8 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) y el rodal 2001 arroja un 90% ($16,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) de volumen no atribuible para objetivos de madera libre de nudos. En los tres rodales existe de volumen no podado de calidad 1 con diámetros \geq DMC, llegando al 7% (rodal 1999), 5% (rodal 2000) y 9% (rodal 2001).

4.2.3 Caracterización de individuos potenciales a la cosecha final

Anteriormente se determinó la existencia y el desarrollo de los tres rodales con individuos que presentan tanto una, dos o tres podas, es decir, el rodal en su totalidad. Por ello se hace necesario evaluar los individuos que potencialmente llegarán a la cosecha final de manera detallada. Se presenta a continuación un cuadro resumen que abarca todos los individuos que presentan las tres podas tanto para el total del rodal, como para los individuos que presentan un diámetro igual o mayor al DMC correspondiente a cada rodal. No obstante, el rodal 2001 presenta dos podas, por lo cual se entregan sólo estos valores. Además se muestra el volumen de los 300 individuos por hectárea de mayor diámetro y que presentan tres podas, como también el volumen de los 300 árb ha^{-1} no podados que poseen calidad deficiente. En el rodal 2001, para efecto de comparación entre los rodales en estudio, se utiliza los 300 árb ha^{-1} de mayor diámetro que presentan dos podas. Se entregan valores absolutos y porcentuales, estos últimos en paréntesis.

Cuadro 5. Densidad de individuos podados para el total y para diámetros \geq al DMC de cada rodal. Valores porcentuales en paréntesis.

	1999	2000	2001
Densidad podados total (árb ha⁻¹)	904	1.149	1.131
Densidad 1ª poda (árb ha⁻¹) (%)	429 (48)	442 (39)	399 (36)
Densidad 2ª poda (árb ha⁻¹) (%)	101 (11)	283 (24)	731 (64)
Densidad 3ª poda (árb ha⁻¹) (%)	375 (41)	424 (37)	-
Densidad 3ª poda calidad 1 (árb ha⁻¹) (%)	303 (80)	351 (83)	448 (62)
Densidad 3ª poda \geq DMC (árb ha⁻¹)	347	386	500
Densidad 3ª poda calidad 1 \geq DMC (árb ha⁻¹) (%)	280 (80)	315 (82)	376 (76)
Volumen podado de 300 árb ha⁻¹ > diámetro (m³ ha⁻¹)	65	53	40
Volumen no podado de 300 árb ha⁻¹ > diámetro (m³ ha⁻¹) (%)	46 (70)	30 (57)	21 (52)

Rodal 2001: densidad 3ª poda corresponde a individuos que presentan sólo 2 podas.

El rodal 1999 muestra presencia de individuos con 2 podas en todas las marcas de clases (figura 6A). Existe la tendencia a disminuir la cantidad de individuos con la primera poda a medida que aumentan los diámetros de los árboles dentro del rodal. Por el contrario, aumenta la cantidad de individuos con 3 podas a medida que aumentan las clases diamétricas, abarcando el 41% del total. Lo anterior explica que este último levante se dirigió a los individuos de grandes diámetros. A partir del DMC este valor se eleva llegando al 60%, lo que equivale a 347 árb ha⁻¹ (cuadro 5).

En el rodal 2000 se aprecia similar tendencia en la distribución de la poda que el rodal anterior (figura 6B). Presentando en todas las marcas de clases individuos con 2 podas (exceptuando la última clase diamétrica). Se evidencia un aumento de la cantidad de individuos con 3 podas a medida que crecen los diámetros de los individuos alcanzando el 37%. A partir del DMC este valor se acrecienta llegando al 56%, lo que equivale a 386 árb ha⁻¹ (cuadro 5).

El rodal 2001 muestra presencia de individuos con la primera poda en todas las clases diamétricas (figura 6C), lo que explica la situación de la sobredimensión del trabajo de poda. Existe un aumento de la proporción de individuos con dos podas a medida que aumentan las marcas de clases, alcanzando un 64% con respecto al total. A partir del DMC este valor aumenta al 70%, lo que corresponde a 500 árb ha⁻¹ potenciales finales.

Pese a que fue excesiva la cantidad de individuos podados en los tres rodales, se observa una clara tendencia de dirigir la tercera poda a los individuos de grandes diámetros, los que principalmente son los dominantes y codominantes del rodal, y por lo tanto, se esperaría que una cantidad importante de estos individuos sean utilizados en la cosecha final.

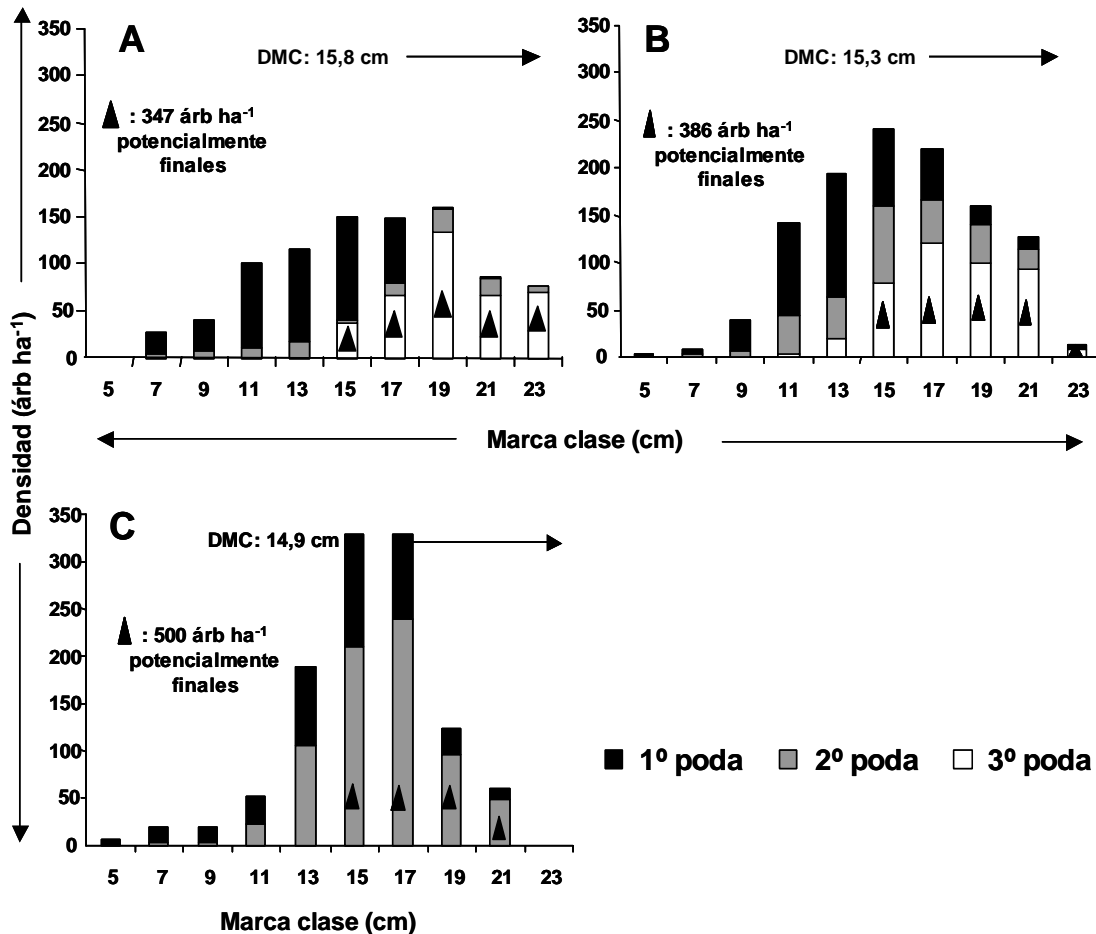


Figura 6. Frecuencia de individuos (árb ha^{-1}) podados por marca de clase (cm) en función de cada tipo de poda, donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

El rodal 1999 muestra (figura 7A), a partir de la marca de clase 15 cm, individuos con calidad 1. Alcanzando el 80% del total de individuos con tres podas. A partir del DMC este valor aumenta a 82% (con respecto a individuos que poseen diámetro \geq DMC), lo que corresponde a 280 árb ha^{-1} potencialmente utilizables para la cosecha final (cuadro 5).

El rodal 2000 presenta (figura 7B) un 83% de individuos con tres podas que poseen calidad 1 con relación al total. A partir del DMC se obtiene un 82% (315 árb ha^{-1}) potenciales para el final de la rotación (cuadro 5).

En el rodal 2001 se observa un 61% de individuos que presentan dos podas y que tienen calidad 1 en relación al total (figura 7C). A partir del DMC este valor aumenta al 65% (376 árb ha^{-1}) que llegarán a la cosecha final (cuadro 5).

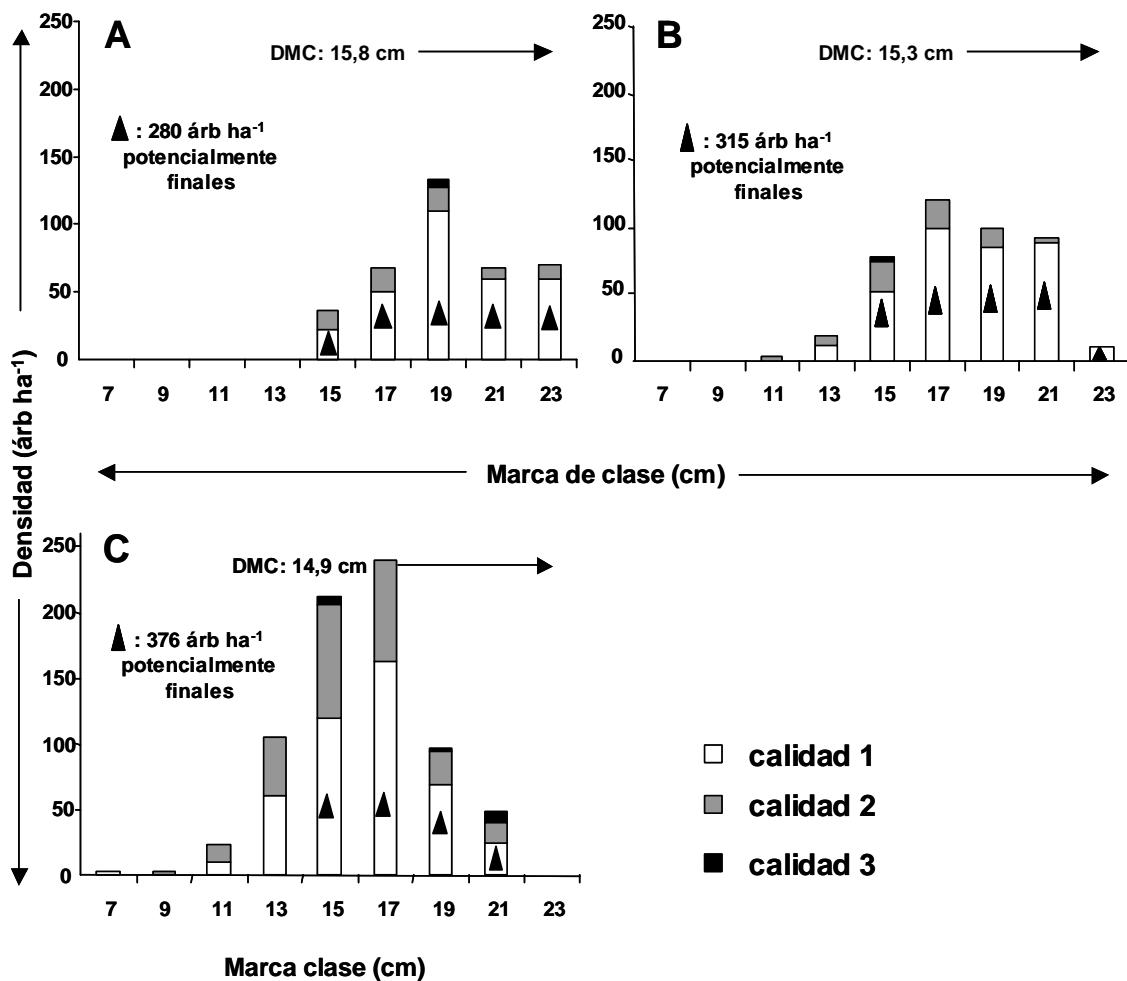


Figura 7. Frecuencia de individuos (árbs ha⁻¹) que presentan la tercera poda por marca de clase (cm) en función de la calidad, donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

En general los tres rodales presentan gran cantidad (todos por sobre el 60%) de individuos con tres podas (dos podas para el rodal 2001) y que poseen calidad 1. Por lo tanto, se deduce que la elección de los individuos que presentan la tercera poda fue eficiente, dirigiéndose a individuos dominantes y codominantes dentro del rodal, y que presentan calidad óptima (sanidad y forma) para ser aprovechados en la cosecha final.

4.3 Evaluación de la competencia entre los individuos podados y no podados

De manera de determinar la competencia entre los individuos sujetos y sus competidores, se muestra a continuación la distribución del APA (valores medios y desviación estándar) y del DMC para cada rodal en estudio (figura 8).

Los valores del APA muestran valores bajos y similares en desviación estándar para los rodales 1999 y 2001. No obstante, existe un leve aumento en el rodal 2000. Esta mayor variabilidad del APA se debe a la presencia de un individuo sujeto que se encontró con tres individuos cercanos compitiendo y uno lejano, el cual no influyó directamente en la competencia; por lo tanto, aumentó la variabilidad del valor del APA. Existe un aumento del APA a medida que los rodales son más jóvenes, esto se debe a la menor competencia en que se encuentran los individuos sujetos presentes en estos rodales. Existen diferencias significativas ($p < 0,05$) del valor promedio del APA entre el rodal 1999 y el 2001 (ver prueba estadística *t-student*, anexo 10).

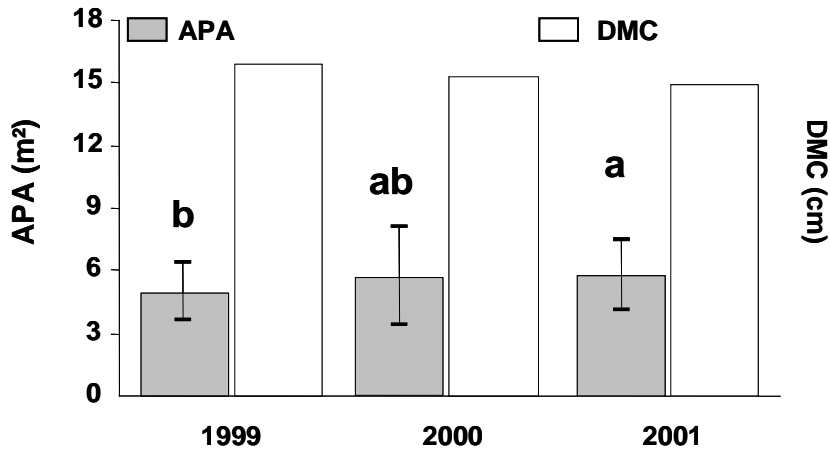


Figura 8. Valores promedios de APA \pm desviación estándar y DMC para cada rodal en estudio. Letras sobre las columnas del APA indican diferencias estadísticas al 95%.

Al aumentar el APA de los individuos sujetos disminuye el Dap promedio de los competidores, esta relación es para un caso ideal de un rodal que ha sido podado y que se encuentra en espera del raleo (figura 9E). No obstante, cuando pasa el tiempo y este rodal no es raleado, el sujeto (que posee una menor copa) queda en estado de desventaja respecto de sus competidores, debido a la menor tasa de crecimiento que posee con respecto a competidores. Por lo tanto, la curva de distribución que en un principio es descendente (fuerte pendiente negativa) se va estabilizando y toda la ganancia de dominancia por parte de los individuos sujetos que se tenía en el inicio se va perdiendo (figura 9C). Siguiendo la misma tendencia, cuando el sujeto se ve igualado o sobrepasado en dimensión por los competidores no podados, se genera una línea de tendencia que se comporta de manera constante (figura 9A). Es decir, el valor del APA del sujeto sería indiferente para cualquier variación del Dap de los competidores, arrojando prácticamente nula relación entre estas variables (fig. 9A).

Lo anterior queda más explícito al observar la relación entre el APA y el diámetro del sujeto. Aquí se aprecia una leve tendencia hacia la competencia (pendiente positiva) en el rodal más joven (figura 9F). Al pasar los años esta recta aumenta la pendiente, y a la vez, la relación entre estas variables, lo que genera un aumento de la competencia. Este es el caso de los rodales 1999 y 2000 (figura 9B y 9D) donde presentan una mayor competencia y necesitarían a la brevedad un raleo.

De la misma manera, se observó que al aumentar la edad existe un desplazamiento de la nube de puntos desde la izquierda hacia la derecha (zona sombreada), lo cual representa un claro aumento de los diámetros de los individuos competidores (fig. 9E, 9C y 9A). Por el contrario, este desplazamiento fue menor (edad 4 a 5 años) o casi nulo (edad 5 a 6 años) para los individuos sujetos (fig. 9F, 9D y 9B).

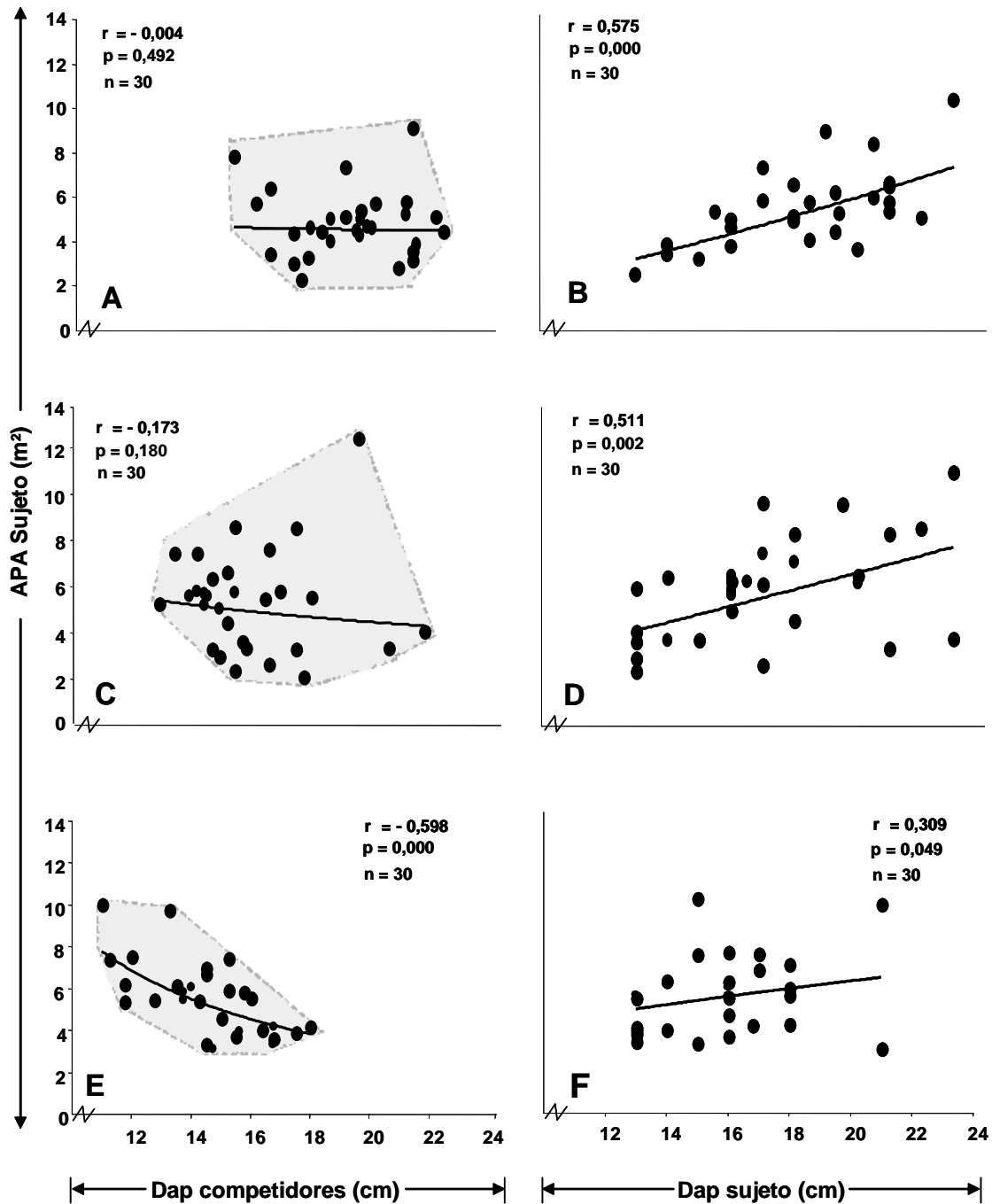


Figura 9. Distribución de la competencia en relación al crecimiento de los individuos. Donde A, C y E: relaciona DAP competidores (cm) y APA (m²) del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente; B, D y F: relaciona DAP sujeto (cm) y APA (m²) para rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente.

5. DISCUSIÓN

El presente análisis estuvo basado en el supuesto que cada uno de los tres rodales, representaban diferentes etapas cronológicas de una misma plantación. Para ello se verificó la homogeneidad del clima y suelo (este último corresponde a la misma serie Los Ulmos) (Schlatter *et al.*, 1995). Sin embargo queda abierta la posibilidad de variaciones del material genético utilizado y cambios específicos a nivel de micrositio, principalmente al uso anterior del suelo, es por ello que fue un error no haber realizado análisis de suelo para observar posibles variaciones físicas-nutritivas en éste.

Considerando lo anterior, se podría asociar la menor densidad del rodal 1999 (mayor mortalidad) con una fase de mayor competencia intraespecífica. Actualmente, este rodal se encuentra en estado de cierre y traslape de copas, es decir a un nivel máximo de competencia por luz, agua y nutrientes; lo que afecta el normal desarrollo y crecimiento de los individuos (Long *et al.*, 2004). Por lo tanto, el vigor de los árboles declina y los incrementos radiales son más lentos (especialmente si tienen una menor copa), lo que provoca que algunos de éstos pasen a ser suprimidos o bien mueran (Nylan 1996). Esto se corrobora por la cantidad de individuos muertos encontrados en el rodal 1999, los cuales se encuentran dentro del orden de los 40 árb ha⁻¹. El alto grado de competencia que presenta este rodal, se refleja en los menores valores de APA (comparados con los otros dos rodales) y la relación directa que presenta el APA con el Dap de los individuos sujetos (figura 9).

En general, el crecimiento obtenido de los tres rodales es bueno (dentro del orden de los 30 m³ ha⁻¹ año⁻¹) para la provincia de Valdivia, encontrándose por sobre los crecimientos presentados por Barrera (2006) en rodales de 5 – 7 años, y por Muñoz *et al.* 2005, en rodales de 6 años. Estos óptimos crecimientos se deben principalmente al sitio en que se establecieron dichos rodales, donde éstos son altamente productivos para la especie *E. nitens*, clasificando según Schlatter *et al.* (1995) con nota 6,5, lo que equivale a un sitio clase I para *Pinus radiata*. Además, se le suma el manejo silvícola aplicado hasta el momento como fertilización y control de malezas; faenas claves para aumentar o mantener altos niveles de productividad en plantaciones forestales (Albaugh *et al.*, 2004).

La cantidad de individuos podados, especialmente la primera poda, fue excesiva considerando que el objetivo silvicultural es obtener madera libre de nudos con una densidad final de 300 - 350 árb ha⁻¹ (según esquema de manejo propuesto por la empresa). Según Gerrand *et al.* (2001), el esquema de manejo intensivo para objetivos de madera libre de nudos (*clear*) para *Eucalyptus nitens*, debería considerar podar alrededor de 600 -700 árb ha⁻¹ inicialmente (poda 1), para llegar al último levante de 200-300 árb ha⁻¹ finales. Sin embargo, el manejo (faena de poda) fue mejorando con el pasar del tiempo, ya que pese a la exagerada cantidad de individuos podados inicialmente (poda 1), la elección de individuos que presentan tres podas se realizó eficazmente. Los individuos con tres podas poseen mayores diámetros (seguramente dominantes y codominantes) y de mejor calidad dentro de cada rodal en estudio.

La ausencia del primer raleo en rodales que presentan individuos podados, deja en desventaja a los árboles que se encuentran podados, los individuos no podados crecerán más rápido que los podados, pudiendo éstos últimos perder su dominancia (Sotomayor *et al.*, 2002). Tal es el caso del rodal 1999, en el cual el raleo no fue oportuno y sería causante de una disminución del crecimiento de los individuos podados y deseables finales (sujetos), en comparación a los individuos competidores (no podados) (figura 9). En este rodal existe una mayor cantidad de individuos no podados y de calidad deficiente (en comparación a los otros dos rodales) que se encuentran en plena competencia con los individuos sujetos, y por lo tanto, interfieren en el normal desarrollo de los individuos dominantes. No obstante, algunas empresas demoran el raleo (raleos tardíos) para mejorar el flujo de caja de la plantación, al vender mayor cantidad de madera para pulpa (INFOR, 2004).

La pauta o estructura para seleccionar los individuos que potencialmente se utilizarán en un manejo futuro y que posteriormente llegarán a la cosecha final, presenta las siguientes consideraciones: primero seleccionar todos los individuos podados igual o mayor al DMC de cada rodal en estudio (individuos dominantes y codominantes). Después discriminar por calidades, donde se eligen sólo los individuos que presentan calidad 1. Por último, se escoge dejar como individuos residuales para el final de la rotación, todos aquellos que presentan tres podas (para efecto de comparar se considera al rodal 2001 con dos podas) y calidad 1, con diámetros \geq al DMC de cada rodal.

Considerando la pauta anterior, se observa una disminución en la cantidad de individuos aprovechables para la cosecha final a medida que los rodales poseen mayor edad. Para el rodal 1999 disminuye de 470 individuos podados por hectárea \geq DMC a 280 árb ha⁻¹ potencialmente para la cosecha final, lo que se traduce en un 19% con respecto al total de individuos (podados y no podados). El rodal 2000 disminuye de 580 árb ha⁻¹ (podados \geq DMC) a 315 árb ha⁻¹ finales, alcanzando un 21% del total de individuos. El rodal 2001 disminuye de 677 árb ha⁻¹ (podados \geq DMC) a 376 árb ha⁻¹ finales, arrojando un 24% del total de individuos. Existe una mayor disponibilidad de individuos para que lleguen al final de la rotación en los rodales más jóvenes, lo cual reflejaría que los rodales de mayor edad ya entrarían en competencia y se vieran disminuidos en parte los individuos potenciales a seleccionar. Por último señalar que el déficit de individuos para la cosecha final en el caso del rodal 1999 (280 árb ha⁻¹), mediante el esquema de manejo propuesto por la empresa de llegar con 300 – 350 individuos por hectárea final, se debe suplir incluyendo una cierta cantidad de individuos con calidad 2. Lo anterior, corroboraría que este rodal presenta peor calidad comparado con los otros dos rodales.

Sin duda que la aplicación de un raleo, por lo menos a la plantación del año 1999, mejoraría la actual condición de los individuos podados y del rodal en general. El raleo que se efectúe debería ser un raleo por lo bajo, en el cual se extraería todo aquel individuo no podado y de calidad 3 que presente un diámetro menor al DMC de este rodal, además de la eliminación de todo individuo que presente toda su copa y que se encuentre en competencia directa con los individuos seleccionados para un

futuro manejo. De esta forma se estimularía el crecimiento de árboles residuales (principalmente individuos con tres podas y calidad 1) manteniendo la estructura del rodal (Smith *et al.*, 1997). También relevante para la aplicación del raleo es el distanciamiento entre los individuos. Interesante sería conocer la distribución que presentan los individuos con tres podas (sujetos) y la distribución de los individuos no podados (competidores) de cada rodal. Por lo tanto, es necesario saber si se encuentran agrupados en un sector en particular o dispersados por el rodal, mediante un perfil horizontal, el cual aproximaría a la estructura actual de los rodales en estudio y así inferir en el espaciamiento entre éstos (Donoso, 1994).

Para un mayor análisis hubiera sido necesario realizar mediciones a través del tiempo mediante parcelas permanentes en dos situaciones similares: la primera seleccionando una cierta cantidad de individuos sujetos que se encuentren compitiendo con individuos no podados (competidores) y efectuar un raleo a estos últimos; en la segunda situación se realiza lo mismo, es decir, se marca la misma cantidad de individuos sujetos que se encuentren compitiendo con individuos no podados, pero no se ejecuta raleo, después en años sucesivos se mediría (criterio de evaluación de pre-post raleo), de esta manera se compararía la variación de la estructura y del crecimiento de los individuos residuales entre las dos situaciones. Por lo tanto, se esperaría que el raleo tenga un efecto significativo-positivo en el crecimiento del diámetro y área basal de los individuos sujetos como lo señala Muñoz *et al.* (2005).

A nivel de sujeto, en plantaciones que se encuentran en edad de competencia (en fase de cierre o traslape de copas), el área potencialmente aprovechable (APA) es un factor importante al momento de explicar el estado de crecimiento de los individuos. Según Uteau (2003) señala en su estudio de desarrollo de plantaciones mixtas de Ulmo y Laurel, que los rodales que presentan mayor edad, su crecimiento se ve mayormente influenciado por el APA, lo cual se explica por la mayor competencia por luz, agua y nutrientes. A diferencia de las plantaciones que poseen menor edad, ya que durante los primeros años de crecimiento, el espacio radicular del cual disponen los árboles para crecer, es de poca importancia, debido a que aún no existe competencia a este nivel. Es por esta razón que la competencia durante los primeros años está enfocada principalmente al recurso luz. Por lo tanto, el APA no tiene relación directa con el crecimiento de los individuos en plantaciones de temprana edad

En este sentido, este estudio determinó la relevancia de la oportunidad de aplicación del raleo en los rodales de *Eucalyptus nitens*. En el rodal 1999, rodal de mayor edad dentro del estudio, se observó que los individuos dominantes y que presentan las tres podas (individuos sujetos) se encuentran en posición desfavorable con respecto a sus competidores más cercanos, puesto que su ventaja de crecimiento identificada al momento de la selección se ha visto fuertemente disminuida por la ausencia de raleo. Lo anterior queda de manifiesto al observar la alta relación que existe entre el APA y el Dap de los individuos sujetos ($r= 0,58$; $P<0,001$) para este rodal, lo que explica un estado de competencia mayor que el presente en los otros dos rodales (2000 y 2001). Por el contrario, el rodal 2001 muestra una baja relación y alta

variabilidad entre el APA y el Dap del sujeto (APA y Dap) ($r= 0,30$; $P<0,05$). De esta manera, la ausencia de raleo en rodales podados provocó pérdidas de crecimiento (dominancia) importantes en los individuos sujetos. Este impacto incide directamente sobre las tasas de crecimiento de los individuos sujetos, sobre el volumen de madera libre de nudos esperado a obtener y la edad de rotación. Al respecto Larroca *et al.* (2005) establece que al aplicar raleos y podas oportunas se obtiene una mayor cantidad de madera debobinable y aserrable de buena calidad; por el contrario, al no aplicar raleos provocan un mayor volumen final en pie, pero distribuidos en árboles de menor diámetro y peor calidad.

Sin duda que la aplicación de un raleo al rodal del año 1999 realizaría modificaciones en relación al área potencialmente aprovechable (APA) de los individuos sujetos. Pasado uno o dos temporadas, la nube de puntos en relación al Dap de los individuos sujetos (figura 9B) se desplazaría hacia la derecha (aumento de los diámetros de los individuos) y hacia arriba, generando una línea de tendencia que se comportaría de manera constante, similar al rodal 2001 (figura 9F), de esta forma individuos sujetos de menor Dap tenderían a alcanzar el APA de los individuos con mayor Dap, debido a que a cierta edad los árboles no presentarían aumento significativo en su superficie aprovechable. Lo anterior provocaría un aumento del valor medio del APA de este rodal.

6. CONCLUSIONES

Al finalizar este estudio se puede deducir que:

1. En rodales de *E. nitens*, al pasar de los cinco a seis años, existe un aumento en la mortalidad de los individuos, esto se debe principalmente a la competencia intraespecífica que presenta la especie a esta edad.
2. Los incrementos medios anuales encontrados en estos rodales superan a todos los valores anteriormente descritos, presentando valores alrededor de los $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. Los altos niveles de crecimientos están originados principalmente a la buena condición de sitio (clima y suelo) y al manejo aplicado.
3. Los rodales no son similares, se aprecian evidentes diferencias de calidad entre éstos. La tendencia es que a medida que los rodales son más jóvenes presentan una mejor calidad y disponibilidad de individuos potencialmente aprovechables. El rodal 1999 presenta 280 árb ha^{-1} , el rodal 2000 llega a 345 árb ha^{-1} y el rodal 2001 alcanza 376 árb ha^{-1} potenciales para la cosecha final.
4. Se observa una excesiva cantidad de árboles podados en la primera intervención que demuestra el error de la empresa de servicio para cumplir la prescripción de manejo. Sin embargo, la elección de individuos para aplicar la tercera poda fue correcta para los tres rodales, donde se dirigió principalmente a los individuos de mayores diámetros y de buena calidad.
5. El APA es un factor importante para explicar el estado de competencia intraespecífica en que se encuentran las plantaciones en edad de cierre de copas.
6. Existe un efecto negativo sobre el crecimiento de los individuos sujetos debido al atraso de las faenas de raleo programadas en los rodales de mayor edad, esto se corrobora con los menores valores de APA por parte de los rodales de mayor edad (1999), además de la alta relación bivariada entre el APA y Dap sujeto ($r > 0,50$).
7. Para una mayor exactitud de análisis se hubieran requerido mediciones a través del tiempo por medio de parcelas permanentes con marcación de individuos sujetos compitiendo con individuos no podados en dos situaciones: parcelas raleadas y no raleadas, de esta manera se podría analizar el crecimiento antes y posterior a la ejecución de poda y raleo. Por lo tanto, se podría comparar la variación de la estructura y del crecimiento en los individuos residuales entre las dos situaciones.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Albaugh T. J.; R. Rubilar; J. Álvarez; H. L. Allen. 2004. Respuesta a la preparación de suelos, control de malezas y fertilización en plantaciones de *Pinus radiata* en Chile. *Bosque* 25(2): 5-16.
- Arney, J.D. 1973. Tables of quantifying competition stress on individual trees. *Can.For.Serv.Pac.for.Res.Cent.Inf.Rep.* 16 p.
- Bahamóndez, C.; Ferrando, M.; Martín.; Pinilla, J.C. 2004. Manejo y Rendimientos de Plantaciones. En: *Eucalyptus nitens* en Chile. Primera Monografía. Instituto Forestal (INFOR). Informe técnico N° 165. 41 -61 p.
- Barrera, V. 2006. Evaluación del crecimiento de *Eucalyptus nitens* de 5-7 años de edad, con diferentes manejos nutritivos, en la Región de Los Lagos. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 27 p.
- Brown, G.S. 1965. Point density in stems per acre. *New Zealand Forestry Research. Note N°38.* 13 p.
- Centro Investigación Recursos Naturales (CIREN). 2001. Estudio Agrológico X Región. Tomo I. Centro de Investigación de los Recursos Naturales. Santiago, Chile. 199 p.
- Daniels, R. 1986 Simple competition indices and their correlation with annual loblolly pine growth. *Forest Science* 22 (4): 434 –456.
- Donoso C. 1994. Bosques Templados de Chile y Argentina. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 468 p.
- Espinosa, M. 1991. Efecto de diferentes intensidades de poda y de raleo en el crecimiento de un rodal joven de *Pinus radiata*. Chillán. Universidad de Concepción. 30 p.
- Gerrand, M; W. Neilsen; J. Medhurst. 1997. Thinning and pruning Eucalypt plantation for sawlog production in Tasmania. *Forestry Commission Tasmania. Tasforests vol 09,* pp: 15 – 34.
- Instituto Forestal (INFOR). 2003. Estadísticas Forestales 2002. Santiago, Chile. 149 p. (Boletín Estadístico, 88).
- Instituto Forestal (INFOR). 2004. *Eucalyptus nitens* en Chile: Primera Monografía. Valdivia, Chile. INFOR - CORFO. 143 p. (Informe Técnico, 165).
- Lama, G. 1976. Atlas del Eucalipto (Sevilla) España. Ins. Nac. De Invest. Agrarias- Ins. Nac. Para la Conservación de la Naturaleza. 630 p.

- Larroca, F.; J. Aparicio; F. Dalla. 2005. Manejo Intensivo de Forestaciones de Eucaliptos. Consultado el 12 de Marzo del 2007. Disponible en <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/forest/manejo09.pdf>.
- Long J. N; T. J. Dean, S. D. Roberts. 2004. Linkages between silviculture and Ecology: examinarias of several importante conceptual models. *Forest Ecology and Management* 200: 249-261.
- Maclaren, J. P. 1993. Radiata pine grower's Manual. FRI Bulletin N°184. Rotorua New Zealand Forest Research Institute. 139 p.
- Morales, A. 1999. Evaluación técnico-económica de dos regímenes silviculturales aplicados a *Pinus radiata* D. Don, para la producción de madera libre de nudos en sitios de alta calidad en Chile. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 65 p.
- Moore, J.; C. Budelsley; R. Schlesinger. 1973. A new index representing individual tree competitive status. *Can. Jour. For. Res.* 3:495-500 p.
- Muñoz, F.; M. Espinosa; M. Herrera; J. Cancino.; 2005. Características del crecimiento en diámetro, altura y volumen de una plantación de *Eucalyptus nitens* sometida a tratamientos silvícolas de poda y raleo. Universidad Austral de Chile. Bosque 99 p.
- Nicholls, J; L. Pederick. 1979. Variation in some Word characteristics in *Eucalyptus nitens*. Australia. *For. Res.* Vol 9: 304 – 321.
- Nyland, R. D. 1996. Silviculture. Concepts and Aplications. First Edition. The McGraw-Hill Companies, INC. 633 p
- Prodan, M.; R. Peters; F. Cox; P. Real. 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. Santiago, GTZ-IICA. 586 p.
- Quiroz, I. 2001. Tratamientos intermedios. Apuntes Cátedra Silvicultura Aplicada. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 30 p.
- Rodríguez, C. 1986. Prácticas silvícolas en plantaciones de *Pinus radiata*. Valdivia. Seminario SILV 315. Escuela de Graduados. Universidad Austral de Chile. Magíster en Ciencias. 26p.
- Schlatter, J.; V. Gerding; H. Huber. 1995. Sistema de Ordenamiento de la tierra. Herramienta para la planificación forestal aplicado a la X Región. Serie Técnica. Uach. Valdivia, Chile.

- Schlatter, J. 1998. Evaluación de la calidad del sitio y su relación con la productividad forestal. Suelos y nutrición Forestal. SERCAP. 248 p.
- Smith, D.M.; B.C. Larson; M.J. Kelty & P.M.S. Ashton. 1997. The practice of Silviculture. Applied forest ecology. Ninth Edition. John Wiley & Sons, INC. New York. 537 p.
- Sotomayor A., H. Erich, G. Edison. 2002. Manejo y Mantenimiento de Plantaciones Forestales. Santiago, Chile. 51 p.
- Sutton, W y Crowe, J. 1975. Selective pruning of radiata pine. New Zealand. Journal of Forestry Science. 5 (2): 171-195 p.
- Uteau, D. 2003. Desarrollo inicial de Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) y Laurel (*Laurelia sempervirens*) con plantaciones mixtas de especies nativas. Tesis Ing. Forestal. Valdivia. Universidad Austral De Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 50 p.

ANEXOS

Anexo 1

Abstract and key words

SUMMARY

The present study evaluated the effect of the absence of thinning in the growth of three stands of *Eucalyptus nitens* at different ages (4, 5 and 6 years old), the trees were pruned and established in similar site conditions. The oldest stand (6 years) presents the retard of the thinning in one year, while the stands remaining will be thinned promptly. In order to get the general objective, two specific objective were established: 1) determine the existence and actual development of each stand and 2) evaluate the effect of the crown competition of the trees non pruned in relation to the growth and quality of the pruned trees.

The study of area was the Amancay Tree farm that is located at 8 km to Valdivia North-East. The forest inventory was realized at the end of 2005 and beginning of 2006, the sampling method was systematical, and for infer on the between competition the pruned and not pruned trees, a sampling was realized directed to capture information of the potentially usable area (APA).

The stand with lower age present a better quality, this assumes to possible variations in the quality of the genetic material of the plants and of the microsite (previous use of the land). This is translated in a major availability of potential trees into the final harvest on the stands of minor age, reaching 376 trees ha⁻¹, contrary at the stand 2000 and 1999, who present 345 and 280 tree ha⁻¹ respectively. The stands present mean annual increment (MAI) about 30 m³ ha⁻¹ year⁻¹. A great quantity of trees pruned existed initially (overcoming the scheme of proposed management); nevertheless, the direction of the third pruning was efficiently realized, going principally to trees with oldest diameters and of better quality inside every stand. The growth of the pruned trees was negatively affected for the absence of stands the not pruned trees (competitors). Checked with the value minor of the APA (4,9 m²) that presents the stand 1999, contrary other two stands that present an APA of 5,6 m² (stand 2000) and 5,7 m² (stand 2001). Besides, the oldest age stand (1999) presente relation void between APA and the Dap of the not pruned competitors, and on the contrary, a high relation between APA and the subject Dap, both situations explain the major competition that the trees present in this stand.

One concludes that the three stands prove to be nowadays a set of pruned trees of good quality, which diminishes as the stands present oldest age. Also this study determined the importance of the nearby thinning in the time of pruning to tasks, to support the profit of the selected trees. The stands, with differences in management, present growth of rate high to very high. The utility of the APA and his relation with rapid of variables of measurement in stands that are in age of closing crown becomes efficient to the moment to explain the condition of competition.

Keywords: APA, MAI, competition, Dap, subject.

Anexo 2

Parámetros de calidad en base a Pauta Técnica 7.3 de ensayos genéticos de *Eucalyptus spp.*

DESCRIPCION:

1. ESTADO [0/1/2/3/4/5/6/7/8/9]:

0. Árbol normal
1. Árbol quebrado o cortado
2. Árbol de rebrote
3. Árbol raleado
4. Árbol ausente (se desconoce su causa)
5. Árbol muerto
6. Árbol inclinado suave (10-30)
7. Árbol inclinado fuerte (en rango de 45°, no medible)
8. Árbol inclinado severo (>60°, no medible)
9. Árbol anormal

2. RECTITUD [1/2/3/4/5/6]: La rectitud se califica sólo en los primeros 2/3 de la altura total del árbol. No se consideran las curvaturas basales, normalmente producto de inclinación inicial por viento. Se debe aislar el efecto de daño por polilla, toda vez que exista clara evidencia de dicho agente. La evaluación de esta variable se debe realizar en dos etapas:

- 1ª etapa: observar y clasificar el árbol en una de las siguientes tres categorías:
Categoría inferior: árbol para raleo, *sólo utilizables para pulpa* (1-2).
Categoría media: árbol acompañante a los remanentes en caso de no existir mejores, *presenta pérdida parcial de productividad* (3-4).
Categoría superior: árbol remanente de raleo, *deseable para la corta final* (5-6).
- 2ª etapa: se realiza la clasificación definitiva dentro de cada categoría según la siguiente pauta:
 1. Árbol con curvatura que lo descalifica en el medio inferior (1ª troza).
 2. Árbol con curvatura que lo descalifica en el medio superior (2ª troza).
 3. Árbol con pérdida económica por curvatura en el medio inferior (1ª troza).
 4. Árbol con pérdida de productividad en el medio superior (2ª troza).
 5. Árbol con leve deficiencia en el medio inferior (1ª troza).
 6. Árbol sin problemas, puede tener una leve curvatura en la zona superior.

Ante la duda en la asignación de la categoría asignar la inmediatamente mejor, calificando dentro de ésta con el valor menor. Cuando la categoría está clara, pero existe duda en la calificación dentro de ella, asignar el valor mayor.

3. FLECHA [0/1/2]:

0. Solo una
1. Bifurcado
2. Multi-flecha

Anexo 3

Formulario de terreno

Anexo 4

Formulario terreno captura datos APA

FORMUALRIO TERRENO APA

Árbol	Distancia (m)	DAP (cm)	HT (m)	Azimut (°)	Estado	Rectitud	Flecha
S							
1							
2							
3							
4							
S							
1							
2							
3							
4							
S							
1							
2							
3							
4							
S							
1							
2							
3							
4							
S							
1							
2							
3							
4							

Anexo 5

Cantidad de Individuos por clase de rectitud para cada rodal en estudio

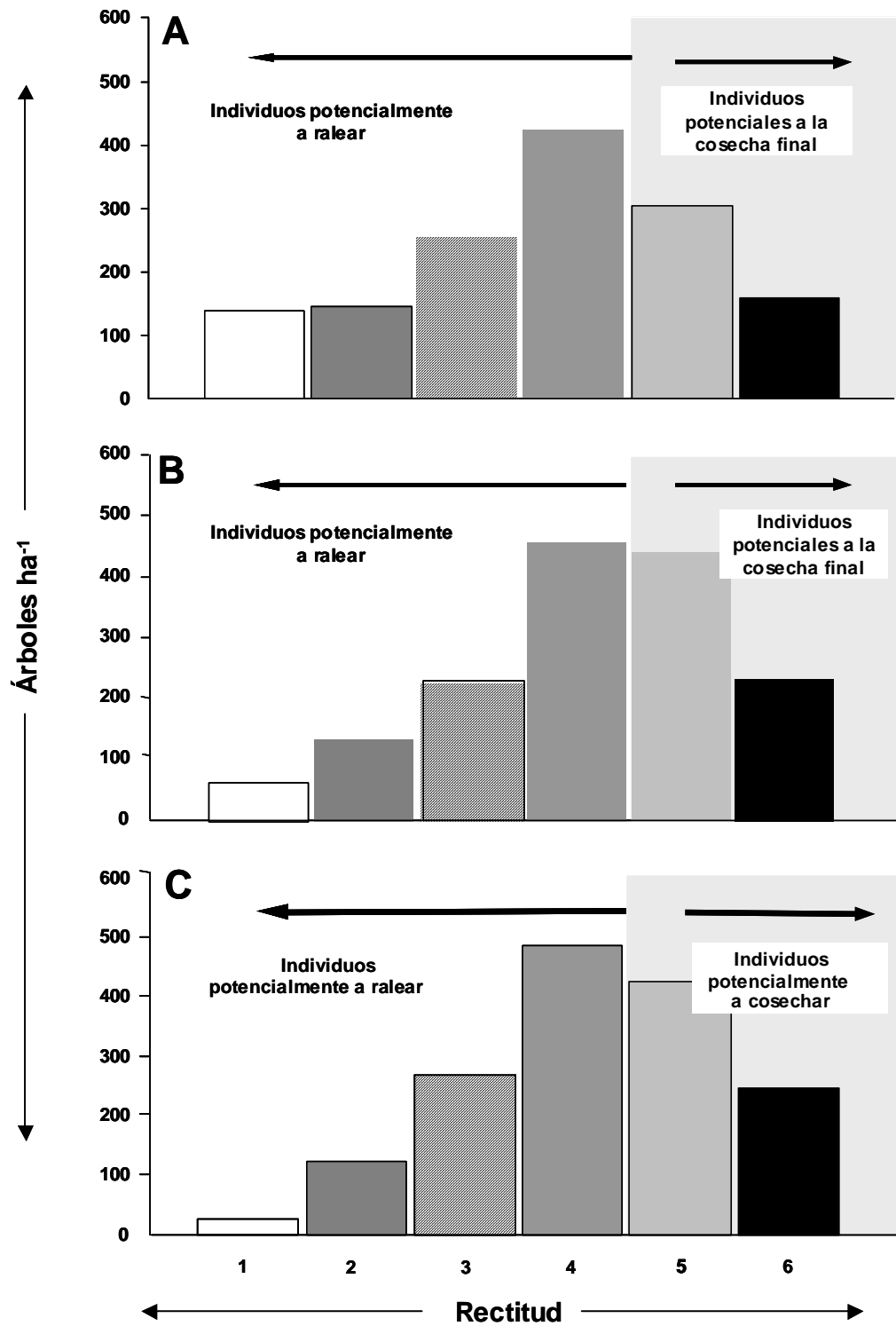


Figura 10. Frecuencia de individuos (árb ha⁻¹) por clase de rectitud, donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000 y C corresponde al rodal 2001.

Anexo 6

Volúmenes en función de los individuos podados y no podados para cada rodal en estudio

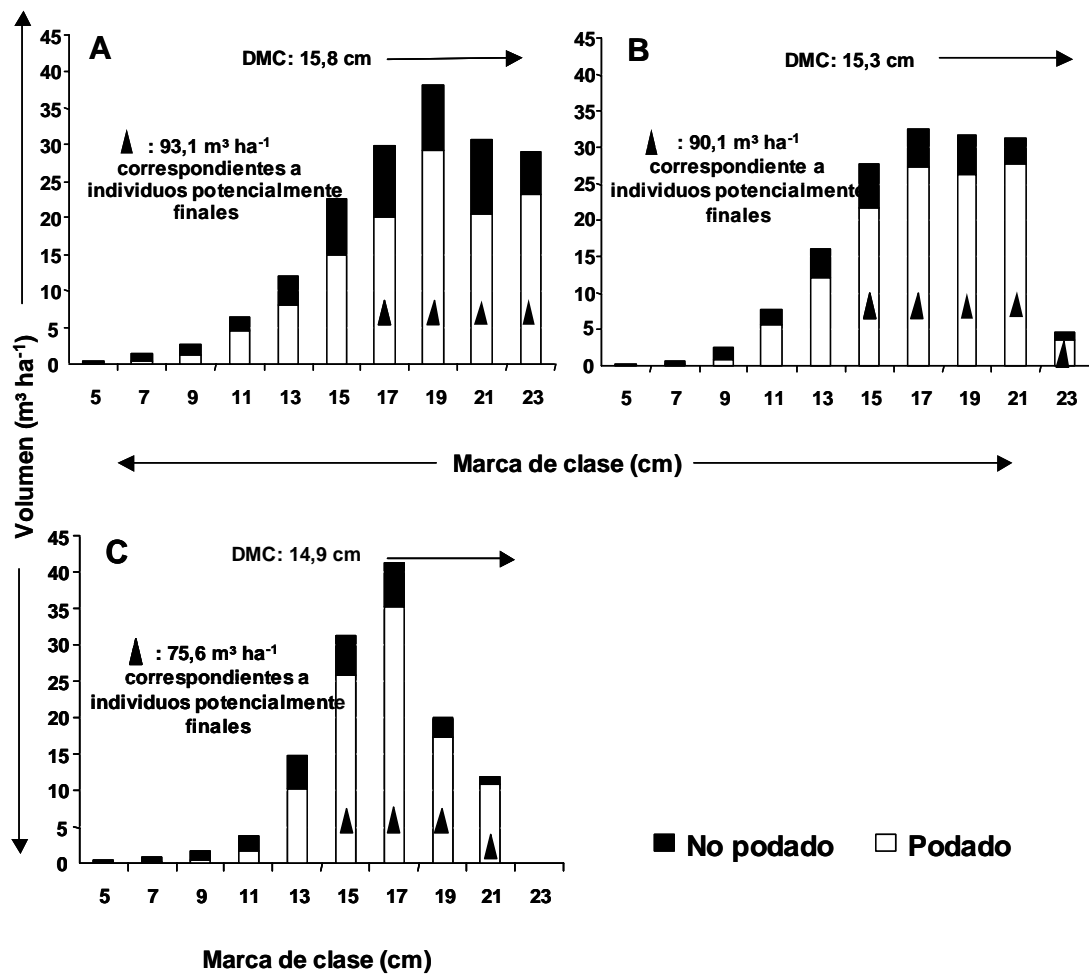


Figura 11. Volumen IU=5 (m³ ha⁻¹ ssc) de individuos (árboles ha⁻¹) podados y no podados por marca de clase (cm), donde A: corresponde al rodal 1999, B: corresponde al rodal 2000, y C: rodal 2001. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

Anexo 7

Área basal en función de la calidad para individuos podados y no podados en cada rodal en estudio

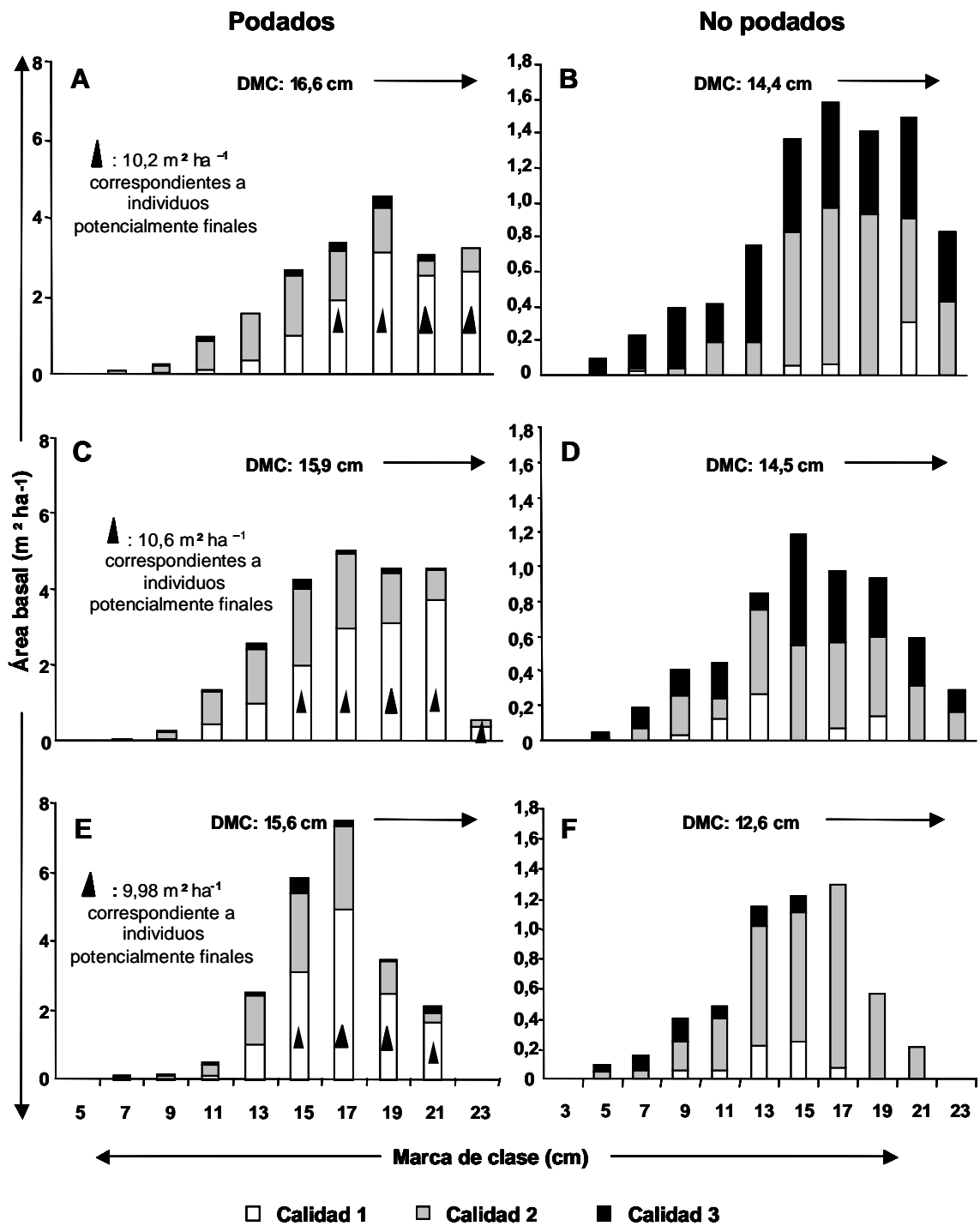


Figura 12. Área basal ($\text{árb} ha^{-1}$) podados y no podados por marca de clase (cm) en función de la calidad, donde A, C y E: corresponde a individuos podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente, B, D y F: corresponde a individuos no podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

Anexo 8

Volúmenes en función de la calidad para individuos podados y no podados en cada rodal en estudio

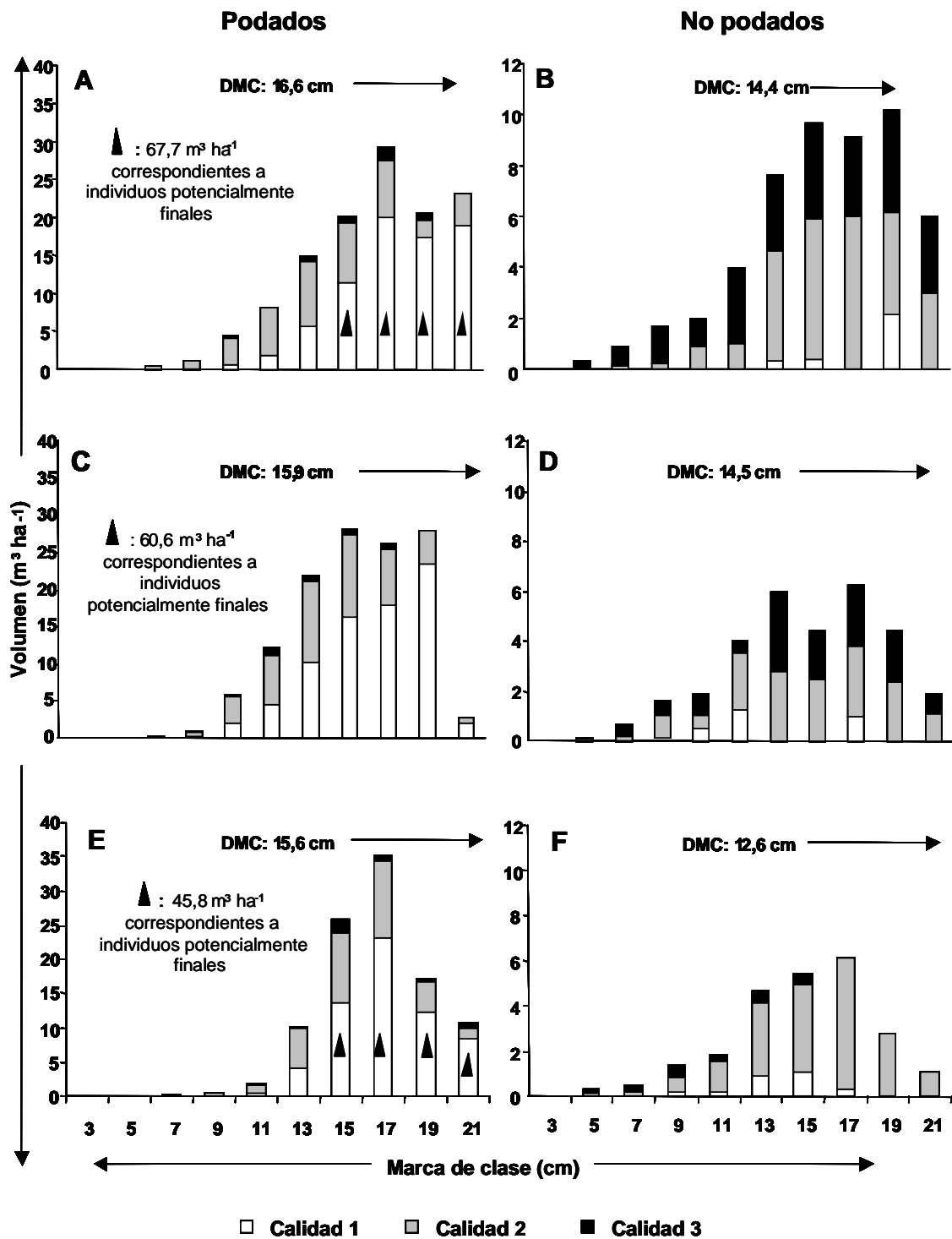


Figura 13. Volumen IU=5 cm ($m^3 ha^{-1}$ ssc) podados y no podados por marca de clase (cm) en función de la calidad, donde A, C y E: corresponde a individuos podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente, B, D y F: corresponde a individuos no podados del rodal 1999, 2000 y 2001 respectivamente. En cada rodal se indica el diámetro del árbol de área basal media. Árboles con diámetros \geq DMC y con presencia de poda son señalados como potencialmente finales.

Anexo 9

Tablas de rodal y existencia para los tres rodales en estudio

Cuadro 6. Tabla de rodal y existencia para rodal 1999.

Marca clase (cm)	N ha-1				G (m ² ha-1)				Altura (m)	Volumen (m ³ ha-1)			
	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total		Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total
5	0	0	47	47	0.00	0.00	0.09	0.09	10.1	0.00	0.00	0.32	0.32
7	10	20	57	87	0.04	0.08	0.22	0.33	11.6	0.15	0.30	0.86	1.32
9	7	36	57	100	0.04	0.23	0.36	0.64	12.7	0.19	0.99	1.57	2.75
11	13	97	33	143	0.12	0.92	0.31	1.36	14.1	0.59	4.43	1.50	6.52
13	27	103	43	173	0.36	1.37	0.57	2.30	15.4	1.88	7.17	2.99	12.04
15	60	127	40	227	1.06	2.24	0.71	4.01	16.5	5.96	12.61	3.97	22.54
17	86	97	34	217	1.95	2.20	0.77	4.93	17.8	11.83	13.35	4.68	29.86
19	110	73	27	210	3.12	2.07	0.77	5.95	18.9	20.08	13.32	4.93	38.33
21	83	27	20	130	2.87	0.94	0.69	4.50	20.1	19.68	6.40	4.74	30.83
23	63	23	11	97	2.62	0.96	0.46	4.03	21.2	18.90	6.90	3.30	29.10
Total	459	603	369	1,431	12.19	11.00	4.95	28.14		79.27	65.47	28.86	173.60
Estadísticos descriptivos													
Media	45.9	60.3	36.9	143.1	1.22	1.10	0.50	2.81	15.84	7.93	6.55	2.89	17.36
Desviación estándar (±)	39.35	44.07	15.04	61.83	1.29	0.86	0.24	2.13	3.72	8.81	5.24	1.72	14.33

Cuadro 7. Tabla de rodal y existencia para rodal 2000.

Marca clase (cm)	N ha-1				G (m ² ha-1)				Altura (m)	Volumen (m ³ ha-1)			
	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total		Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total
5	3	10	17	30	0.01	0.02	0.03	0.06	9.2	0.02	0.06	0.10	0.18
7	2	26	29	57	0.01	0.10	0.11	0.22	10.2	0.02	0.35	0.39	0.76
9	13	62	33	108	0.08	0.39	0.21	0.69	11.4	0.32	1.53	0.81	2.66
11	60	103	24	187	0.57	0.98	0.23	1.78	12.6	2.45	4.20	0.98	7.62
13	91	142	19	252	1.21	1.88	0.25	3.34	13.8	5.68	8.86	1.18	15.72
15	113	144	48	305	2.00	2.54	0.85	5.39	15.0	10.20	13.00	4.33	27.54
17	133	109	22	264	3.02	2.47	0.50	5.99	16.1	16.56	13.57	2.74	32.86
19	115	61	17	193	3.26	1.73	0.48	5.47	17.0	18.88	10.01	2.79	31.68
21	107	31	8	146	3.71	1.07	0.28	5.06	18.1	22.85	6.62	1.71	31.18
23	10	7	3	20	0.42	0.29	0.12	0.83	19.5	2.76	1.93	0.83	5.51
Total	647	695	220	1,562	14.27	11.49	3.07	28.83		79.73	60.13	15.85	155.71
Estadísticos descriptivos													
Media	64.70	69.50	22.00	156.20	1.43	1.15	0.31	2.88	14.29	7.97	6.01	1.59	15.57
Desviación estándar (±)	53.16	52.11	12.76	101.10	1.46	0.96	0.24	2.42	3.45	8.61	5.14	1.32	13.87

Cuadro 8. Tabla de rodal y existencia para rodal 2001.

Marca clase (cm)	N ha-1				G (m ² ha-1)				Altura (m)	Volumen (m ³ ha-1)			
	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	Total	Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	total		Calidad 1	Calidad 2	Calidad 3	total
3	3	3	0	6	0.00	0.00	0.00	0.004	7.9	0.00	0.00	0.00	0.01
5	0	26	31	57	0.00	0.05	0.06	0.112	8.8	0.00	0.15	0.18	0.33
7	6	29	28	63	0.02	0.11	0.11	0.242	9.5	0.07	0.36	0.35	0.78
9	9	46	28	83	0.06	0.29	0.18	0.528	10.3	0.20	1.02	0.62	1.85
11	17	74	12	103	0.16	0.70	0.11	0.979	11.2	0.61	2.68	0.43	3.73
13	94	166	14	274	1.25	2.20	0.19	3.637	11.9	5.06	8.93	0.75	14.74
15	189	180	31	400	3.34	3.18	0.55	7.069	13.0	14.79	14.09	2.42	31.30
17	221	160	5	386	5.02	3.63	0.11	8.761	13.8	23.58	17.07	0.53	41.18
19	87	53	3	143	2.47	1.50	0.09	4.054	14.5	12.18	7.42	0.42	20.02
21	48	14	5	67	1.66	0.48	0.17	2.321	15.0	8.49	2.48	0.88	11.85
Total	674	751	157	1,582	13.98	12.16	1.57	27.71		64.99	54.20	6.59	125.79
Estadísticos descriptivos													
Media	67.4	75.1	15.7	158.2	1.40	1.22	0.16	2.77	11.59	6.50	5.42	0.66	12.58
Desviación estándar (±)	80.46	67.72	12.58	142.79	1.74	1.35	0.15	3.10	2.46	8.16	6.19	0.67	14.41

Anexo 10

Prueba Estadística mediante *t-student*

Estadísticos de muestras relacionadas

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	APA99	4,779	30	1,487	,271502
	APA00	5,598	30	2,336	,42
Par 2	APA99	4,779	30	1,487	,271502
	APA01	5,679	30	1,754	,3202360
Par 3	APA00	5,598	30	2,336	,42
	APA01	5,679	30	1,754	,3202360

Prueba de muestras relacionadas

	Diferencias relacionadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	95% Intervalo de confianza para la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 APA99 - APA00	-,852966	2,6744	,48828	-1,85162	,14569	-1,747	29	,091
Par 2 APA99 - APA01	-,8250150	1,96058	,357952	-1,5571	-9,3E-02	-2,305	29	,029
Par 3 APA00 - APA01	2,80E-02	2,69639	,492291	-,978898	1,034800	,057	29	,955