

UNIVERSIDAD MAYOR
FACULTAD DE CIENCIAS SILVOAGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN CLAREO EN UN BOSQUE
DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) EN EL
PREDIO EL PICAZO, VII REGIÓN, CHILE.**

LUIS MANUEL CERVERA SALVADOR

PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

Santiago de Chile, Chile

2009

UNIVERSIDAD MAYOR
FACULTAD DE CIENCIAS SILVOAGROPECUARIAS
ESCUELA DE INGENIERIA FORESTAL

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN CLAREO EN UN BOSQUE
DE ROBLE (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) EN EL
PREDIO EL PICAZO, VII REGIÓN, CHILE.**

LUIS MANUEL CERVERA SALVADOR

PROYECTO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO FORESTAL

Profesor Guía: Ingeniero Forestal, Sr. Pablo C. Cruz Johnson

Santiago de Chile, Chile

2009

INDICE

INDICE DE CONTENIDOS	i
INDICE DE CUADROS	iii
INDICE DE FIGURAS	iv
RESUMEN	v
SUMARY	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1. Antecedentes generales de la especie	3
3.1.1. Taxonomía y denominaciones	3
3.1.2. Descripción botánica de la especie	3
3.1.3. Ciclo de vida	4
3.1.4. Distribución	4
3.1.5. Ecología de la especie	5
3.1.6. Plagas y enfermedades	7
3.1.7. Usos	8
3.2. Antecedentes de crecimiento	8
3.2.1. Crecimiento diametral	8
3.2.2. Crecimiento en área basal y volumen	11
3.3. Antecedentes de raleos en renovales	12
3.4. Área potencialmente aprovechable	15
4. MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1. Materiales	18
4.1.1. Área del estudio	18
4.1.2. Ubicación del área de estudio dentro del predio	19
4.1.3. Descripción de la aplicación del año 1998	20
4.2. Métodos	20
4.2.1. Diseño muestral para la caracterización dasométrica	20

4.2.1.1. Colecta de información	20
4.2.1.2. Atributos medidos	21
4.2.1.3. Análisis de la información	22
4.2.2. Caracterización del estrato objetivo de la silvicultura	22
4.2.2.1. Estimación de crecimientos	23
4.2.2.2. Estimación de la densidad puntual	24
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
5.1. Evolución natural del bosque	27
5.2. Efecto del clareo en el periodo de estudio	30
5.2.1. Periodo del 1998 al 2009	30
5.2.2. Periodo del 1998 al 2009	32
5.2.3. Evolución entre los periodos de evaluación del área intervenida	34
5.3. Calidad	37
5.4. Caracterización del estrato objetivo de la silvicultura	39
5.4.1. Densidad Puntual	39
5.4.2. Crecimiento	40
5.4.2.1. Crecimiento en diámetro	40
5.4.2.2. Crecimiento en área basal	42
5.4.2.3. Crecimiento en volumen	43
5.5. Propuesta de intervención	45
6. CONCLUSIONES	48
7. BIBLIOGRAFIA	49

INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1	Información climática general de diferentes áreas de distribución de roble en Chile	6
Cuadro N° 2	Crecimiento en DAP hasta los 20 años	10
Cuadro N° 3	Parámetros dasométricos de bosques con presencia de roble	11
Cuadro N° 4	Incrementos volumétricos del roble en diferentes áreas con presencia en Chile	12
Cuadro N° 5	Análisis del crecimiento de renovales de roble sometidos a raleos	14
Cuadro N° 6	Tipo de calidad en función de la sanidad y la forma de los árboles	22
Cuadro N° 7	Distribución de la densidad por clases diamétricas en las áreas testigo, en el año 2000 y 2009	27
Cuadro N° 8	Distribución del área basal por hectárea y tratamiento	29
Cuadro N° 9	Distribución de la densidad por clases diamétricas según tratamiento y año	31
Cuadro N° 10	Distribución de la densidad por clases diamétricas en las áreas testigo y las áreas intervenidas en el año 2009	32
Cuadro N° 11	Distribución de la densidad por clases diamétricas en el año 2000 y el año 2009 en las áreas intervenidas en el clareo	35
Cuadro N° 12	Porcentajes de tipos de calidad por tratamiento	39
Cuadro N° 13	Valores estadísticos descriptivos para el incremento medio periódico (2000-2009)	41
Cuadro N° 14	Valores medios, mínimos y máximos del crecimiento en volumen	44

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1	Representación gráfica de las curvas de crecimiento	14
Figura N° 2	Representación del Área Potencialmente Aprovechable (APA)	16
Figura N° 3	Mapa de localización del área de estudio.	18
Figura N° 4	Fluctuación de la densidad en las áreas testigo en el año 2000 y en el año 2009	28
Figura N° 5	Fluctuación del área basal en las áreas sin intervención en los años 2000 y 2009	30
Figura N° 6	Histograma de frecuencias diamétricas en el tratamiento intervenido y testigo	33
Figura N° 7	Comparativa entre la acumulación de biomasa entre las áreas intervenidas y testigo en el año 2009	34
Figura N° 8	Fluctuación de la densidad en los tratamientos en el año 2000 y 2009	36
Figura N° 9	Fluctuación del área basal en áreas intervenidas para los años 2000 y 2009	37
Figura N° 10	Porcentaje de calidad por clases diamétricas en el tratamiento testigo en el año 2009	38
Figura N° 11	Porcentaje de calidad por clases diamétricas en el tratamiento intervenido en el año 2009	38
Figura N° 12	Representación del Área Potencialmente Aprovechable	40
Figura N° 13	Desarrollo del CAC en diámetro en los últimos 10 años	42
Figura N° 14	Desarrollo del CAC en área basal en los últimos 10 años	43
Figura N° 15	Desarrollo del crecimiento acumulado en volumen	44
Figura N° 16	Distribución de la densidad y área basal por clases diamétricas después del raleo	47

RESUMEN

El objetivo del estudio es analizar el desarrollo de un renoval de roble de 19 años de edad, sometido a un clareo en el año 1998, en el Predio el Picazo, VII Región, Chile.

Para evaluar el estado actual del bosque, se caracterizó un área del bosque intervenido y una sin intervenir mediante 19 parcelas de inventario de 51 m² distribuidas aleatoriamente, de las que se obtuvieron los parámetros de densidad, distribución diamétrica, área basal, diámetro cuadrático medio y calidad. La edad se determinó mediante el análisis de los tarugos extraídos a árboles de las mismas parcelas. Los crecimientos en diámetro, área basal y volumen se obtuvieron mediante un análisis de tallo realizado sobre 13 árboles codominantes. Estos árboles sirvieron a la vez para determinar la densidad de crecimiento.

En la caracterización dasométrica se obtuvo una densidad de 13.814 árboles/ha, donde un 65% de ellos eran inferiores a 3 centímetros, regenerado proveniente de rebrotes de tocón consecuencia de la apertura del dosel por el clareo del año 1998. En las áreas no intervenidas la densidad es de 8.554 árboles/ha, un 22% inferior en las mismas áreas 5 años antes, consecuencia de un proceso de mortalidad natural. El diámetro cuadrático medio aumentó desde los 4,03 cm hasta los 6,15 cm en 4 años en las áreas en tratamiento, sin tener en cuenta la incorporación de regenerado. El aumento en área basal en los últimos 5 años está entorno los 9,67 m²/ha entre áreas intervenidas, y 11,47 m²/ha entre áreas sin intervención e intervenidas en el mismo periodo. La calidad por su parte ha empeorado respecto hace 5 años, pasando de un 62% de árboles de calidad 1 a un 42% actualmente.

La densidad de puntual de los árboles codominantes y dominantes del bosque es de 1.707 árb./ha. El crecimiento medio anual es de 0,46 cm/año en diámetro, 0,53 m²/ha/año en área basal y 7,97 m³/ha/año en volumen. En los últimos años se evidencia una tendencia de disminución del crecimiento, ya que el crecimiento en diámetro en el año 2005 era de 0,54 cm/año y en el año 2009 había descendido hasta los 0,21 cm/año.

SUMMARY

The aim of the study is to analyze the development of the forest of oak of 19 years of age, submitted to forestry intervention in the year 1998.

To evaluate the current condition of the forest, there was characterized an area of the controlled forest and one without intervening by means of 19 inventor plots of 51 m² distributed at random, of that there were obtained the parameters of density, diameter distribution, basal area, mean quadratic diameter and quality parameters. The age decided by means of the analysis of the samples extracted to trees of the same plots. The growths both in diameter, basal area and volume they were obtained by means of an analysis of stem realized on 13 trees. These trees served simultaneously to determine the growth density.

In the characterization, a density of 13.814 tree/ha was obtained, where 65 % of them was lower than 3 centimeters. They were regenerated consequence of the opening of the canopy for the intervention of the 1998. In the areas without intervention the density is of 8.554 tree/ha, 22 % low in the same areas 5 years before, consequence of a process of natural mortality. The mean quadratic diameter increased from 4,03 cm up to 6,15 cm in 4 years in the areas in treatment, without considering the new incorporation. The increase in basal area in the last 5 years is the 9,67 m²/ha (60 %) between controlled areas, and 11,47 m²/ha between areas without intervention in 2005 and controlled in 2009. The quality has worsened respect 5 years ago, from 62 % of one quality trees to 42 % nowadays.

The growth density of the trees is 1.707 tree/ha. The mean annual growth is 0,46 cm/year in diameter, 0,53 m²/has/year in basal area and 7,97 m³/has/year in volume. In the last years the growth has descended, since the growth in diameter in the year 2005 was 0,54 cm/year and in the year 2009 it had descended up to 0,21 cm/year.

1. INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Nothofagus* presentes en Chile representan la fuente de recursos madereros nativos más importante del país. Actualmente los bosques de segundo crecimiento o renovales representan un 26,7 % de la superficie total de bosque nativo. Muchos de estos bosques se han generado después de la sustitución del bosque primario por plantaciones de pino, cultivos agrícolas o por áreas destinadas a la alimentación del ganado, que posteriormente se han abandonado.

Entre las especies más importante en superficie se encuentran el roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y el Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.). El roble, gracias a su amplia amplitud ecológica se puede encontrar desde la VI a la X Región, formando parte de varios tipos forestales.

Numerosos estudios se han realizado en los renovales de roble acerca de crecimientos, sitio y productividad, pero todos ellos en edades intermedias que no definen la evolución seguida en las primeras etapas de desarrollo. Igualmente, muchos de los estudios han sido realizados en bosques de la IX y X Región.

La Corporación Nacional Forestal (CONAF), realizó en 1998 un clareo en un rodal puro de roble de segundo crecimiento en estado de monte bravo en la precordillera andina de la VII Región, en el predio El Picazo, comuna de San Clemente de la provincia de Talca.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden en el presente estudio son los siguientes:

Objetivo general:

Analizar el desarrollo de un renoval de roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) en la provincia de Talca, VII Región, después de haber sido sometido a clareo el año 1998.

Objetivos específicos:

1. Evaluar la evolución del bosque en los últimos 10 años, comparando con el estudio realizado por Schulze (2005) en la misma zona.
2. Evaluar el efecto del clareo sobre el crecimiento en diámetro, área basal y volumen del rodal respecto de áreas sin intervención.
3. Proponer recomendaciones silvícolas para este tipo de bosques.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LA ESPECIE

3.1.1. Taxonomía y denominaciones

Nothofagus obliqua (Mirb.) Oerst, también llamada Pellín, Hualle, está incluida en la siguiente clasificación taxonómica según Rodríguez *et al.* (1983):

- Género: *Nothofagus*. Blume
- Familia: Fagaceae
- Orden: Fagales
- Subclase: Apétalas
- Clase: Magnoliatae
- Subdivisión: Magnoliophytina
- División: Spermatophyta

3.1.2. Descripción botánica de la especie

El roble es un árbol monoico, caduco, con un follaje verde-claro, frondoso y de copa piramidal. Es un árbol de hasta 40 metros de altura que puede alcanzar los 2 metros de diámetro, con un trono recto y cilíndrico. Según Donoso (1981), la edad potencial de las especies supera los 400 años.

Las hojas son caducas, simples, subcoriáceas, aovadas o aovado-lanceoladas, alternas, asimétricas en la base, falcadas o no, presentan un borde aserrado, sus dimensiones son de 2-5 cm de largo por 1,5-3 cm de ancho, pueden ser glabras o pubescentes, tienen color verde claro por el envés, nervadura paralela y reticulada marcada, sus pecíolos son pubescentes de 5 a 7 mm de largo y presenta estípulas linear-lanceoladas (Muñoz, 1980 y Rodríguez *et al.*, 1983).

La flor masculina es solitaria, pedicelada, axilar, con un perianto hemisférico, pubescentes, irregularmente lobuladas y contiene entre 30 y 40 estambres. La inflorescencia femenina, cortamente pedunculada, es triflora, tienen una cúpula 4-partida, lámelas vellosas en el dorso y apéndices lamelares lobulares glandulosos. La floración transcurre entre Octubre y Diciembre (Rodríguez *et al.*, 1983).

El fruto está compuesto por tres nueces, la central bialada y las dos laterales trialadas, de más o menos 6 mm de largo. El fruto es una cúpula de 4 valvas ovaladas, provistas de apéndices pestañosos, lleva un aquenio trígono blanco amarillento, donde el central se presenta bialado y coronado por 2 estigmas, mientras que los dos

laterales son de tres lados y están coronados por 3 estigmas. Los frutos maduran de noviembre a marzo (Muñoz, 1980).

Su corteza es gruesa, agrietada y café oscura, siendo en los árboles jóvenes lisa, delgada y de color gris blanquecino (Rodríguez *et al.*, 1993)

3.1.3. Ciclo de vida

El ciclo anual de vida del roble empieza con la aparición de las flores masculinas en septiembre y finaliza a finales de octubre. En este periodo se produce el rompimiento de las yemas vegetativas y la elongación de los brotes. Las flores femeninas aparecen aproximadamente siete días después de la brotación de las yemas. La polinización es anemófila (Donoso, 1992).

Los frutos alcanzan su madurez 5 – 6 meses más tarde, y las nueces maduran y caen al suelo, entre febrero y abril (Donoso, 1978a). La especie tiende a presentar ciclos bianuales de producción, con un año de alta y otro de baja. La viabilidad fluctúa entre 11 – 43%, con un alto porcentaje de semillas vanas (Donoso *et al.*, 1992).

La amplia distribución geográfica y ecológica en que se presenta el roble, así como la diversidad de hábitats en que se desarrolla, junto con la facilidad de hibridación entre especies del género *Nothofagus* en las áreas de contacto de poblaciones contiguas, da origen a variabilidad poblacional, que se traduce en diferencias mas menos aparentes entre poblaciones (Donoso, 1987 citado por CONAF, 1997).

3.1.4. Distribución

El roble, se distribuye en Chile desde Colchagua (33° latitud sur) hasta Puerto Montt (41° 30' latitud sur) por la cordillera de los Andes y desde el sur del río Aconcagua hasta Puerto Montt por la cordillera de la Costa (CONAF, 1997). Desde Malleco al Sur, la frecuencia de roble en el Valle Central se incrementa presentándose hasta los 600 msnm, Al norte del río Bio-Bio desaparece del Valle Central y se encuentra formando bosques principalmente en la cordillera de los Andes. En el extremo norte del área de distribución del género se encuentra *N.obliqua* var. *Macrocarpa*, en un sector restringido entre la provincia de Valparaíso, en la V Región, y la de Rancagua, en la VI Región. En el Parque Nacional La Campana (32°55'40'') también se encuentran ejemplares (CONAF, 1997).

3.1.5. Ecología de la especie

En su área de distribución más septentrional, el roble se desarrolla en un clima mediterráneo templado, donde las mayores precipitaciones se acumulan en invierno y con un periodo seco en verano. Las precipitaciones oscilan entre los 500 y 1.000 mm/año en la Cordillera de la Costa (CONAF, 1997). En la cordillera de los Andes la precipitación máxima puede llegar a 2.500 mm/año (Donoso, 1993a). En el sur, el clima predominante es el mediterráneo húmedo, donde el periodo seco disminuye progresivamente a medida que se avanza en latitud. Otros climas donde se desarrolla en el roble son polar alpino tundra y marino húmedo patagónico. Esta amplia distribución geográfica demuestra la gran tolerancia a diferentes situaciones ambientales (Donoso, 1994).

El roble se desarrolla en una amplitud altitudinal muy amplia, ocupando áreas entre los 100 y 2.000 msnm o incluso más, conformando en algunos sectores el límite altitudinal de la vegetación arbórea. En la cordillera de los Andes crece desde los 600 hasta los 2.000 msnm, y en la cordillera de la Costa entre los 200 y 2.400 msnm, dependiendo de la latitud en la que se encuentre. Según Rodríguez (1969), el mejor desarrollo se alcanza entre los 250 y 500 msnm en las áreas más al sur. A medida que va avanzando hacia el sur disminuye su altitud debido a la variación climática (Donoso, 1993a).

En cuanto a temperaturas, el roble es la especie más termófila entre los *Nothofagus*, con temperaturas medias anuales de 11 °C y mayores a 10 °C por lo menos durante 7 meses al año (Donoso, 1981). Las temperaturas mínimas que resiste la especie a nivel general según su distribución, varían entre los -3,2 °C y 9,4 °C (en el clima polar alpino tundra la temperatura mínima varía entre los -10 °C y -20 °C) y las temperaturas máximas entre los 6 y 31 °C (clima mediterráneo marino), con una temperatura media de 12,7 °C.

Donoso *et al.*, (1993a) concluye que el roble para un mejor crecimiento requiere de clima con abundante precipitación (sobre los 1.500 mm anuales), sin o con un corto periodo seco (menor a 4 meses), y con temperaturas medias anuales superiores a 10 °C. También concluye que las posibles mejores áreas de crecimiento óptimo corresponderían a los climas marino húmedo patagónico y mediterráneo frío, en la Cordillera de los Andes entre los 400 y 800 msnm en las regiones IX y X, y entre los 650 y 1.000 msnm en las regiones VII y VIII.

Cuadro N° 1
Información climática general de diferentes áreas de distribución de roble en Chile

Sector	Latitud	Altitud (msnm)	Precipitación anual (mm)	Porcentaje precipitaciones entre Octubre y Marzo	Temperatura media (°C)
Costa	33°	700-2.000	700	12	14,3
Andes	35°	700-1.300	1.400	15	13,5
Andes	37°	650-1.300	2.000	20	13,4
Costa	38°	700-1.000	1.900	25	12,6
Andes	38°	600-1.000	3.500	30	12
Ll. Central	38°	100-200	1.300	25	12
Costa	40°	200-900	2.500	30	12,5
Andes	40°	600-900	5.000	30	10,3
Ll. Central	40°	20-100	1.500	25	-

(Donoso *et al.*, 2004)

Los suelos en los que se encuentra, preferentemente son profundos, fértiles y con cierta humedad, teniendo un característico manto de materia orgánica en descomposición (CONAF, 1997). En la cordillera de la Costa se desarrolla sobre suelos de roca granítica poco desarrollados, generalmente residuales sobre afloramientos rocosos. Más hacia el sur, se desarrollan sobre esquistos y micaesquistos poco profundos (50-60 cm) de textura comúnmente franca y con grava a escasa profundidad, desarrollados en pendientes medias de 20 % entre los 200 y 700 msnm; los pH fluctúan entre los 4,8 y 5,7 (Donoso, 1981).

En la cordillera de los Andes, los suelos son de origen granítico, conglomerados volcánicos que originan algunos suelos trumaos (Donoso, 1981). En las pendientes los suelos son medianamente profundos y los pH varían de 5,1 a 5,6. En las planicies altas y en los sectores de trumao son muy profundos; las texturas franco-arenosas a franco-arcillosas y los pH varían de ácidos a neutros tendiendo a ser más ácidos en los horizontes más profundos y en los sectores con pendiente (Donoso, 1981).

En zonas más sureñas, el roble ocupa faldeos cordilleranos y el llano central, donde hay suelos aluviales y glaciales más profundos y especialmente en sitios bien drenados (Donoso, 1978a citado por CONAF, 1997).

Los incendios en los bosques que dieron origen a los renovales de roble han sido denominador común en muchos casos. Estos incendios fueron iniciados por el

hombre para ganar terrenos en actividades ganaderas y agrícolas. En los sectores donde actualmente existen los renovales, se quemó en general una vez, sin destruir las raíces de los árboles y permitiendo que esporádicamente permanecieran algunos individuos en pie. Esta situación permitió la retoñación de los árboles y la recuperación del bosque, al contrario de los sectores donde se quemó en reiteradas oportunidades (Grosse, 1998). Esta gran capacidad de retoñación del roble, junto con la dispersión anemófila de sus semillas y su marcada intolerancia a la sombra, ha hecho que esta especie ocupe extensas áreas actualmente (Donoso, 1998).

Según Donoso (1981), el roble es una especie intolerante, aunque en otro estudio del mismo autor en el año 1993, indica que posee cierto grado de tolerancia, al determinar una cierta tendencia en ellos a distribuirse en dos clases de edad diferentes. En el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, esta última especie se presenta como la más intolerante y agresiva, seguida del roble y del raulí (Donoso, 1981). Puente *et al.*, (1979) concluye en su estudio que en renovales de roble y raulí, los individuos jóvenes de raulí logran establecerse o permanecer mucho más tiempo sobre el dosel de los de mayor tamaño que los de roble, los cuales mueren más rápidamente producto del auto-raleo. El dominio de estas especies se mantiene en edades tempranas e intermedias, sin embargo, al aumentar la edad y evolucionar hacia un bosque coetáneo, comienzan a establecerse especies tolerantes bajo el dosel creado. Dichas especies van ocupando los estratos inferior e intermedio hasta que en estado adulto pueden producir y germinar semillas, ocupando otro estrato del bosque. Esta etapa se presenta en edades muy avanzadas y en condiciones próximas al clímax (Donoso, 1998).

3.1.6. Plagas y enfermedades

El roble, entre todos los *Nothofagus*, es una de las especies más susceptibles al ataque de hongos. Tres de los más importantes serían el *Fomes annosus* (oreja de palo) que provoca la pudrición de la madera, *Ophiostoma piceae* (Munch), que ocasiona la mancha azul, y *Microgenaria spp.* (digüeñe) que produce el crecimiento anormal (CONAF, 1997).

Se han descrito alrededor de 53 especies de insectos que interactúan de diferentes modos y en diferentes estados de desarrollo, de los cuales 12 son defoliadores o consumidores de follaje, principalmente de *Coleoptera*, *Lepidoptera* y *Hymenoptera* (Donoso, 2004). Algunos de ellos son *Ceropastus volupis*, *Ormiscodes spp.*, *Holopeterus chilensis* e *Hylamorfa elegans* (CONAF, 1997). Entre estas 53 especies de insectos, 17 son coleópteros que son comedores de raíces y perforadores de madera viva o muerta, corteza y cámbium, 1 Lepidóptero comedor de frutos, 13 chupadores de sabia del orden Homóptera, 3 perforadores de hoja Lepidóptera, 2 formadores de agallas de *Coleoptera* e *Hymenoptera* y 5 coleópteros de los cuales no

se tienen antecedentes del tipo de interacción (Gentili y Gentili, 1988; Carrillo y Cerda, 1987; Veblen *et al.*, 1996; Baldini *et al.*, 1997; citados por Donoso, 2004 y Schulze, 2005).

3.1.7. Usos

Gracias a sus propiedades mecánicas, la madera de roble se utiliza en diversos tipos de uso. Se utiliza en construcciones de puentes y muelles. También en viviendas se emplea para estructuras, techumbres, tejuelas, y revestimientos exteriores, así como en marcos de puertas y ventanas. En la industria se utiliza para tableros contrachapados y chapas, muebles, construcción de embarcaciones y estructuras cubiertas. Además es apropiada como durmientes, postes de transmisiones, pilotes y en estructuras de minas (Donoso, 1998). En montes bajos con rotaciones cortas, se obtiene leña o carbón, y con rotaciones largas cortezas y taninos (Garrido, 1981 citado por CONAF, 1997).

3.2. ANTECEDENTES DE CRECIMIENTO

La evaluación del estado dinámico del bosque es determinado mediante los parámetros de crecimiento, considerado como el incremento gradual de un organismo en un determinado periodo de tiempo. El crecimiento acumulado hasta una edad determinada representa el rendimiento de dicho organismo (Prodan *et al.*, 1997). Son cuatro los crecimientos contemplados por dicho autor:

- Incremento anual corriente: crecimiento de un individuo en un año.
- Incremento periódico: crecimiento de un individuo acumulado durante un periodo de varios años.
- Incremento medio anual: crecimiento medio de un individuo hasta la edad del turno.
- Incremento acumulado: crecimiento acumulado de un organismo hasta una edad determinada.

3.2.1. Crecimiento diametral

Diversos autores han estudiado el crecimiento de los renovales de roble en toda su distribución. La mayoría de estos estudios revisados han sido realizados en bosques con edades superiores a la del bosque objetivo de este estudio. Este hecho no permite la comparación directa con los otros estudios aunque si es de gran importancia porque crea, junto al estudio de Schulze (2005), un antecedente en el

análisis de este tipo de bosques, que permitirá conocer mejor su comportamiento en edades tempranas y así mejorar su manejo y conocimiento.

Rocuant (1960) (citado por CONAF, 1997), raleó en el año 1959 dos parcelas de 500 m² de superficie (32 y 43 % de extracción de área basal), dejando una tercera como testigo sin intervención. La intervención ocurrió a los 30-35 años de edad, correspondiendo un DAP promedio a 13-14 cm, el área basal a 35 m²/ha y la altura de los árboles dominantes a 14 m. Las intervenciones permitieron obtener crecimientos en diámetro de 0,4 cm.

En general, los crecimientos diametrales se sitúan entorno a los 0,4 y 0,5 como valores medios para renovales de roble (Vita, 1974; Paredes, 1982; Donoso *et al.*; 1984; Núñez y Peñaloza, 1986; Donoso, 1988; Grosse, 1989; Castillo, 1992 citados por CONAF, 1997). En muchos de estos estudios, se encuentran frecuentemente valores superiores a 1 cm al año, según señala Donoso (1993b).

Durante los primeros 20 años de vida de renovales se han documentado crecimientos en diámetro de 1 cm/año en sitios buenos en Gran Bretaña (Christie, 1974) (citado por Donoso, 1978b), y en renovales de edades comprendidas entre los 20 y 40 años se han obtenido crecimientos anuales medios en diámetro entre los 0,1 y 1,2 cm/año, siendo crecientes hasta aproximadamente los 30 a 35 años (Puente *et al.*, 1979 y Soler, 1979 citado por CONAF, 1997). En edades posteriores, Eckert (1962) (citado por Donoso, 1978b), señala que el crecimiento promedio para un rodal natural de 43 años fue de 17 metros de altura y 17 cm de diámetro.

En la Reserva Radal Siete Tazas de la VII Región, se encontraron crecimientos diametrales iniciales de 0,5-0,7 cm/año, y en renovales de Roble-Raulí-Coigüe en la Cordillera de Nahuelbuta se encontraron incrementos diametrales entre 1,67 y 8,24 mm/año (Donoso, 1993b).

Donoso *et al.* (1993a), en su proposición de zonas de crecimiento para *Nothofagus*, caracteriza rodales de roble puros de la zona de Vilches, provincia de Talca, donde los mayores crecimientos se encuentran a los 15 años de edad, siendo el crecimiento en altura de 0,73 a 0,81 metros/año hasta los 50 años, con una media de 0,78 metros/año. En este estudio, se determinó que el crecimiento está relacionado principalmente con la latitud, aparte de otros factores como la exposición, altitud, suelo, entre otras, que tiene efecto a una escala menor. Así, los crecimientos aumentan conforme la distribución se sitúa más al sur (cuadro 2).

Cuadro N° 2
Crecimiento en DAP hasta los 20 años

Región	Lugar	DAP (cm) acumulado hasta los 20 años	Crecimiento medio del DAP (cm) hasta los 20 años
VII	Queñes	9,76	0,49
VII	Queñes	8,80	0,44
VII	Radal	9,40	0,47
VII	Vilches	12,65	0,63
VII	Vilches	11,92	0,60
VII	Lara	18,17	0,91
IX	Retiro	14,00	0,70
IX	Nueva Etruria	21,75	1,09
IX	Hacienda Castilla	10,45	0,52
X	Neltume	13,85	0,69
X	Riñihue	16,80	0,84
X	Dollinco	13,26	0,66
X	Pumihahue	15,80	0,79
X	Las Trancas	17,92	0,90
X	Nilahue	15,53	0,78
X	Puyehue	15,43	0,77
X	Fresia	12,67	0,63

(Donoso *et al.*, 1993a)

Castillo (1992) determinó para renovales de Roble, con edades entre 36 y 46 años, en estado natural en la Cordillera de la Costa de la IX Región que los crecimientos medios anuales máximos son de 0,79 cm/año en diámetro entre los 20 y 30 años de edad. Este mismo autor afirma que crecimientos de 0,3 a 0,4 cm/años son la situación más común, por lo que crecimientos superiores a 0,5 cm/año para los últimos 10 años pueden calificarse como buenos.

Donoso *et al.* (1993b) en su estudio de crecimiento para renovales manejados y plantaciones en la cordillera de los Andes de las provincias de Cautín y Valdivia, determinó crecimientos medios durante los primeros 20 años de 0,81 cm/año en renovales abiertos y 0,57 cm/año en renovales bajo dosel. En el mismo estudio, se concluyó que la respuesta al raleo realizado es leve en los primeros 5 años posteriores, aumentando el crecimiento en diámetro un 10% bajo dosel, y un 2% en abierto. Los mayores crecimientos en rodales bajo el dosel sucedieron entre los 7 y 11 años.

3.2.2. Crecimiento en área basal y volumen

Rocuant (1975) evaluó los efectos de un raleo realizado en renovales de roble y raulí de edades comprendidas entre los 30 y 35 años en la Cordillera de Nahuelbuta, en la que extrajo un 32 y 43% de área basal, obteniendo incrementos de hasta 1,2 m²/ha. Los testigos en la misma área presentaban incrementos de 0,6 m²/ha. En los mismos rangos de crecimiento se encuentran otros estudios como los de De Camino *et al.*, (1974) (citado por CONAF, 1998) determinando un crecimiento para robles de entre 5 y 14,3 m³/ha/año, o Soler (1979) (citado por CONAF, 1997), con crecimientos medios en área basal de 1,14 m²/ha/año y de 10 m³/ha/año en volumen.

Puente *et al.* (1979), en las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia, entre los 400 y 1.000 msnm de la Cordillera de los Andes, encontraron incrementos en área basal de 1,4 a 2,6 m²/ha/año y volumétricos entre 8 y 15 m³/ha/año, similares a los de Paredes (1982) (citado por CONAF, 1997), el cual menciona crecimientos de 10 m³/ha/año en renovales sin manejo en Jauja, provincia de Malleco. Así como Donoso (1988), señalando crecimientos anuales periódicos de 4 a 18 m³/ha/año, con una media de 13 m³/ha/año para los últimos años en renovales de roble de 30 a 50 años en la cordillera de los Andes de Curicó.

Cuadro N° 3
Parámetros dasométricos de bosques con presencia de roble

Localidad	Tipo de bosque	Densidad (árbol/ha)	DAP medio (cm)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	Productividad (m ³ /ha/año)
“Radal Siete Tazas” VII Región	Renoval de Quillay, Roble y Peumo	1.690	13,9	33,1	188	7,5
	Renoval Roble y Raulí	1.790	16,5	47,5	387	18,5
	Renoval Puro de Roble	1.890	15,6	18,6	103	12,6
	Renoval de Roble	1.380	11,3	16,0	85	8,1

(Donoso, 1988)

En las provincias de Cautín y Valdivia se evaluaron plantaciones de 20 años registrando crecimientos entre 12 y 17 m³/ha/año (Donoso *et al.*, 1993b). Pincheira (1993), para la provincia de Malleco, obtuvo incrementos brutos periódicos anuales de área basal que varían entre 0,43 y 1,18 m²/ha/año. En este mismo estudio, se

ralearon rodales lo cuales fueron de 10 a 40 m²/ha de área basal residual, con unos resultados de incremento anual promedio en área basal de 0,01 a 0,29 m²/ha/año.

Cuadro N° 4
Incrementos volumétricos del roble en diferentes áreas con presencia en Chile

Región	Lugar	Volumen anual medio (m³ scc/ha/año) entre los 15-24 años
VII	Queñes	3,11
VII	Queñes	3,48
VII	Radal	5,68
VII	Vilches	7,82
VII	Vilches	6,32
VII	Lara	10,49
IX	Retiro	7,52
IX	Nueva Etruria	11,60
IX	Hacienda Castilla	5,08
X	Neltume	11,21
X	Riñihue	5,63
X	Dollinco	7,74
X	Pumihahue	13,03
X	Las Trancas	10,32
X	Nilahue	11,70
X	Puyehue	12,58
X	Fresia	18,17

(Donoso *et al.*, 1993a)

3.3. ANTECEDENTES DE RALEOS EN RENOVALES

El raleo es un tipo de corta intermedia aplicable a renovales en etapas de latizal o fustal, la cual consiste en cortar parte de los árboles en pie, para favorecer a un número adecuado de árboles vigorosos de mejor sanidad y forma que permitan la formación de un futuro bosque con buenas características maderables en el menor tiempo posible (Lara *et al.*, 1998)

Para rodales donde el roble no está mezclado con especies siempreverdes y más tolerantes, Rocuant (1967) y Vita (1974) (citados por CONAF, 1997) recomiendan implementar raleos tempranos y intensos para mantener las copas vigorosas en estas especies exigentes de luz, debido a que las copas disminuyen rápidamente con la competencia y no parecen recobrase rápidamente.

Diversos autores coinciden en extraer en los raleos un área basal máxima entre el 30 y 40 % (Lara *et al.*, 1998, Donoso, 1988 y De Camino *et al.*, 1994, citado por CONAF, 1998), aunque según Grosse *et al.* (1998) para mayor seguridad del rodal y dependiendo de su exposición a vientos fuertes, podría ser recomendable bajar a niveles de extracción del 25-30 % de área basal.

Grosse (1991) apunta que los renovales de *Nothofagus* en la fase de crecimientos óptimo deberían manejarse liberando los individuos dominantes y codominantes de sus competidores más directos. En otro sentido se muestran De la Maza y Gilchrist (1983) (citado por CONAF, 1998) que recomiendan para rodales en edades similares intervenir a nivel de todos los estratos.

Pincheira (1993) realizando raleos a diferentes intensidades y dejando un área basal de 10, 20, 30 y 40 m²/ha, concluyó que los mayores incrementos diametrales se obtuvieron en el caso de dejar 10 m²/ha y el mayor incremento en volumen se obtuvo a un nivel de 20 m²/ha. También Garrido (1981) (citado por CONAF, 1997) sugiere dejar un área basal no mayor a los 20 m²/ha, para árboles que no superen los 60 años.

Urrutia y Avilés (1990) (citado por CONAF, 1998) determinaron que niveles de área basal residual inferiores a 30 m²/ha producen crecimientos netos totales inferiores que los experimentados en áreas no intervenidas. Raleos a niveles de 40 m²/ha de área basal residual permiten incrementos netos en volumen de hasta 19 m³/ha/año. Los mismos autores destacan que el área basal residual estará dada por el objetivo del raleo. Así, para madera pulpable es recomendable intervenciones menos intensas que obtener gran volumen de madera. En cambio, para madera aserrable, es más conveniente niveles menores de área basal para permitir un mayor crecimiento en diámetro.

Donoso *et al.*, (1993b) sugiere que el momento oportuno para ralear es aquel en que el crecimiento anual corriente comienza a disminuir o alternativamente cuando el crecimiento medio anual comienza a decrecer (figura 1).

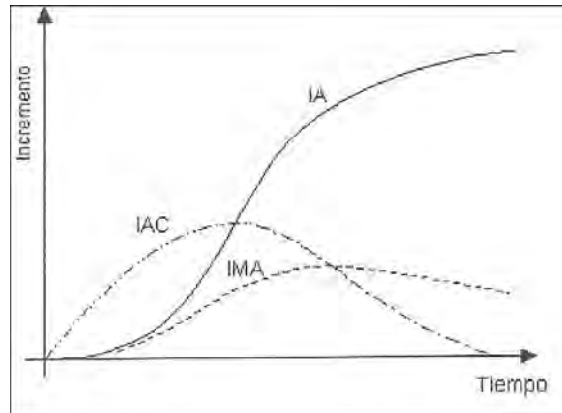


Figura N° 1
Representación gráfica de las curvas de crecimiento

(Uteau, 2003)

Donoso *et al.*, (1993a) en su estudio realizado en las provincias de Cautín y Valdivia, determinó la edad óptima para realizar los raleos. En el caso de adoptar el criterio de disminución del crecimiento anual corriente, esta fue de entre 12 y 15 años, y de 20 años el momento en el cual el crecimiento medio anual empieza a disminuir. En dicho estudio, el incremento diametral en los 5 años seguidos al primer raleo no varió, en cambio si lo hizo posteriormente al segundo raleo, con un aumento del 30% respecto el crecimiento sin ninguna intervención (ver cuadro 5).

Cuadro N° 5
Análisis del crecimiento de renovales de roble sometidos a raleos

Rodal	CAP (cm)					CAP Pre y Post Raleos (cm)					Edad óptima de raleo	
						1° Raleo		2° Raleo	Período max. crec. post raleo			
	0 a 10 años	11 a 20 años	21 a 30 años	31 a 40 años	Ult. 5 años	5 años Pre	5 años Post	5 años Post	Años	Valor	1	2
Remeco	0,81	1,03	0,99	0,73	1,11	1,01	1,01	1,01	9-13	1,28	13	18
Pidihuil	0,61	0,80	0,84	0,75	0,88	0,82	0,86	0,87	7-11	1,01	22	28
Depósito	0,58	1,02	0,93	0,70	0,68	0,93	0,85	—	1-5	0,85	11	30
Puñir	0,60	0,78	0,83	0,81	0,88	0,84	0,84	0,99	8-12	1,02	16	23
Promedio	0,65	0,91	0,90	0,75	0,89	0,89	0,89	0,96				

(Donoso *et al.*, 1993b)

CAP : Crecimiento Anual Periódico

Otero y Monfil (1994) (citados por Donoso, 1998), proponen la realización de raleos entre los cinco y siete años para el manejo intensivo en renovales de la X Región, aunque estos raleos podrían retrasarse en su realización en zonas de peor calidad o situadas más al norte donde los crecimientos son menores. También Donoso (1988) sugiere aplicar un primer raleo a los 8 años de edad, un segundo a los 13 – 15 años y finalmente a los 20 – 22 años, en el caso de rotaciones de 35 – 40 años. Rocuant (1975) (citado por CONAF, 1998), para renovales de 10 a 15 años de edad señala la necesidad de estabilizar la masa forestal a través de un pre-raleo, y de ahí en adelante sugiere extracciones en intervalos de 10 a 12 años.

3.4. ÁREA POTENCIALMENTE APROVECHABLE

Los índices de competencia se dividen en dos grandes grupos, los que representan la competencia a nivel de rodal o individualmente para cada árbol. Dentro de éstos últimos se pueden distinguir varios grupos, como son los índices independientes de la distancia, índices que dependen de la distancia, índices de área de traslape e índices de competencia de forma poligonal (Flores, 2006).

Algunos ejemplos de índices son las guías de densidad, gráficas que establecen los máximos y mínimos de la ocupación del sitio que una especie puede alcanzar en diferentes diámetros. En éstos, se generan curvas que representan niveles o trayectorias de la densidad a través del desarrollo del bosque, las cuales pueden considerarse herramientas gráficas para definir regímenes silvícolas. Otros serían los índices de densidad a nivel de rodales (IDR) basados en inventarios tradicionales han sido propuestos por autores como Reineke. Éstos no son válidos a la hora de relacionar las densidades individuales con atributos dendrométricos (Uteau, 2003).

También existen otras metodologías propuestas por otros autores, como pueden ser Cottam y Curtis (1956), Pardé y Bouchon (1994), Staebler, Gerrard o Bella (citados por Uteau, 2003).

El uso de polígonos que describen la distribución de la ocupación del sitio es otra de las metodologías experimentadas desde hace años. El más conocido es el APA (Área Potencial de Aprovechamiento), el cual es una herramienta que presenta una interesante posibilidad para calificar de una manera concreta la competencia.

Algunos autores como Moore *et al.* (1973) (citado por Flores, 2006) indican que este índice describe una zona de influencia primaria que incluiría la zona radicular y aérea, en la cual el espacio de crecimiento está limitado por los árboles inmediatamente vecinos.

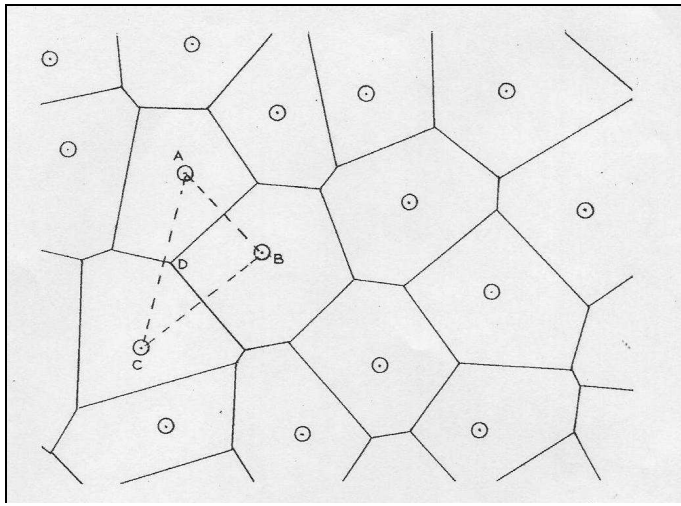


Figura N° 2
Representación del Área Potencialmente Aprovechable (APA)
 (Brown, 1965)

Brown (1965) propone un tipo de polígono irregular basado en las distancias y posición de los árboles vecinos (APA). El método consiste en la determinación de un área alrededor del árbol determinada por puntos situados en las mediatrices de las rectas que unen el árbol sujeto con los vecinos (figura 2). Si bien este índice no explica completamente las diferencias entre los tamaños de los árboles, ya que ignora la habilidad competitiva de los vecinos (TENNET, 1975) (citado por Uteau, 2003), en general, existe cierta correlación entre el tamaño del polígono (área) estimado para cada árbol y el volumen de cada árbol. De este modo, el método se ha visto modificado por diferentes autores Moore et al. (1973) o Johnson (1973) (citado por Prodan *et al.*, 1997) que incluyen el efecto dominante de los árboles con alguna característica superior, área basal y diámetro respectivamente. En el segundo caso, el punto de corte del polígono se situará proporcionalmente al diámetro de los individuos, o sea más cerca del pie que posea un diámetro menor.

La utilización del diámetro transversal como corrector se justifica por presentar una menor varianza que el método original. Igualmente este es uno de los mejores atributos manejables por la silvicultura en el bosque, debido a que su variación en cada caso depende de la densidad (Prodan *et al.*, 1997)

Para el cálculo del punto medio, proporcional al DAP, se aplica la siguiente fórmula:

$$DAP_{medio} = \frac{dap_{sujeto}^2}{(dap_{sujeto}^2 + dap_{competidor}^2)} \times distancia_{sujeto-competidor} \quad [1]$$

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. MATERIALES

4.1.1. Área del estudio

El estudio se realizó en el predio el Picazo, situado en la comuna de San Clemente, provincia de Talca, en la VII Región. Las coordenadas UTM referidas al huso 19 y DATUM 56 son 311.000-311.500 m. Este y 6.069.000-6.068.500 m. Norte.

El Predio tiene una superficie de 720 ha, las cuales están situadas entre los 925 y los 1.450 msnm de altitud. Dicho predio es propiedad de la Corporación Nacional Forestal (CONAF).



Figura N° 3

Mapa de localización del área de estudio.

(Extraído de¹ y elaboración propia)

¹ Fuente: http://www.icarito.cl/medio/lamina/0,0,38035857__152514042,00.html

El predio está situado en un sector alto de la precordillera andina, caracterizado por un clima templado cálido con estación seca prolongada. La precipitación media anual se sitúa entorno a los 980 mm, repartidos entre abril y septiembre, siendo julio el mes más lluvioso con 262 mm. La temperatura media anual es de 14,7 °C, el mes más frío es julio con una media de 8,4 °C y el mes más cálido enero con una media mensual de 22,1 °C (CONAF, 1985).

Los suelos presentes en esta área se han formado a partir depósitos de cenizas provenientes de erupciones volcánicas las que originaron mantos de ceniza recientes, ordenados en capas alternadas con materiales arenosos y/o pedregosos del tipo andésico basálticos (Peralta, 1976).

El terreno se caracteriza por una topografía montañosa con pendientes poco pronunciadas. Predominan los suelos trumaos (Andisoles) de textura franca a franca arcillosa en superficie, con mediana pedregosidad y erosión moderada (Amagada, 2004). Estos trumaos se caracterizan por presentar un horizonte Ah que puede alcanzar los 80 cm de espesor, mucho material orgánico y una intensa actividad biológica. También presentan una alta porosidad, alto contenido de limo, baja densidad aparente y gran capacidad de retención de agua. El espesor habitual de los sedimentos volcánicos con trumaos está entre los 1,0 y 1,5 metros. En dichos suelos existe una alta fijación de fosfatos y niveles de pH ácidos, que fluctúan entre los 4,5 y 5,8 (Veit y Garleff, 1996 citado por Schulze, 2005).

El Tipo Forestal de vegetación presente corresponde al Roble-Hualo, en particular, a los Subtipos bosques andinos de Roble de altura y bosques hidrófilos de quebradas, y al Tipo Forestal Ciprés de la Cordillera (Donoso, 1981a). Según Gajardo (1994) se clasifican en las comunidades *Nothofagus obliqua-Ribes punctatum*, *Austrocedrus chilensis-Nothofagus obliqua* y *Nothofagus dombeyi-Gaultheria phyllyreaefolia*, las que se encuentran dentro de la formación del Bosque Caducifolio de la Montaña, que forma parte de la Sub-Región del Bosque caducifolio Montano y que a su vez pertenece a la Región del Bosque Caducifolio.

4.1.2. Ubicación del área de estudio dentro del predio

El estudio se ubicó en un zona de aproximadamente 20 ha dentro del predio, todas ellas en una zona de renovals de segundo crecimiento provenientes de rebrotes de tocón donde existen áreas intervenidas y otras en las que no se intervino, donde se han realizado los inventarios referentes a las zonas en tratamiento y a las testigo o no intervenidas.

El rodal donde se realizó el inventario está incluido en un bosque puro de roble, constituido por un estrato superior de individuos de avanzada edad (residuales

del bosque original), otro inferior en estado de latizal bajo y un estrato reciente de regenerado.

Actualmente, el área está caracterizada por una elevada densidad, aportada en gran número por el regenerado, presumiblemente fruto de una abundante regeneración natural proveniente de tocón consecuencia del tratamiento silvícola llevado a cabo 11 años atrás. Hoy en día presenta una conformación con copas estrechas y entrecruzadas, y tallos alargados con alturas de hasta 9 metros.

4.1.3. Descripción de la aplicación del año 1998

El bosque comenzó a manejarse silviculturalmente en el año 1998 con un clareo realizado sobre una superficie de aproximadamente 30 ha, en el cual se extrajeron árboles mayoritariamente de las clases diamétricas inferiores, reduciendo el número de pies en un 72 %, y el área basal en 6,52 m²/ha (Schulze, 2005). Posteriormente, la aplicación del clareo se extendería a gran parte de la superficie del predio, con un resultado similar en toda ella.

4.2. MÉTODOS

4.2.1. Diseño muestral para la caracterización dasométrica

4.2.1.1. Colecta de información

Se establecieron un total de 19 parcelas circulares de 51 m² de área distribuidas de forma aleatoria en un área de 20 ha, en donde 14 de ellas fueron parcelas situadas en áreas de intervención en el clareo (parcelas en tratamiento), y las restantes (5 parcelas) corresponden a áreas no intervenidas. Estas últimas se han utilizado para comparar los efectos del clareo 11 años después, ya que reflejaron la evolución natural del bosque sin intervención.

Todas las parcelas presentaron a la vez características similares en cuanto a exposición, pendiente y densidad.

También se han recuperado los datos obtenidos por Schulze (2005) en su estudio para poder realizar una comparación de la misma masa y así poder ver la evolución que ha seguido. Dicho estudio se finalizó en el año 2005 aunque los datos y análisis presentados son referentes al año 2000.

4.2.1.2. Atributos medidos

El análisis dasométrico concerniente al crecimiento poblacional del bosque consistió en la obtención de los parámetros siguientes en cada una de las parcelas:

- Número de pies totales
- Diámetro a la 1,30 metros (DAP) de los árboles con diámetro igual o superior a 3 centímetros
- Sanidad
- Forma

La medición del DAP fue hecha con forcípula y en todos los árboles de la parcela, a menos que estuvieran muertos o que su DAP no superase los 3 centímetros. Los árboles inferiores a este diámetro fueron simplemente contabilizados, y considerados como de diámetro inferior a 3 centímetros.

Tanto la sanidad como la forma, fueron obtenidas para todos los árboles con diámetro superior a 3 centímetros a 1,30 metros de altura.

La determinación de la calidad se realizó en base a la forma y la sanidad de los árboles presentes, asignándoles un código según el estado en el que se encontrasen. La caracterización de la forma se realizó en base a tres criterios:

- Sin presencia de daños (código 1)
- Presencia de daños leves y localizados (código 2)
- Daños graves presentes (código 3)

En cuanto a la sanidad, también fueron tres los criterios seguidos:

- Fuste recto, un solo eje (código 1)
- Fuste sinuoso, bifurcado manteniendo la dominancia de un eje (código 2)
- Fuste tortuoso, con mas de un eje dominante (código 3)

La edad del bosque en cada parcela fue obtenida mediante el análisis de tarugos extraídos a árboles representativos de esta. Dichos árboles son representativos de la parcelas, y se seleccionaron en base a la media entre el DAP mínimo y máximo del conjunto de árboles.

4.2.1.3. Análisis de la información

Se determinaron los parámetros medios poblacionales referentes a la densidad, área basal y diámetro cuadrático medio, junto a la calidad. Esto ha permitido la comparación entre los datos obtenidos en las parcelas intervenidas y las parcelas testigo. Igualmente se han contrastado estos datos con los obtenidos por Schulze (2005) en la misma zona, para así comprobar la evolución que ha seguido la masa en los últimos 10 años, tanto en áreas en tratamiento como áreas sin intervención.

A la vez, también se determinó la ganancia obtenida gracias al clareo 11 años después de realizada la intervención.

La determinación de la calidad fue basada en un promedio entre los códigos asignados a la sanidad y a la forma (cuadro 6). Así, los máximos valores de calidad se obtienen cuando la sanidad y la forma obtienen los mejores valores individuales. A continuación se presenta un cuadro con los valores específicos de calidad obtenidas para todas las combinaciones posibles de puntuación entre la sanidad y la forma.

Cuadro N° 6
Tipo de calidad en función de la sanidad y la forma de los árboles

Sanidad	Forma	Calidad
1	1	1
1	2	1
2	1	2
2	2	2
1	3	3
2	3	3
3	1	3
3	2	3
3	3	3

Una vez obtenidos las puntuaciones de calidad para cada árbol, se obtuvo la calidad media para el total de la parcela y los porcentajes que representa cada una de ellas para el total de los árboles.

4.2.2. Caracterización del estrato objetivo de la silvicultura

Considerando que las intervenciones realizadas por CONAF, se enmarcan en un esquema silvícola para la obtención de productos de calidad, se realizó un análisis

más detallado de la densidad puntual y el crecimiento del grupo codominante y dominante del bosque, que se supone para este trabajo como grupo objetivo de las futuras intervenciones silvícolas.

4.2.2.1. Estimación de crecimientos

El muestreo de parámetros individuales ha consistido en la determinación de los crecimientos anuales periódicos (CAP para el total de los años de vida y para el periodo 2000 a 2009) y corrientes (CAC) de árboles que estuviesen en una condición de codominancia dentro de la parcela, y a la vez presentasen buenas características de forma y vigorosidad. Los incrementos obtenidos se determinaron para el diámetro (centímetros/año), área basal ($\text{m}^2/\text{ha}/\text{año}$ y $\text{m}^2/\text{árbol}/\text{año}$) y volumen ($\text{m}^3/\text{árbol}/\text{año}$ y $\text{m}^3/\text{ha}/\text{año}$). En total fueron 13 los árboles seleccionados, los cuales se encontraban en áreas intervenidas, ya que se pretendió comparar la evolución del crecimiento del bosque actual con los datos aportados por Schulze (2005) y otros autores para condiciones similares.

Los crecimientos se han determinado mediante el análisis de una rodela de cada árbol de la muestra anterior a 30 cm de altura. Estas fueron lijadas para una mayor claridad visual, y luego escaneadas para generar imágenes JPG de alta resolución, las cuales fueron procesadas en ArcView para el conteo de anillos y de los crecimientos correspondientes, según el método usado por Cruz *et al.* (2007).

Las imágenes creadas fueron tratadas para situarlas en una escala real y así poder realizar la medición de los diámetros de una forma más aproximada. Posteriormente se marcó el radio y midió el radio medio sin considerar la corteza del árbol, y se generó una cobertura de línea para crear un segmento por cada anillo de crecimiento. Así, se trazó un segmento perpendicular desde el comienzo hasta el final de la estación. Una vez identificados todos los anillos de crecimiento y comprobado la inexistencia de falsos anillos, se calculó la longitud de cada segmento.

La obtención de los crecimientos anuales periódicos (CAP) en diámetro, área basal y volumen, se determinó mediante la división entre el crecimiento total durante un periodo dado de tiempo y los años de dicho periodo. Los crecimientos corrientes (CAC), se calcularon sobre la base de la diferencia de dimensiones al final y al comienzo del periodo de un año.

Actualmente no existen fórmulas de cubicación de roble para diámetros inferiores a 10 centímetros, con lo que se optó por usar una de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) (Drake *et al.*, 2003). La utilización de esta función implica un error en el cálculo del volumen real, por lo que los resultados son

meramente comparativos entre las áreas intervenidas y las áreas testigo y nunca aceptándolo como el volumen real. Dicha fórmula ha sido escogida por la simplificación en su cálculo (el volumen solamente es dependiente del diámetro) y porque la especie, junto con las fórmulas de cubicación, se asemejan al volumen de un cubo, lo que permite asemejar el volumen calculado para el roble con el real, y así aproximar la comparación de éstos.

La fórmula propuesta es la siguiente:

$$V = 0,001126 \cdot D^{1,84682} \quad [2]$$

Donde:

D: diámetro a 1,30 metros en centímetros

4.2.2.2. Estimación de la densidad puntual

La metodología seguida en la determinación de la densidad puntual corresponde a la propuesta por Prodan *et al.*, (1997), con los fundamentos teóricos de Brown (1965).

Para la determinación de la densidad individual, expresado por el Área Potencialmente Aprovechable (APA), se seleccionaron un total de 13 parcelas en las cuales se identificó el árbol sujeto que representaría el núcleo de la parcela. Todos los robles seleccionados eran del estrato codominante, los cuales representan mejor la competencia sufrida por parte de los vecinos. En ellas fueron medidas las variables diámetro a la altura del pecho (DAP), distancia (L), ángulo (α) y DAP de cada árbol vecino (dap_v).

Las coordenadas azimut de cada árbol (ángulo, distancia) fueron transformadas a coordenadas cartesianas, según los siguientes algoritmos trigonométricos:

$$x_i = L_i * \sin \alpha \quad y_i = L_i * \cos \alpha \quad [3]$$

Donde:

x_i : coordenada x para el árbol “i”

y_i : coordenada y para el árbol “i”

L_i : distancia (m) entre árbol tipo y el vecino “i”

α : ángulo hasta el árbol vecino “i”, transformado a radianes

Con estas coordenadas fueron construidos los polígonos de Thiessen y obtenida la correspondiente área mediante el software ArcMap 9.2. Un polígono de Thiessen se forma sobre un grupo de puntos, por el corte de las mediatrices (líneas formadas por la equidistancia entre los puntos), de manera que cada punto es contenido en un polígono de Thiessen (Cruz *et al.*, 2007).

Para la construcción de dichos polígonos se creó una capa de puntos estructurada espacialmente que representan los árboles de la parcela. La generación de las mediatrices viene determinada por la influencia que ejerce cada árbol por separado sobre su vecino. Así, la mediatriz teórica entre los pies, se ve modificada en favor del pie con más influencia. La variable que determina el peso es el diámetro a la altura del pecho (DAP).

Una vez determinada la línea de corte entre los dos polígonos, distancia “ d_i ”, fue necesario generar un punto en el recorrido entre el árbol sujeto y el vecino a una distancia “ $2*d_i$ ”, y repetir la operación con todos los árboles vecinos.

Los puntos obtenidos fueron calculados mediante los siguientes algoritmos:

$$x_i' = 2 * d_i * \sin \alpha \quad \text{e} \quad y_i' = 2 * d_i * \cos \alpha \quad [4]$$

Donde:

x_i' : coordenada x_i modificada para el árbol vecino “i” en la capa de polígonos Thiessen

y_i' : coordenada y_i modificada para el árbol vecino “i” en la capa de polígonos Thiessen

Definidos los polígonos, la densidad por hectárea de cada árbol tipo se obtiene aplicando la siguiente fórmula:

$$D_i = \frac{10.000}{APA_i} \quad [5]$$

Donde:

D_i : densidad puntual del árbol "i" (árboles/ha)

APA_i : Área Potencialmente Aprovechable del árbol "i" (m^2)

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. EVOLUCIÓN NATURAL DEL BOSQUE

El siguiente análisis consiste en la evaluación del desarrollo del bosque sin la aplicación de la silvicultura. Para ello, se han comparado los datos dasométricos obtenidos en las áreas sin intervención en el año 2009 con los datos referentes a las mismas áreas determinados por Schulze (2005) en el año 2000.

Las clases diamétricas tienen una amplitud de 1 centímetro con el propósito de reflejar al máximo en el análisis los cambios que ha habido en el bosque en los últimos años. Los árboles inferiores a 3 centímetros se han agrupado en una sola clase diamétrica, considerando un diámetro medio de 1,5 centímetros.

Cuadro N° 7
Distribución de la densidad por clases diamétricas en las áreas testigo, en el año 2000 y 2009

Clase diamétrica (cm)	Densidad			
	Testigo 2009		Testigo 2000	
	N/ha	%	N/ha	%
1,5	3.600	42,08	12.900	87,75
3	1.030	12,04	700	4,76
4	1.251	14,62	600	4,08
5	957	11,19	200	1,36
6	530	6,19	100	0,68
7	446	5,21	100	0,68
8	301	3,52	0	0
9	181	2,11	0	0
10	102	1,19	100	0,68
11	40	0,47	0	0
12	76	0,89	0	0
13	40	0,47	0	0
TOTAL	8.554	100	14.700	100

En el cuadro 7 se aprecia como la densidad de las parcelas testigo se distribuye en un mayor número de clases que en el 2000. Aunque la mayoría de los pies siguen acumulándose en las clases inferiores, éstos se distribuyen en 13 clases diametrales, 5 más que en el año 2000. El 90% de la densidad en el año 2000 se encontraba repartida en las dos primeras clases diamétricas, cuando actualmente se

reparte en 6 clases. También se observa la presencia de individuos con diámetros superiores a 10 centímetros.

La disminución de la densidad ha sido considerable teniendo en cuenta que han transcurrido 10 años, periodo en el cual se han perdido alrededor de 6.146 árboles/ha, lo que representa un descenso del 41 %. Este hecho podría deberse a un proceso de mortalidad natural acusado sobretodo en las clases inferiores por la fuerte competencia en el estrato más bajo.

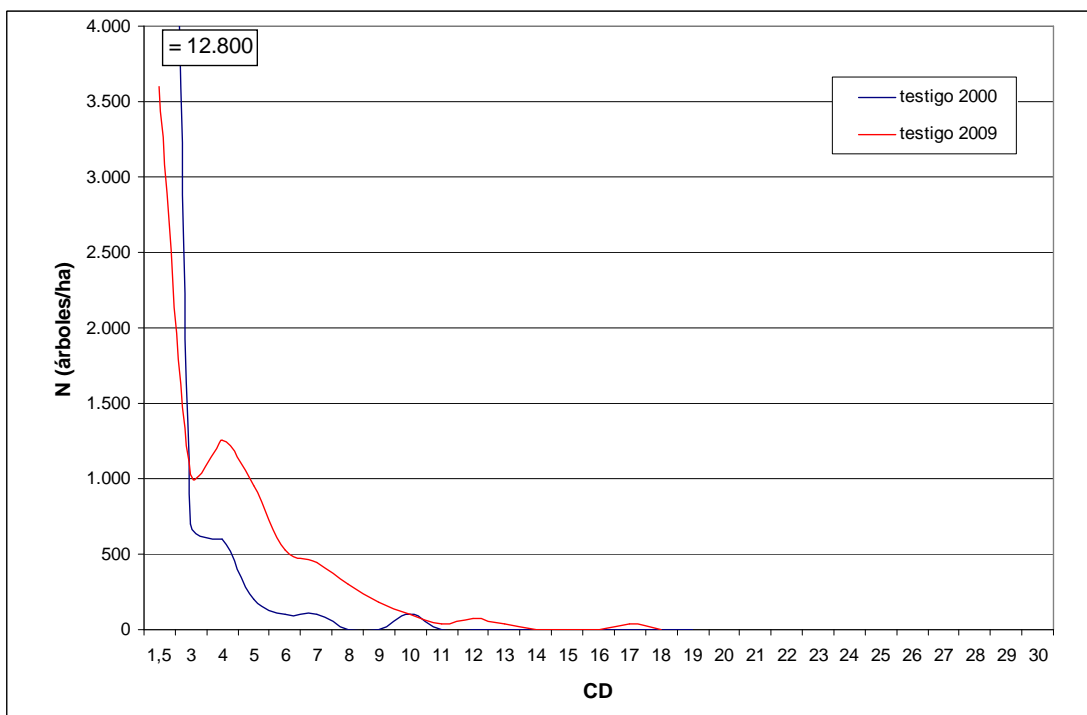


Figura N° 4
Fluctuación de la densidad en las áreas testigo en el año 2000 y en el año 2009

En la figura 4 se muestra como aún existe un reclutamiento de individuos, ya que las dos curvas se inician con un descenso del número de árboles en la segunda clase, aunque en el 2009 es considerablemente menor debido a la existencia de individuos de mayores dimensiones que imposibilitan la entrada de luz. Este hecho se ve reflejado en el segundo pico de la curva bimodal del testigo actual. Al mismo tiempo también es posible que exista un autoraleo de individuos de la clase 3 debido a la sombra proporcionada por los árboles de clases superiores.

Las dos curvas se asemejan a la sección derecha de una campana de Gauss, lo cual es representativo de estructuras coetáneas. En los próximos años es previsible que la incorporación de regenerado se detenga y los picos de las curvas avancen de clase, de forma que se muestre una distribución normal.

En el bosque testigo el diámetro cuadrático medio es de 4,44 cm y en las mismas condiciones 10 años antes, 2,34 cm, con lo que la mejora experimentada por el bosque en condiciones naturales está entorno los 2,1 centímetros.

Cuadro N° 8
Distribución del área basal por hectárea y tratamiento

Clase diamétrica (cm)	AB (m ² /ha)	
	Testigo 2009	Testigo 2000
1,5	0,64	2,26
3	0,73	0,49
4	1,57	0,75
5	1,88	0,39
6	1,50	0,28
7	1,72	0,38
8	1,51	0,00
9	1,15	0,00
10	0,80	0,79
11	0,38	0,00
12	0,86	0,00
13	0,53	0,00
TOTAL	13,27	5,36

El área basal de las áreas sin intervención aumenta considerablemente, pasando de 5,36, en el año 2000, a 13,27 m²/ha en el 2009. En la figura 5 se observa como el pico situado en la clase 10 en el año 2000, 10 años después está situado en la clase 12 con un valor pico similar de AB, pero representando un grupo de árboles mayor (mayor amplitud de la sección de la curva en el año 2009). La mayor diferencia se observa en las clases que van de la 4 a la 9 las cuales aumenta su área basal de 1,81 m²/ha a 9,33 m²/ha. En estas clases ha habido una incorporación importante de los árboles que en el 2000 formaban parte de la clase 1,5 y que han experimentado un proceso de competencia que ha permitido a los mejores individuos destacarse y aumentar su diámetro de una manera considerable.

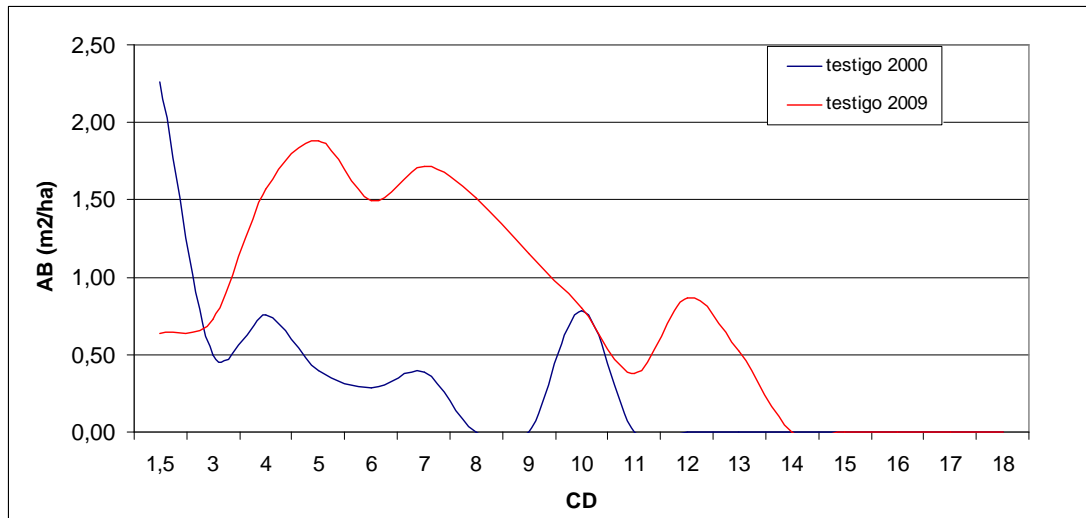


Figura N° 5
Fluctuación del área basal en las áreas sin intervención en los años 2000 y 2009

La evolución natural del bosque ha permitido acumular en las áreas no intervenidas un total de 8,55 m²/ha en los últimos 10 años, lo que se traduce en una ganancia de 0,85 m²/ha/año

5.2. EFECTO DEL CLAREO EN EL PERIODO DE ESTUDIO

El efecto que ha tenido el clareo sobre el bosque ha sido determinado mediante la comparación de las variables obtenidas en las áreas no intervenidas y las intervenidas por la actuación silvícola del año 1998. El análisis incorpora los resultados obtenidos por Schulze (2005) en cuanto a ganancia obtenida en el año 2000. También se comparan los bosques intervenidos y no intervenidos en el año 2009.

5.2.1. Periodo del 1998 al 2000

Este apartado se ha elaborado a partir de los datos aportados por Schulze (2005).

Cuadro N° 9
Distribución de la densidad por clases diamétricas según tratamiento y año

Clase diamétrica (cm)	Densidad			
	Intervenido 2000		Testigo 2000	
	N/ha	%	N/ha	%
1,5	1.867	36,53	12.900	87,75
3	622	12,16	700	4,76
4	1.067	20,87	600	4,08
5	711	13,91	200	1,36
6	489	9,57	100	0,68
7	133	2,60	100	0,68
8	222	4,34	0	0
9	0	0	0	0
10	0	0	100	0,68
TOTAL	5.111	100	14.700	100

La densidad en los rodales intervenidos es notablemente inferior a la densidad de las zonas no intervenidas. Este hecho fue debido a la aplicación del clareo, el cual redujo la densidad en aproximadamente un 65% como se puede ver en el cuadro 9. El clareo redujo las 4 clases menores (por lo bajo) y permitió que se distribuyeran los árboles de manera más homogénea a lo largo de todas las clases diamétricas.

La disminución del área basal ocasionada por el clareo fue recuperada en los años precedentes a la intervención, así las zonas intervenidas, en el 2000 presentaban un área basal de 6,52 m²/ha y las testigo 5,37 m²/ha, con lo que la diferencia ya era de 1,15 m²/ha. La alta concentración de individuos en las clases inferiores ha imposibilitado el crecimiento de la masa sin intervención, al contrario que las intervenidas, donde la considerable liberación de competencia permitió recuperar en pocos años la diferencia con las áreas testigo.

El diámetro cuadrático medio era en el 2000 de 4,03 cm en las áreas en tratamiento y 2,16 en las testigo. Este aumento de casi el doble del valor se debe a la extracción de individuos correspondientes a las clases menores y a la respuesta en crecimiento de los árboles residuales.

Por su parte, la calidad experimentó una mejora importante gracias al clareo, aumentando el porcentaje de árboles de calidad 1 en un 17 % respecto áreas no intervenidas, con una distribución homogénea de esta calidad a lo largo del rango diametral.

5.2.2. Periodo del 1998 al 2009

El inventario dasométrico realizado ha permitido la comparación entre las densidades de las parcelas testigo y las intervenidas en el clareo, 11 años después de su aplicación.

Cuadro N° 10
Distribución de la densidad por clases diamétricas en las áreas testigo y las áreas intervenidas en el año 2009

Clase diamétrica (cm)	Densidad			
	Testigo 2009		Intervenido 2009	
	N/ha	%	N/ha	%
1,5	3.600	42,08	8.897	64,40
3	1.030	12,04	1.023	7,40
4	1.251	14,62	1.052	7,61
5	957	11,19	711	5,14
6	530	6,19	654	4,73
7	446	5,21	469	3,39
8	301	3,52	441	3,19
9	181	2,11	142	1,03
10	102	1,19	156	1,13
11	40	0,47	156	1,13
12	76	0,89	43	0,31
13	40	0,47	43	0,31
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	0	0	14	0,10
17	0	0	0	0
18	0	0	14	0,10
TOTAL	8.554	100	13.814	100

Las áreas testigo presentaron una densidad que está distribuida principalmente entre las cuatro primeras clases diamétricas, las cuales agrupan al 80 % de los árboles presentes. En las áreas intervenidas este porcentaje aumenta hasta casi el 85 % como se observa en el cuadro 10. Este hecho se debe a la incorporación masiva de regenerado después del clareo realizado, cuando los espacios abiertos permitieron la entrada de luz bajo el dosel residual, lo que ha posibilitado la retoñación de los tocones.

El hecho de que la regeneración haya sido tan numerosa podría indicar dos situaciones: que las cepas están en perfecto estado, ya que ha sido común encontrar varios vástagos rebrotando del mismo tocón, y que la intensidad del clareo ha sido elevada, ya que el roble se presenta como una especie intolerante, con lo cual la luz necesaria para su desarrollo es importante.

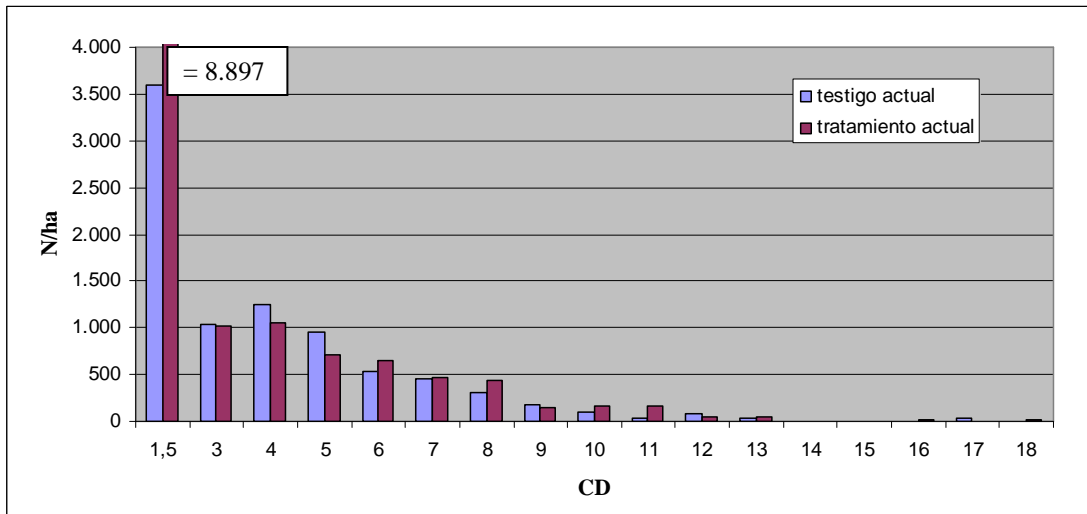


Figura N° 6
Histograma de frecuencias diamétricas en el tratamiento intervenido y testigo

El histograma de la figura 6 muestra como actualmente, en las clases diamétricas 3, 4 y 5 (a excepción de las clases 9 y 12), la densidad es superior en las áreas testigo que en las intervenidas. Este hecho se debe a que el clareo realizado se concentró en la extracción de árboles de dichas clases cuando formaban parte de la más inferior, dejando intactas prácticamente a las clases superiores.

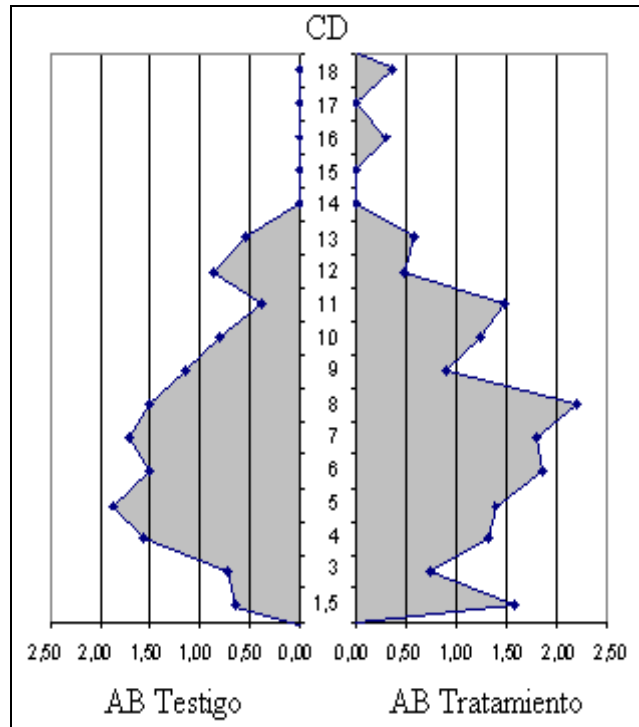


Figura N° 7
Comparativa entre la acumulación de biomasa entre las áreas
intervenidas y testigo en el año 2009

Después de once años de realizada la intervención el área basal de las áreas testigo se acumula en clases diamétricas más bajas que en las áreas intervenidas y en un número menor de árboles. La diferencia en el año 2009 entre áreas intervenidas y testigo es de 2,92 m²/ha (27,6%) más en las intervenidas, valor indicativo de no han habido pérdidas en la acumulación de biomasa por efecto de la reducción de la densidad.

5.2.3. Evolución entre los periodos de evaluación del área intervenida

En este subcapítulo se analiza la evolución que ha seguido el bosque intervenido en los últimos 10 años.

La incorporación de regeneración se ha dado principalmente en los últimos años, ya que en las parcelas inventariadas por Schulze (2005), el número de árboles presentes en las clases diamétricas más bajas es significativamente menor a la que se muestra actualmente (ver cuadro 11).

Cuadro N° 11
Distribución de la densidad por clases diamétricas en el año 2000 y el año 2009
en las áreas intervenidas en el clareo.

Clase diamétrica (cm)	Densidad			
	Intervenida 2009		Intervenida 2000	
	N/ha	%	N/ha	%
1,5	8.897	64,40	1.867	36,53
3	1.023	7,40	622	12,16
4	1.052	7,61	1.067	20,87
5	711	5,14	711	13,91
6	654	4,73	489	9,57
7	469	3,39	133	2,60
8	441	3,19	222	4,34
9	142	1,03	0	0
10	156	1,13	0	0
11	156	1,13	0	0
12	43	0,31	0	0
13	43	0,31	0	0
14	0	0	0	0
15	0	0	0	0
16	14	0,10	0	0
17	0	0	0	0
18	14	0,10	0	0
TOTAL	13.814	100	5.111	100

La densidad presente hace 10 años fue de 5.111 árboles/ha, y actualmente los árboles presentes son 13.814 con lo que se han incorporado un total de 8.703 árboles/ha (64,40 % de árboles respecto el total). La densidad actual sin contabilizar los individuos de la primera clase diamétrica (1,5) es de 4.917 arb/ha, igual valor que hace 10 años, indicativo de que no han habido pérdidas de árboles en este periodo.

Desde el 2000 al 2009 se han incorporado árboles entre dos clases diamétricas (1,5 y 3) y los que ocupaban dichas clases se han desplazado hasta las siguientes. Las clases diamétricas que más han aumentado su densidad en los últimos 10 años han sido la 7 y 8.

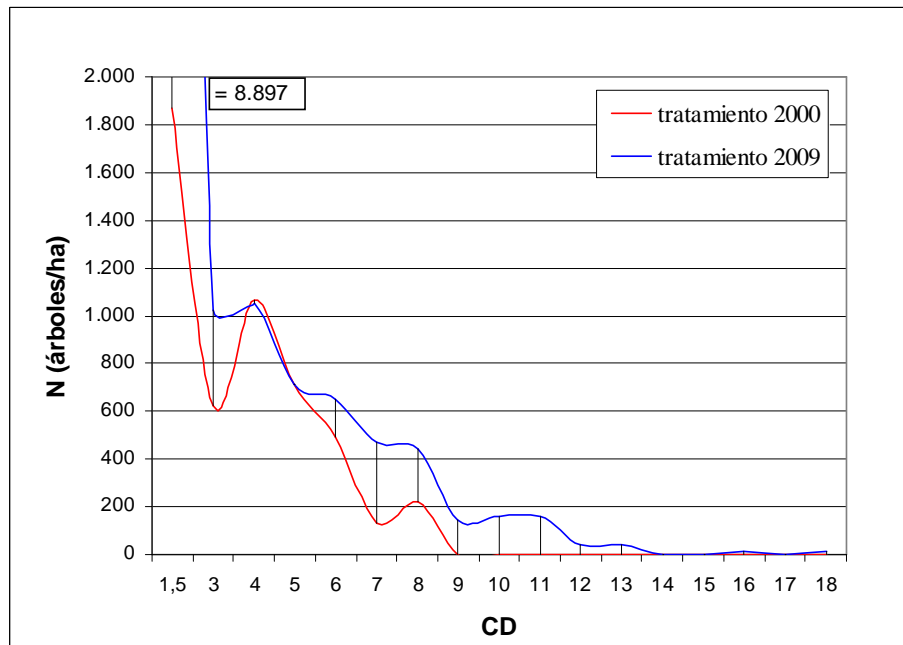


Figura N° 8
Fluctuación de la densidad en los tratamientos en el año 2000 y 2009

En la figura 8 se observa como ha aumentado la densidad de las clases superiores como era de esperar. Igualmente se ha suavizado el segundo pico del año 2000 ocasionado por el clareo, de forma que se asemeja más al sector derecho de una distribución normal, propia de estructuras coetáneas.

En el año 2009, el conjunto del bosque intervenido presenta un diámetro cuadrático medio de 3,86 cm, levemente inferior al obtenido por Schulze (2005) de 4,03 cm. Este hecho se debe al elevado número de pies inferiores a 3 cm que presenta el bosque en este momento. Sin considerar estos individuos, el diámetro aumenta hasta los 6,47 cm, que serian los árboles residuales después de la intervención analizados por Schulze (2005). Este dato indica la mejora obtenida en el bosque gracias a la intervención, donde se han acumulado 2,44 centímetros en 10 años.

Las zonas intervenidas presentan en el año 2009 un total de 16,19 m²/ha en área basal, 9,67 m²/ha más que las mismas zonas 10 años antes. Por tanto la mejora experimentada por el bosque se sitúa entorno los 0,967 m²/ha/año.

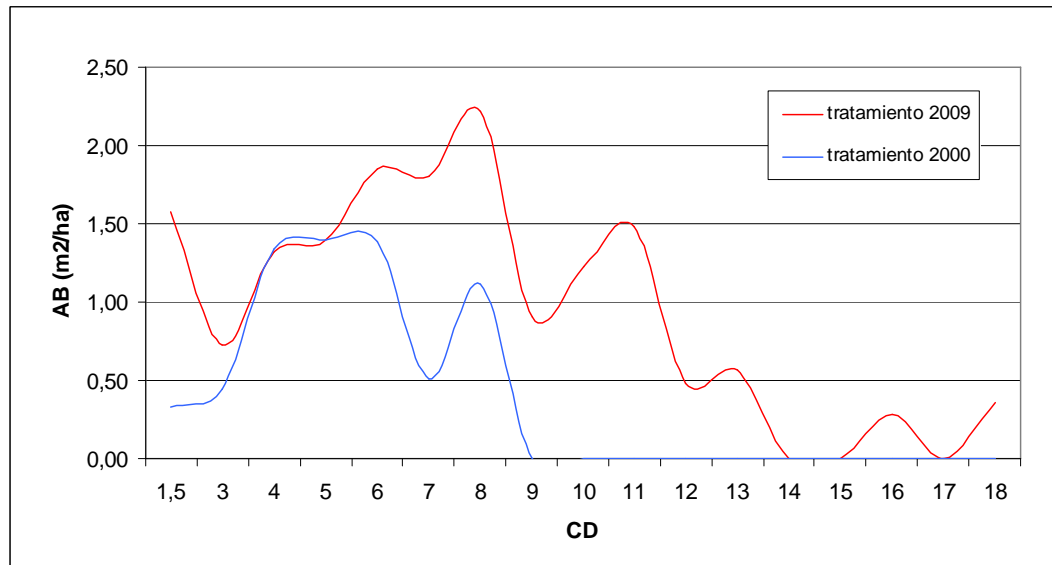


Figura N° 9
Fluctuación del área basal en áreas intervenidas para los años 2000 y 2009

En la anterior figura, se aprecia como la mayor acumulación de biomasa en las áreas intervenidas ha pasado de concentrarse en las clases 4, 5 y 6 (63,19 % del total), a situarse los máximos en las clases que van de la 6 a la 8 (36,2 %). Igualmente se observa como las dos curvas de tratamiento siguen un mismo patrón con dos picos marcados, que se han desplazado con el tiempo.

En las áreas en tratamiento en el año 2009 se observa como ha habido una mayor ocupación del sitio, con una cantidad menor de árboles y biomasa acumulada en diámetros superiores respecto el tratamiento del 2000.

La mejora entre las áreas intervenidas y las testigo en el mismo año 2009, se hace más notable a medida que el bosque se envejece. Así, la diferencia entre estas zonas ha pasado de ser de 1,16 m²/ha en el año 2000, a 2,92 m²/ha en el año 2009.

5.3. CALIDAD

La obtención de la calidad de los árboles se ha realizado como combinación del estado sanitario y de la forma de los individuos. La evaluación de ésta entraña un grado de subjetividad importante, aunque es un dato de gran interés porque da fe del estado en que se encuentran los futuros productos que se pretenden extraer del bosque. Al mismo tiempo nos indica el desarrollo que está teniendo el bosque y la efectividad que han tenido intervenciones anteriores.

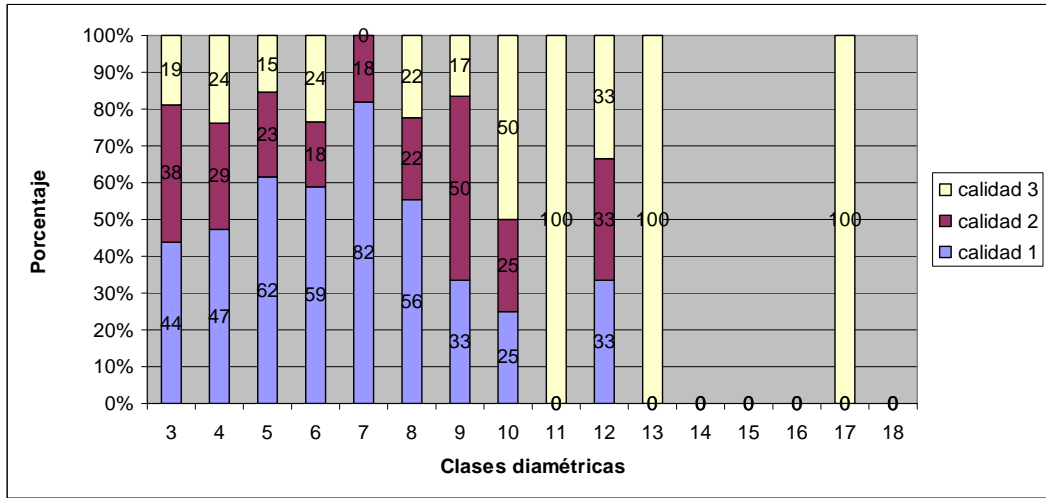


Figura N° 10
Porcentaje de calidad por clases diamétricas en el tratamiento testigo en el año 2009

En las áreas no intervenidas se observa como los individuos de clase inferior a 9 centímetros, en el año 2009 se muestran mayoritariamente de calidad 1. A partir de dicha clase, la calidad empeora no superando el 33% de árboles de calidad 1.

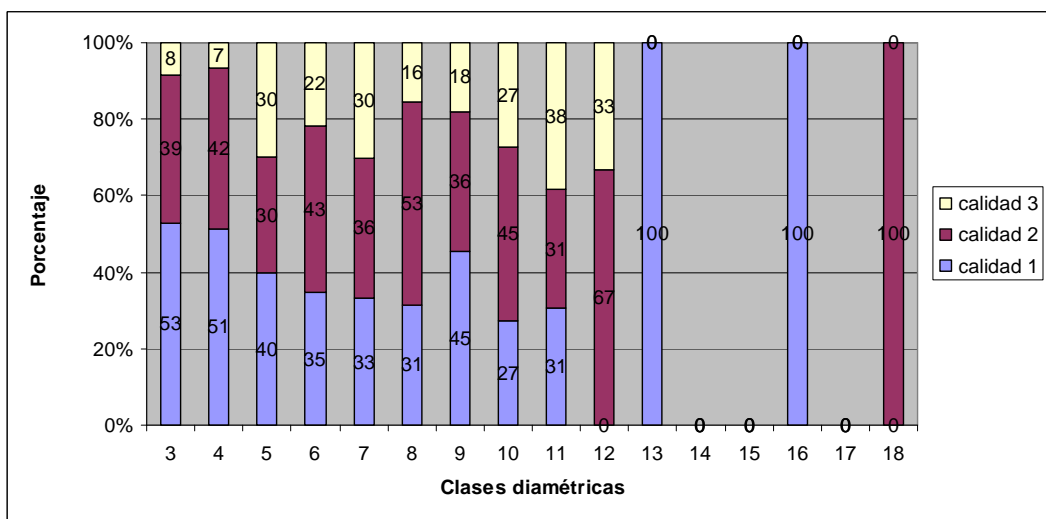


Figura N° 11
Porcentaje de calidad por clases diamétricas en el tratamiento intervenido en el año 2009

Actualmente la calidad del bosque ha empeorado respecto hace 10 años (ver cuadro 12). Este hecho puede ser debido a dos motivos: en el clareo se extrajeron los árboles de las clases inferiores y suprimidos, por lo tanto no hubo selección de árboles por calidad, aunque el hecho de eliminar los suprimidos aumentó el porcentaje de árboles residuales de calidad 1 y 2. De este modo, árboles de calidad 1 en el 2000, han pasado a formar parte de la calidad 2 y 3 en la actualidad; en muchas situaciones, los árboles presentaban una doble guía, (el roble es propenso a ello en situaciones de campo abierto o sin fuerte competencia interespecífica según indica Donoso (1981)) debido a que el clareo redujo la densidad dejando espacios libres que el árbol aprovechó para aumentar su copa y hacer dobles flechas. En la mayoría de situaciones se han producido en los últimos años, ya que en el estudio de Schulze (2005), en el año 2000 la calidad del bosque residual era mayoritariamente 1. Posteriormente, a medida que los árboles han crecido y ocupado el sitio, han ido ejerciendo competencia.

Cuadro N° 12
Porcentajes de tipos de calidad por tratamiento

	Tratamiento 2009 (%)	Testigo 2009 (%)	Tratamiento 2000 (%)
CALIDAD 1	42	51	62
CALIDAD 2	40	28	17
CALIDAD 3	18	21	21

Los árboles de calidad 3 se han mantenido constantes en número, no así los de calidad 1 y 2, con lo cual ha habido un trasvase de árboles de la calidad 1 a la 2, de alrededor de un 20%.

En próximas intervenciones se debería atender a criterios de calidad, entre otros, para seleccionar los árboles futuros que llegaran al final del turno.

5.4. CARACTERIZACIÓN DEL ESTRATO OBJETIVO DE LA SILVICULTURA

5.4.1. Densidad Puntual

En la figura 12 se muestra la representación de los polígonos de Thiessen junto con los árboles sujetos y los vecinos, en dos situaciones de competencia distintas.

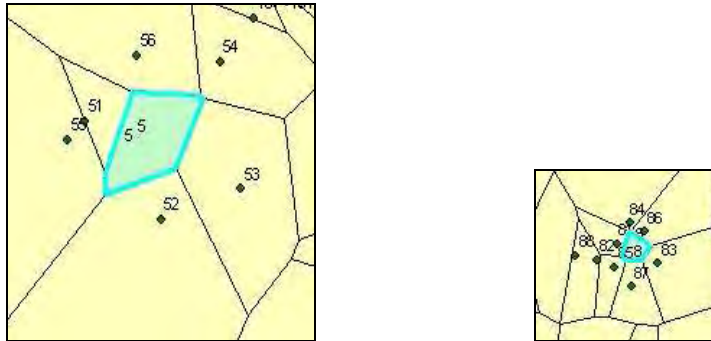


Figura N° 12
Representación del Área Potencialmente Aprovechable

El APA promedio para el conjunto de los árboles dominantes y codominantes, que razonablemente podría ser el estrato objetivo de la silvicultura, es de $6,12 \text{ m}^2$, lo que se traduce en una densidad puntual de 1.634 árboles/ha. Tomando en cuenta que la densidad total obtenida del inventario dasométrico es 4.917 árboles/ha sin contar los árboles inferiores a 3 centímetros, se aprecia como la densidad del estrato superior de los árboles dominantes y codominantes equivale a un 33 % del total.

En general, es posible afirmar que el Área Potencialmente Aprovechable en esta zona para roble en edad promedio de 19 años varía, en posición de dominantes y codominantes, entre $2 \text{ y } 5 \text{ m}^2$, equivalente a una densidad puntual de 2.000 a 5.000 pies/ha. En estas densidades, el crecimiento oscila entre los 3 y 5 mm/año.

5.4.2. Crecimiento

Para el análisis de crecimiento se utilizaron árboles del estrato superior de las áreas intervenidas. Además este análisis se compone del crecimiento hasta la edad final (CAP para el total de años de vida) y del desarrollo en los últimos diez años.

5.4.2.1. Crecimiento en diámetro

La edad media de los árboles extraídos para el análisis del crecimiento fue de 19 años y el rango de edad en el que fluctuó la muestra varió entre 18 y 21 años.

El crecimiento medio periódico (CAP) para todos los años de vida obtenido es de $0,46 \text{ cm/año}$, superior al obtenido por Schulze (2005), de $0,41 \text{ cm/año}$, aunque menor que el obtenido por diversos autores para la misma especie (Donoso, 1988; Castillo, 1992 y Donoso *et al.*, 1993b), los cuales se sitúan en un rango entre $0,40 \text{ y } 0,80$

cm/año. También son inferiores a otros estudios realizados fuera de Chile (Christie *et al.*, 1974 citado por Donoso, 1978b). Castillo (1992) afirma que crecimientos de 0,3 a 0,4 cm/años son la situación más común, por lo que crecimientos superiores a 0,5 cm/año para los últimos 10 años pueden calificarse como buenos.

El hecho de ser menores que en muchos de los estudios, podría ser consecuencia de la estación en la que están presentes, ya que la zona de estudio se sitúa casi en el límite latitudinal norte de distribución del roble. Según Donoso *et al.* (1993a), los crecimientos aumentan conforme la distribución se sitúa más al sur

Cuadro N° 13
Valores estadísticos descriptivos para el incremento medio periódico
(2000-2009)

Tratamiento	Promedio (mm/año)	CV (%)	Mínimo	Máximo
Intervenido	4,66	15,35	3,47	6,26

En la figura 13 se puede observar como es a partir del año 2003 cuando el crecimiento comienza a disminuir. En ese momento el crecimiento en diámetro se encuentra en un valor de 5,6 mm/año, aunque es a partir del año 2006 cuando el descenso es más acusado, pasando de 4,99 mm/año en ese año a un valor de 2,4 mm/año en el 2009.

El máximo crecimiento sucedió en el año 2003, correspondiente entre los 12 y 14 años de vida. Donoso *et al.* (1993b) determinó en su estudio que el máximo crecimiento sucedió entre los 7 y 11 años.

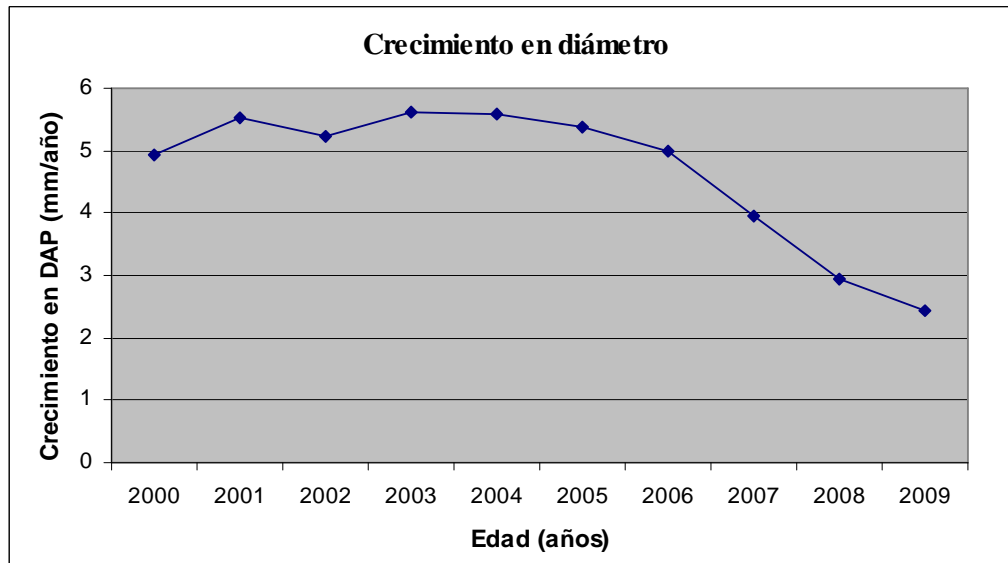


Figura N° 13
Desarrollo del CAC en diámetro en los últimos 10 años

El crecimiento en diámetro se inicia en el año 2000 con un ascenso, resultado de la aplicación de la intervención, la cual propició la liberación de los individuos y la mejora en su desarrollo. Aún así, se observa (figura 13) como entre el periodo vegetativo comprendido entre el año 2002 y 2003 se generó una disminución del crecimiento no acorde con la tendencia seguida en los años anteriores y posteriores. Este hecho podría ser debido a que el año 2003 fue considerado un año con sequía extrema en la zona de Talca por efecto del evento frío La Niña. En dicho año las precipitaciones disminuyeron un 33%, hasta los 452 mm/año, cuando la media está en los 676 mm/año (CINTRA, 2010).

5.4.2.2. Crecimiento en área basal

El incremento periódico en área basal en el periodo 2000-2009 fue de 0,80 m²/ha/año. El crecimiento anual periódico para todos los años de vida es de 0,59 m²/ha/año y los valores máximo y mínimo son 0,16 y 2,09 m²/ha/año respectivamente, aunque en la mayoría de situaciones, los valores se encuentran entre los 0,51 y 1,31 m²/ha/año.

Diferentes autores han analizado el crecimiento en área basal en robles, aunque en estados de desarrollo mas avanzados, como Pincheira (1993), el cual obtuvo incrementos superiores que se sitúan entre los 0,43 y 1,18 m²/ha/año en la IX Región en árboles con promedios diametrales de 10 a 30 cm y rangos de edad entre

37 y 42 años. Rocuant (1969) obtuvo también incrementos superiores en la Cordillera de Nahuelbuta con 1,2 m²/ha/año y Puente *et al.*, (1979) con valores entre 1,4 a 2,6 m²/ha/año en las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia. Estos autores realizaron sus estudios en áreas más meridionales donde las precipitaciones son más abundantes y las estaciones más favorables para el crecimiento del roble.

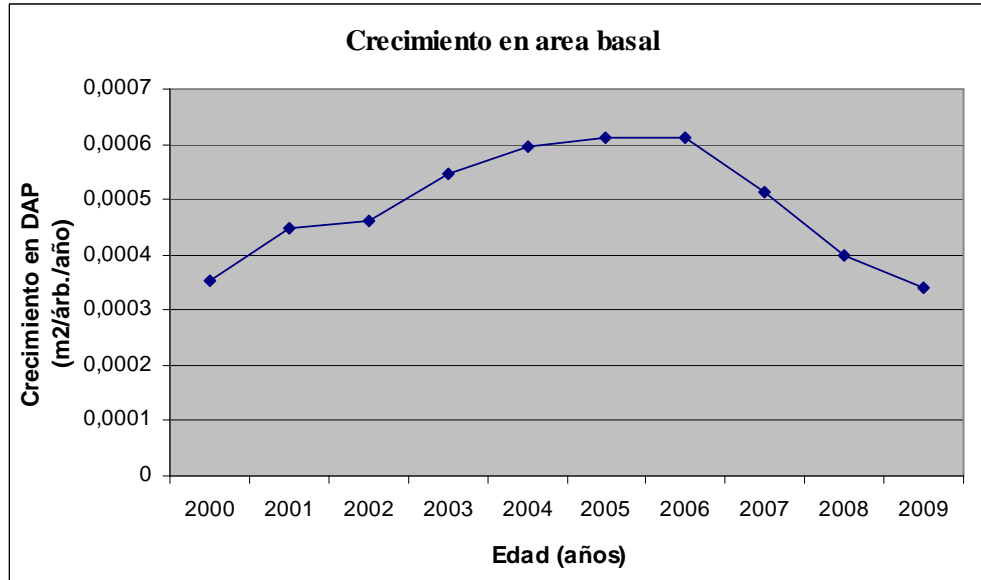


Figura N° 14
Desarrollo del CAC en área basal en los últimos 5 años

La figura 14 muestra como entre el año 2000 y el 2006 el incremento corriente en área basal se mantiene ascendente, y es a partir del año 2006 cuando disminuye ostensiblemente producto posiblemente de la competencia ejercida por la masa. Igualmente se observa una ralentización del crecimiento en el año 2002 por igual motivo que el expuesto en el apartado anterior.

5.4.2.3. Crecimiento en volumen

En el cuadro 14 se muestran los incrementos periódicos en volumen obtenidos para el total de años de vida y para el periodo 2000-2009.

Cuadro N° 14
Valores medios, mínimos y máximos del crecimiento en volumen

	Promedio	Mínimo	Máximo
CAP ₁ en volumen	7,86	1,89	26,50
CAP ₂ en volumen	6,01	1,65	21,08

CAP₁: crecimiento anual periódico en m³/ha/año (2000-2009)

CAP₂: crecimiento anual periódico en m³/ha/año (total los años de vida)

Los crecimientos en volumen obtenidos son levemente inferiores a los obtenidos por De Camino *et al.*, (1974) (citado por CONAF, 1998), entre 5 y 14,3 m³/ha/año, Puente *et al.*, (1979), entre 8 y 15 m³/ha/año, Donoso (1988), entre 4 a 18 m³/ha/año y Paredes (1982) y Soler (1979) (citados por CONAF, 1997), con medias de 10 m³/ha/año.

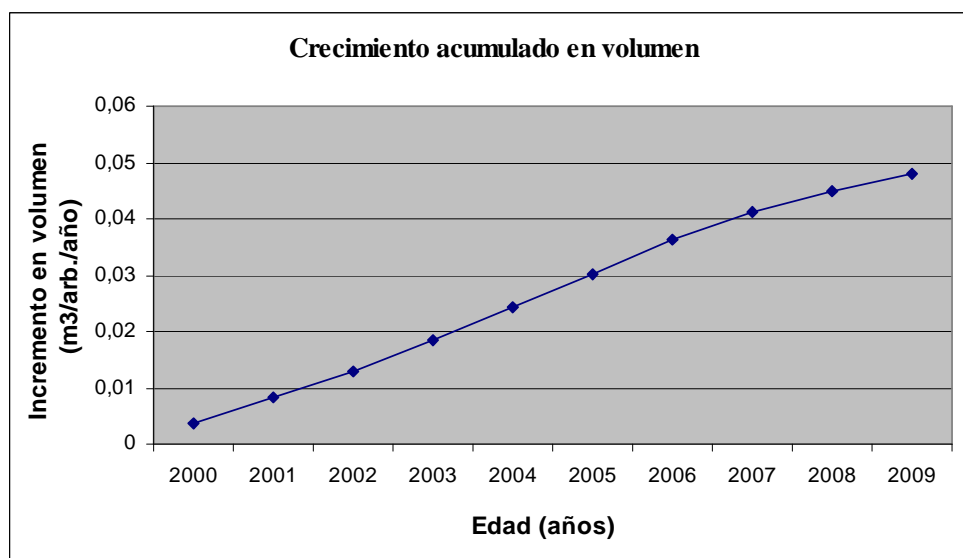


Figura N° 15
Desarrollo del crecimiento acumulado en volumen

En la curva de crecimiento total acumulado (sin corteza) de la Figura 15, se aprecia una forma semejante a la sección derecha de una curva sigmoidea, en donde su último tramo presenta una desaceleración del crecimiento más acusada, llegando hasta 0,048 m³/arb/año.

5.5. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

En capítulos anteriores se ha evidenciado la disminución del crecimiento tanto en diámetro como en área basal de los árboles dominantes y codominantes. En el estudio de Schulze (2005), la densidad se sitúa en 5.111 árboles/ha, superior a los valores recomendados por Rocuant (1969) y otros autores para clareos en renovales de roble. Este hecho posiblemente ha sido determinante para que 11 años después el bosque se encuentre en un estado en que el crecimiento está disminuyendo considerablemente en el estrato superior. Así, se puede afirmar que existe la necesidad de realizar una intervención que libere a los individuos del dosel superior, estrato objetivo de la silvicultura, de los árboles con peores características para favorecer el desarrollo de los restantes hasta el final del turno.

Diversos autores coinciden en que para estos estados de desarrollo, el raleo tendría que bajar la densidad a niveles de 1.000 a 2.300 árboles/ha liberando los individuos dominantes y codominantes de sus competidores, sin extraer más del 30 o 40% de área basal de dicho estrato.

Donoso (1988) propone rebajar la densidad con raleos entorno los 1.000 a 1.500 árboles/ha y el área basal entre 12 y 15 m²/ha, dependiendo de las situaciones y la productividad y a la espera de otro futuro raleo que deje una densidad final de entre 600 y 800 árboles/ha. Méndez (2000), en su estudio de diagramas de control de densidad para roble en el sector de Vilches Alto, próximo al predio el Picazo, determinó el peso de raleos para bosques con rangos de diámetros comprendidos entre 7,1 y 10 cm, y entre 10,1 y 15 cm, aconsejando dejar 1.800 y 1.000 árboles/ha respectivamente.

Considerando los datos obtenidos y las recomendaciones de otros autores expuestos, es aconsejable practicar raleos con los siguientes criterios orientativos:

- Tipo de raleo: El raleo deberá realizarse según el criterio selectivo o con selección de árboles futuro con el fin de favorecer a los mejores árboles dominantes y codominantes del bosque.
- Densidad: La densidad final en el dosel superior deberá ser inferior a 1.634 árboles/ha ya que a esta densidad se ha descubierto como el crecimiento disminuye considerablemente. Esta densidad implica que se debieran buscar espaciamientos superiores a 2,5 metros entre árboles.
- Calidad: visto que la calidad del bosque en éstos momentos no es buena, se deberían eliminar los árboles de calidad 3 del dosel superior, para así mejorar la calidad residual del bosque.

- Árboles lobo: en el raleo se deberían eliminar los árboles emergentes, los cuales amenazan con ocupar excesivamente el sitio, sombreando en exceso al resto de árboles y sometiendo a una competencia excesiva.

La eliminación de los pies suprimidos no comportaría una mejora en el crecimiento ni en la calidad del estrato superior. Así, con la no sustracción del dosel inferior, se dejaría protegido el suelo con individuos suprimidos para así evitar la posible entrada de más regenerado que comportaría la transformación de la estructura a semiregular, además de cumplir una importante función ecológica y de protección del fuste, y favorecer la poda natural.

En la intervención se deberían eliminar los árboles de calidad 3 (peor calidad) que forman parte de las clases diamétricas que comprenden el dosel superior (clases de la 7 a la 18). Sería recomendable también, eliminar árboles de calidad 3 entorno a árboles de la clase 6, ya que esta clase es la reserva de árboles futuros en caso de pérdidas de algún seleccionado. También se eliminarían los individuos emergentes, los cuales ocupan las clases 14 y 18.

Así, la densidad final del dosel superior se reduciría hasta los 1.330 árboles/ha, con un área basal en dicho estrato de 8,04 m²/ha (28% de extracción de área basal).

En la figura 16 se observa el efecto de la intervención en la distribución de la densidad por clases diamétricas en el dosel superior una vez aplicado el raleo.

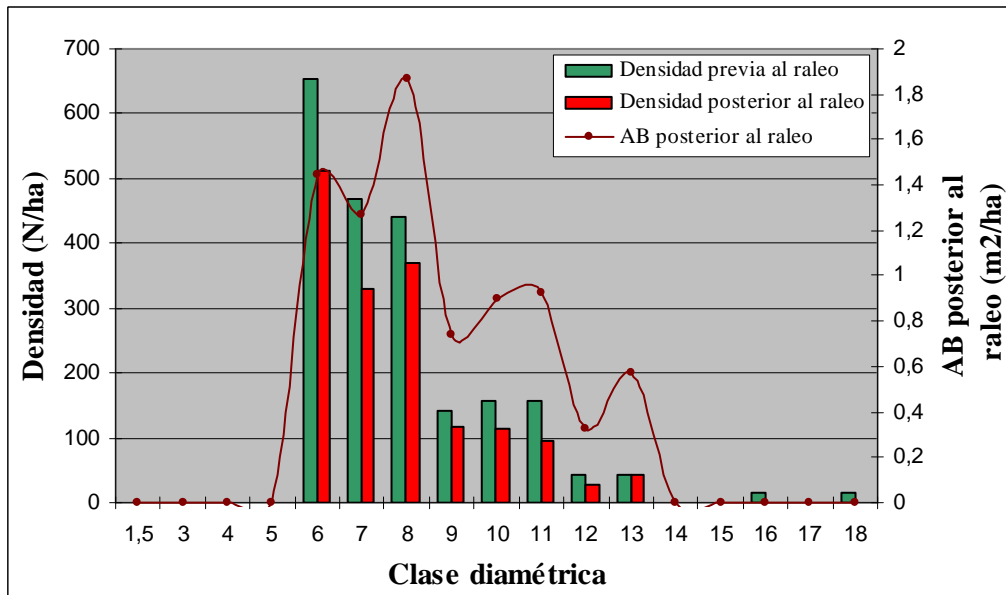


Figura N° 16
Distribución de la densidad y área basal por clases diamétricas después del raleo

Se podría pensar en un segundo raleo ejecutado a la edad de 30 años aproximadamente que dejase una densidad final de 1.000 árboles/ha o inferior, dado el crecimiento que presentan los robles en esta zona.

6. CONCLUSIONES

La intensidad del clareo provocó una alta concentración de árboles en clases diamétricas inferiores, equivalente a un 65% del total.

La densidad en las áreas intervenidas se ha mantenido constante desde hace 10 años sin contar la incorporación de regenerado, y en condiciones naturales ha disminuido un 41% respecto hace 10 años, probablemente por un proceso de mortalidad natural en las clases más bajas.

En este tipo de bosques existe aún reclutamiento de individuos a la edad de 19 años, tanto en las áreas intervenidas como en las testigo, siendo menor actualmente en las testigo que en las intervenidas.

La ganancia en área basal experimentada por el bosque después de 10 años respecto áreas sin intervenir ha sido del 67%, 10,83 m²/ha.

La calidad del bosque ha empeorado respecto hace 10 años, en las mismas áreas. Así, han pasado de tener un 62% de árboles de calidad 1 a un 42%, motivado en muchos de los casos por la doble flecha que presentaban los árboles.

El crecimiento en los últimos años está disminuyendo, ya que en el año 2005, el crecimiento en diámetro era de 0,54 cm/año y en el año 2009 había disminuido la mitad, hasta los 0,24 cm/año.

En el Predio el Picazo sería recomendable un raleo que disminuyese la densidad del dosel superior, ya que el crecimiento está reduciéndose considerablemente. El raleo se concentraría en la extracción de los individuos de calidad 3 del dosel superior y en los árboles emergentes. En dicha intervención, se disminuiría la densidad a 1.300 árboles/ha con una extracción del 28 % del área basal.

7. BIBLIOGRAFIA

Anónimo, 2009. Mapa físico VII Región. [en línea] [http://www.icarito.cl/medio/lamina/0,0,38035857__152514042,00.html], [consulta: 24 agosto 2009]

Brown, G., 1965. Point density in stems per acre. Nueva Zelanda. New Zealand Forest Service. Forestry Research Institute. Forestry Research Notes. No. 38. 14 p.

Castillo, F., 1992 Caracterización, estudio dendrológico y proposición de intervenciones silvícolas para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*), Cordillera de la Costa, IX Región. Tesis Ing. For. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 74 p.

CINTRA, 2010. Resumen de datos meteorológicos de Talca. [en línea] [http://www.citrautalca.cl/html/agroclimatologia/resumen_datos_meteorologicos_talca.html], [Consulta: 22 enero 2010]

CONAF, 1985. Área de protección Radal – 7 Tazas. Informe Técnico. Departamento Áreas Silvestres Protegidas. 22 p.

CONAF, 1997. Monografía del Roble (*Nothofagus obliqua*). Convenio CONAF/INFOR. Santiago, Chile. 60 p.

CONAF, 1998. Experiencia Silvicultural del Bosque Nativo de Chile. Recopilación de Antecedentes para 57 Especies Arbóreas y Evaluación de Prácticas Silviculturales. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo. Editorial Publicaciones Lo Castillo, Santiago, Chile. 420p.

CONAF, 2009. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. [en línea] [http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=1ce16f9029593429f704d1da70599910&unidad=0&], [Consulta: 4 septiembre 2009]

Cruz, P.; Honeyman, P.; Pezo, A., Schulze, C. 2007. Análisis de crecimiento de árboles maduros de lenga (*Nothofagus pumilio*) en bosques de la XII Región, Chile. Bosque 28(1): 18-24

Drake, F.; Emanuelli, P.; y Acuña, E. 2003. Compendio de funciones dendrométricas del bosque nativo. Universidad de Concepción - Proyecto Conservación y manejo sustentable del bosque nativo CONAF- KFW- DED - GTZ. Santiago, Chile. 197 p.

Donoso, C., 1978a. Variación y tipos de diferenciación en poblaciones de Roble (*N. obliqua*). Bosque 3 (1): 69-70.

_____. 1978b. La silvicultura de *Nothofagus* en Chile. [monografías]. Universidad de California. Departamento de Silvicultura y Conservación. Berkeley, CA. 102 p.

_____. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 38. Investigación y desarrollo forestal. CONAF-FAO. 70 p.

_____. 1994. Bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 485 p.

Donoso C.; Cortés, M.; y Escobar, B., 1992. Técnicas de vivero y plantaciones para Roble (*Nothofagus obliqua*). Documento técnico 62. Chile Forestal. 8 p.

Donoso, C.; Gallo, L.; Donoso, P. y Azpilicueta, M., 2004. Variación de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. (Roble, Coyán, Hualle o Pellín). Capítulo 4. En Variación Intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 420 p.

Donoso, P., 1988. Caracterización, crecimiento y proposiciones silviculturales para comunidades de *Nothofagus* en el área de protección Radal Siete Tazas, VII Región. Tesis, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 102 p.

Donoso, P., 1989. Aspectos ecológicos para la Silvicultura de los renovales. Santiago, Chile. Corma, 207: 38-41.

Donoso, P.; Donoso, C.; y Sandoval, V., 1993a. Proposición de zonas de crecimiento de renovales de roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en su rango de distribución natural. Bosque 14(1): 33-55.

Donoso, P.; Monfil, T.; Otero, L.; y Barrales, L., 1993b. Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales de especies nativas en el área andina de las Provincias de Cautín y Valdivia. Ciencia e Investigación Forestal, 7(2): 253-287

Flores, M. 2006. Crecimiento y calidad de plantaciones de *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. Et Mil. en distintas exposiciones y situaciones de competencia en la Provincia de Valdivia. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 50 p.

- Gajardo, R., 1994. La Vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria, Santiago. 165 p.
- Grosse, H., 1989. Renovales de roble, raulí, coihue y tepa. Expectativas de rendimiento, Ciencia e Investigación Forestal 3(6): 37-72. 1989
- Grosse, H. y Cubillos, V., 1991. Antecedentes generales para el manejo de renovales de raulí, roble, coigue y tepa. Informe Técnico N° 127. INFOR, Concepción, Chile. 50 p.
- Grosse, H. y Quiroz, I., 1998. Silvicultura de los bosques de segundo crecimiento de Roble, Raulí y Coigue en la región centro-sur de Chile. Capítulo 4. En Silvicultura de los Bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 1999. 423 p.
- Lara, A.; Donoso, C.; Donoso P.; Nuñez, P.; y Cavieres, A., 1998. Normas de manejo para raleo de renovales del tipo roble-raulí-coigüe. En: C. Donoso y A. Lara (eds): *Silvicultura de los bosques nativos de Chile*, pp. 129-144. Editorial Universitaria, Santiago de Chile.
- Méndez, M., 2000. Diagrama de control de densidad para *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst. en el sector de Vilches Alto, VII Región. Los Ángeles. Tesis, Ingeniero de Ejecución Forestal. Universidad de Concepción. 30 p.
- Muñoz, M., 1980. Flora del Parque Nacional Puyehue. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 557 p.
- Núñez, P. y Peñalosa, R., 1986. Evaluación del estado actual y proposición de manejo de los renovales de Raulí y Roble intervenidos en los predios Jauja y Santa Luisa, Forvesa. Informe Final, Serie Técnica. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 101 p.
- Peralta, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Servicio Agrícola y Ganadero Santiago, Chile. 197 p.
- Pincheira, M., 1993. Evaluación de raleos aplicados en un renoval de Raulí (*Nothofagus alpina*) y roble (*Nothofagus obliqua*) ubicado en el fundo Jauja, Provincia de Malleco, IX Región. Tesis, Ingeniero Forestal. Valdivia. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 65 p.
- Prodan, M.; Peters, R.; Cox, F. y Real, P., 1997. Mensura Forestal. Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible. IICA/BMZ/GTZ. Litografía e Imprenta LIL S.A. San José, Costa Rica. 561 p.

Puente, M.; Donoso, C.; Peñaloza, R. y Morales, E., 1979. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de raulí (*Nothofagus alpina*) y roble (*Nothofagus obliqua*). Etapas I: identificación y caracterización de renovales de raulí y roble. CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Serie Técnica. Informe de Convenio N° 29.

Rocuant, L. 1969. Raleos en renovales de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb). Oerst.) y Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp, et Endl.) Oerst.) en la Cordillera de Nahuelbuta. 1969. 8 p.

Rocuant, L. 1975. Raleo en renovales de roble y raulí. Situación actual y posibilidades futuras de manejo de los renovales en Chile. Actas del primer seminario. Corporación Nacional Forestal.

Rodríguez, R.; Matthei, O. y Quezada, M., 1983. Flora arbórea de Chile. Universidad de Concepción, Concepción, Chile. 408 p.

Schulze, C. 2005. Evaluación de la aplicación de un clareo en roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst) en el predio el Picazo, VII Región, Chile. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Mayor, Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago. Chile. 51p.

Uteau D. 2003. Desarrollo inicial de Laurel (*Laurelia sempervirens*) y Ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas. Valdivia. Tesis, Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 40 p.

Vita, A., 1996. Los tratamientos silviculturales. Santiago de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 147 p.