

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
**ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES**  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

**CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO DE REBROTOS DE  
DIFERENTES EDADES, EN UN MONTE BAJO CLAREADO DE  
QUILLAY (*Quillaja saponaria* Mol.),  
EN EL SECANO INTERIOR DE LA VI REGIÓN.**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Forestal

**MARÍA DE LOS ÁNGELES REYES CAMPOS**

Profesor Guía: Ing. Forestal, Dr., Sr. Gustavo Cruz Madariaga

**SANTIAGO – CHILE.  
2006**

**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES  
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO DE REBROTOS DE DIFERENTES  
EDADES, EN UN MONTE BAJO CLAREADO DE QUILLAY (*Quillaja saponaria*  
Mol.), EN EL SECANO INTERIOR DE LA VI REGIÓN.**

Memoria para optar al Título  
Profesional de Ingeniero Forestal

**María de los Ángeles Reyes Campos**

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Gustavo Cruz M.	6,5	.....
Prof. Consejera Sra. Maria Teresa Serra V.	6,5	.....
Prof. Consejero Sr. Sergio Donoso C.	6,8	.....

SANTIAGO – CHILE

2006

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis mas sinceros agradecimientos a mi profesor guía el Ingeniero Forestal Dr. Sr. Gustavo Cruz Madariaga, por todo su apoyo, a mis profesores consejeros Profesora Sra. Maria Teresa Serra V., y al Ingeniero Forestal Dr. Sr. Sergio Donoso C. Agradezco también, a la Corporación Nacional Forestal (CONAF), Provincial Colchagua, VI Región, por toda la ayuda técnica otorgada; y especialmente al Ingeniero Forestal Sr. Guillermo Navarro Vidal, por la iniciativa, gran apoyo y dedicación a la investigación realizada.

Agradezco además a todos aquellos que de una u otra manera hicieron posible la realización de la presente memoria de título.

## RESUMEN

Esta memoria presenta una caracterización del desarrollo de rebrotes de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) de diferentes edades, bajo un esquema silvicultural de manejo de monte bajo, en la zona del secano interior de la Provincia de Colchagua, en la VI Región de Chile.

Se estudiaron bosques mixtos esclerófilos, donde los individuos de quillay fueron cosechados selectivamente en el pasado, para la obtención de corteza. Los ensayos se instalaron en el año 2002, en rodales con edades del rebrote de 2, 4, 6 y 8 años, y éstos se controlaron anualmente, caracterizando las cepas y los rebrotes cuantitativamente (cantidad, diámetro, altura y edad) y cualitativamente (origen biológico, sanidad y dominancia).

La intensidad del clareo fue entre un 25-80% del área basal del total de cepas originales, la mayor intensidad fue aplicada a los rebrotes de 2 años y la menor a los de 8 años.

Después de 2 años, se observa una sobrevivencia de los rebrotes mayor al 70%, donde cepas sanas presentaron muy buena retoñación (96%), mientras que aquellas de gran tamaño y con problemas sanitarios no retoñaron. El origen biológico de los rebrotes fue mayoritariamente epicórmico (80%).

Aquellos rebrotes de cepas que fueron intervenidos presentaron, en promedio, un mayor desarrollo en diámetro y altura que aquellos no-intervenidos.

Los crecimientos medios anuales, en diámetro, altura, área basal y biomasa total de los rebrotes, fueron: 0,5-1,8 cm/año, 0,5-0,8 m/año,  $0,80 \times 10^{-4}$ - $0,19 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/año y 2,2-4,6 kg/año, respectivamente. Los mayores crecimientos se registraron en rebrotes de 2 años de edad, y los menores en rebrotes de 8 años.

La mejor respuesta al clareo, en cuanto a las variables cuantitativas, se obtuvo en los rebrotes de 2 años de edad, mientras para las variables cualitativas la edad que mejor reaccionó fue la de 4 años.

En general se observó la tendencia, de que cuando más tempranamente es clareada la cepa, mayor es la reacción en crecimiento y calidad de los rebrotes.

**Palabras claves:** monte bajo, producción biomasa, *Quillaja saponaria*, rebrote

## SUMMARY

This memory presents a characterization (tipify) of different age *quillay* (*Quillaja saponaria* Mol.) sprouts developed under a silvicultural method of management, the coppice. This was in the inner dry land of the Province of Colchagua, VI Región, Chile.

The study area was a natural mixed-forest of the forestry type "esclerófilo". To obtain the bark, the quillay individuals were harvested in the past by a selective cut. At the moment of the plots establishment (year 2000), the stands had stools with sprouts of either 2, 4, 6 and 8 years old. The test-plots were controlled yearly, characterizing the stools and the sprouts according to quantitative variables, such as quantity, diameter, height and age, and qualitative variables, such as biological origin, healthy and dominance status.

Thinning intensity was a 25-80% of total basal area of initial stools, the biggest was applied in 2 years old sprouts, and the smaller in 8 years old sprouts.

After two years of observations, results show a sprout survival larger than 70%. Healthy stool showed a re-growth of 96%, while not healthy stool did not show any re-growth. The biological origin of the sprouts was mostly epicornic (80%).

In, under management stool, sprouts show a biggest diameter and height development than not under management sprouts.

The average growth for diameter, height, basal area, and total biomass of the sprouts were between 0,5-1,8 cm/yr; 0,5-0,8 cm/yr;  $0,80 \times 10^{-4}$  -  $0,19 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/yr; and 2,2-4,6 kg/yr, respectively. Biggest growths were in 2 years old sprout, and smaller in 8 years old sprouts.

Regarding the quantitative variables measured, the best response to the thinning occurred in the 2 years old sprouts while in respect to the qualitative variables, the best response occurred in the 4 years old sprouts.

If stools were thinned earlier, the response in both, growth and quality, were better, than stools thinned at later stages.

**Key words:** biomass production, coppice, *Quillaja saponaria*, sprout

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 ANTECEDENTES SOBRE <i>QUILLAJA SAPONARIA</i> .....	2
2.1.1 Taxonomía de la especie.....	2
2.1.2 Distribución geográfica.....	2
2.1.3 Aspectos ecológicos.....	3
2.1.4 Usos e importancia económica.....	4
2.2 ANTECEDENTES SOBRE SILVICULTURA DE MONTE BAJO.....	8
2.2.1 Silvicultura de monte bajo.....	8
2.2.2 Silvicultura de monte bajo en Chile.....	11
2.2.3 Crecimiento de quillay en bosques naturales.....	12
2.2.4 Crecimiento de quillay con manejo de monte bajo.....	13
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	14
3.1 MATERIAL.....	14
3.1.1 Ubicación e intervenciones pasadas de los ensayos.....	14
3.1.2 Características ambientales de los ensayos.....	15
3.1.3 Intervención silvícola aplicada a los ensayos.....	17
3.2 MÉTODO.....	18
3.2.1 Caracterización del desarrollo y crecimiento del rebrote.....	18
3.2.2 Caracterización del desarrollo y crecimiento en biomasa del rebrote.....	22
3.2.3 Identificación de la edad óptima del clareo.....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	23
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL REBROTE.....	23
4.1.1 Intensidad del clareo.....	23
4.1.2 Capacidad de retoñación en relación al tamaño y sanidad de las cepas.....	24
4.1.3 Origen biológico de los rebrotes.....	27
4.1.4 Supervivencia de los rebrotes.....	28
4.1.5 Desarrollo de los rebrotes.....	29
4.1.6 Comparación rebrotes intervenidos versus no-intervenidos.....	30
4.1.7 Crecimiento de los rebrotes.....	31
4.1.8 Dominancia de los rebrotes.....	33
4.1.9 Rectitud de los rebrotes.....	34

4.1.10 Dirección de los rebrotes .....	35
4.2 CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO EN BIOMASA DEL REBROTE .....	37
4.2.1 Desarrollo en biomasa total de los rebrotes .....	37
4.2.2 Crecimiento en biomasa total de los rebrotes .....	38
4.2.3 Desarrollo en biomasa por componente de los rebrotes.....	39
4.2.4 Crecimiento en biomasa por componente de los rebrotes.....	40
4.3 IDENTIFICACIÓN DE LA EDAD ÓPTIMA PARA EL CLAREO .....	41
5. CONCLUSIONES .....	43
6. BIBLIOGRAFÍA.....	45
7. APÉNDICES.....	53

## INDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 ANTECEDENTES SOBRE QUILLAJA SAPONARIA .....	2
2.1.1 Taxonomía de la especie .....	2
2.1.2 Distribución geográfica .....	2
2.1.3 Aspectos ecológicos .....	3
2.1.4 Usos e importancia económica .....	4
2.2 ANTECEDENTES SOBRE SILVICULTURA DE MONTE BAJO .....	8
2.2.1 Silvicultura de monte bajo.....	8
2.2.2 Silvicultura de monte bajo en Chile.....	11
2.2.3 Crecimiento de quillay en bosques naturales .....	12
2.2.4 Crecimiento de quillay con manejo de monte bajo.....	13
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	14
3.1 MATERIAL .....	14
3.1.1 Ubicación e intervenciones pasadas de los ensayos.....	14
3.1.2 Características ambientales de los ensayos .....	15
3.1.3 Intervención silvícola aplicada a los ensayos.....	17
3.2 MÉTODO .....	18
3.2.1 Caracterización del desarrollo y crecimiento del rebrote .....	18
3.2.2 Caracterización del desarrollo y crecimiento en biomasa del rebrote .....	22
3.2.3 Identificación de la edad óptima del clareo .....	23
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	23
4.1 CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL REBROTE .....	23
4.1.1 Intensidad del clareo.....	23
4.1.2 Capacidad de retoñación en relación al tamaño y sanidad de las cepas.....	24
4.1.3 Origen biológico de los rebrotes .....	27
4.1.4 Supervivencia de los rebrotes .....	28
4.1.5 Desarrollo de los rebrotes.....	29
4.1.6 Comparación rebrotes intervenidos versus no-intervenidos.....	30
4.1.7 Crecimiento de los rebrotes.....	31
4.1.8 Dominancia de los rebrotes .....	33
4.1.9 Rectitud de los rebrotes .....	35
4.1.10 Dirección de los rebrotes .....	35
4.2 CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO EN BIOMASA DEL REBROTE .....	37
4.2.1 Desarrollo en biomasa total de los rebrotes .....	37
4.2.2 Crecimiento en biomasa total de los rebrotes .....	38
4.2.3 Desarrollo en biomasa por componente de los rebrotes.....	39
4.2.4 Crecimiento en biomasa por componente de los rebrotes.....	40
4.3 IDENTIFICACIÓN DE LA EDAD ÓPTIMA PARA EL CLAREO .....	41
5. CONCLUSIONES .....	43
6. BIBLIOGRAFÍA .....	45
7. APÉNDICES .....	53

## 1. INTRODUCCIÓN

Las formaciones vegetacionales nativas en Chile han sufrido una intensa degradación en los últimos siglos, debido a una explotación del recurso, que no ha considerado un sistema de manejo silvicultural sostenible. Así la región ecológica, denominada según Gajardo (1994), “Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo”, ubicada entre la IV y VIII Región, ha sido una de las más degradadas a escala nacional.

*Quillaja saponaria* Mol. (quillay), árbol endémico que se distribuye en dicha región, es considerado uno de los árboles de mayor relevancia forestal de la zona semiárida de Chile por el uso de su biomasa en la obtención de saponina, materia prima de múltiples productos industriales (San Martín y Briones, 1999). Quillay es una especie capaz de desarrollarse en áreas que no registran un uso forestal alternativo, y se caracteriza por una alta plasticidad ecológica, y una buena capacidad de retoñación.

Para el aprovechamiento sustentable de su biomasa con fines industriales, se han desarrollado esquemas silviculturales de monte bajo, que aprovechan la totalidad de la biomasa leñosa del árbol (Cruz, 2000). Sin embargo, las experiencias respecto de la respuesta al manejo de monte bajo para la especie son todavía escasas y locales.

Realizar un uso sustentable de este recurso forestal implica conocer la dinámica natural de su regeneración por semillas y vegetativa, así como también el manejo de los rebrotes, método y edad de corta, oportunidad del clareo de los rebrotes, entre otros aspectos silviculturales.

En virtud de lo anterior, esta memoria persigue caracterizar el desarrollo de rebrotes, de cepas clareadas de quillay, de diferentes edades, bajo un esquema silvicultural de manejo de monte bajo, en el seco interior de la VI Región.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ANTECEDENTES SOBRE *Quillaja saponaria*

#### 2.1.1 Taxonomía de la especie

*Quillaja* cuenta con tres especies sudamericanas, las cuales pertenecen al Orden Rosales, Familia Rosaceae, Sub-familia Spiroidea. *Quillaja saponaria* Mol., “quillay”, corresponde a una fanerófita siempreverde de hojas esclerófilas. Es un árbol de hasta 15 metros de altura y 1 metro de diámetro. Las hojas son simples, alternas, brillantes debido a la gruesa capa de cera que las recubre, de forma oblonga, coriáceas, de color verde claro y bordes ligeramente dentados. Se reconoce fácilmente por la nervadura amarillenta que recorre la lámina foliar. Las flores son hermafroditas, pentámeras, de pétalos blancos y con todos sus elementos estrellados; son terminales y crecen formando inflorescencias de tipo corimbo. Los frutos, luego de madurar, permanecen secos y abiertos en el árbol, correspondiendo a pentafolículos estrellados. Las semillas son aladas, y presenta una dispersión anemócora. La época de floración del quillay ocurre entre los meses de diciembre y enero, y la época de maduración de sus frutos entre marzo y abril (Donoso y Cabello, 1978; Ibáñez, 1981; Montenegro, 2002).

#### 2.1.2 Distribución geográfica

Quillay, presenta su origen endémico en Chile, crece entre la IV y VIII Región de Chile, tanto en las cordilleras como en el valle central, hasta los 2.000 m.s.n.m. (Ibáñez, 1981; Montenegro, 2002).

Sin embargo, Cruz y Palma (1999) señalan que las formaciones vegetacionales en que participa quillay se encuentran distribuidas entre la provincia de Limarí (IV Región) y Malleco (IX Región), desde la zona norte de Ovalle hasta la zona norte de Angol, alcanzando una superficie de 1.475.842 hectáreas, las que representan, aproximadamente, el 2% del territorio nacional. Esta superficie corresponde mayoritariamente a praderas y matorrales (80%), y sólo un 19% a bosque nativo. Sin embargo, es importante destacar que en sólo un 16% (230.605 hectáreas) de ésta superficie total, quillay se encuentra como especie dominante.

### 2.1.3 Aspectos ecológicos

Quillay es una especie perteneciente a la “Región del Matorral y del Bosque Esclerófilo”, la cual se extiende a través de la zona central de Chile. Esta región, presenta condiciones climáticas del tipo denominado mediterráneo, es decir, inviernos fríos y lluviosos con veranos cálidos y secos, y donde las precipitaciones aumentan progresivamente de norte a sur (Gajardo, 1994).

Quillay es un árbol adaptado a climas secos y cálidos y por ello se encuentra en toda la zona central en sitios muy variados, desde los valles fuertemente asoleados, hasta las partes altas de los cerros con poca vegetación, no obstante, los asoleamientos fuertes los soporta bastante bien cuando se encuentra en condiciones topográficas favorables, como son quebradas o bajos de ladera, donde cuenta con mayor humedad. Es una especie poco tolerante a la sombra, y sólo ocupa los sectores más altos en las laderas cuando estas son sombrías. Crece muy bien en sitios frescos y húmedos, pudiendo soportar nieves y heladas. Así, las condiciones de sitio más favorables, para el desarrollo del quillay, son la posición topográfica de piedmont, conos de deyección, laderas, sectores altos sombríos y llanos. La exposición norte es favorable con precipitaciones de 800 mm, en quebradas o bajos de ladera, y la exposición sur con precipitaciones de 300 mm (Ruiz de Gamboa, 1986; Vita, 1990; Montenegro, 2002).

Quillay, no es muy exigente en cuanto a suelos, puede crecer en suelos pobres, degradados y con pendiente, aunque su mayor desarrollo lo alcanza en suelos profundos y planos. La textura del suelo es una variable muy relevante, ésta debe ser arcillosa, especialmente en el horizonte B, para retener la humedad por más tiempo, también debe considerarse la erosión, profundidad del horizonte A y profundidad efectiva. Así, los suelos más favorables para el desarrollo de la especie, son los graníticos, las texturas arcillosas, especialmente en el horizonte B, los horizontes bastante desarrollados, y los suelos con buen drenaje (Ruiz de Gamboa, 1986; Vita, 1990; Benedetti *et al.*, 2000).

Quillay registra un número de semillas por kg entre 120.500-244.000, y 90% de capacidad germinativa sin tratamiento. En condiciones de laboratorio, a temperaturas entre 10-25°C se registra una capacidad germinativa de entre 89-94%, en tanto a 5°C la germinación es lenta, y a 35°C letal (Donoso y Cabello, 1978; Cabello y Wiberg, 2006).

Además de la regeneración natural por semillas, quillay es una especie capaz de regenerarse vigorosamente después del fuego, gracias a la presencia de lignotuber, característica que la constituye en una especie dominante del matorral de la zona central de Chile (Montenegro, 2002).

En el valle central constituye la asociación mixta con *Acacia caven*, *Lithraea caustica*, *Trevoa trinervis*, *Schinus polygamus* y *Peumus boldus*, más al sur aparece formando bosque abierto asociado con *Peumus boldus*. En la precordillera y en su límite altitudinal forma parte, como especie secundaria, del bosque mixto (Rodríguez *et al.*, 1983; Gajardo, 1994).

Debido a su escasez y amenazas sobre sus poblaciones, quillay es catalogado como una especie con problemas de conservación en la IV Región, en categoría vulnerable. Sin embargo, ésta no se encuentra incluida en el listado nacional de especies con problemas de conservación (CONAF, 1989).

#### **2.1.4 Usos e importancia económica**

La importancia económica del quillay radica principalmente en la alta concentración de saponinas de sus tejidos, principalmente en la corteza, las cuales tienen una gran cantidad de usos. El término saponina se aplica a un grupo de productos naturales que tienen en común la propiedad de formar una espuma abundante y persistente cuando se agitan en agua. Se les ha detectado en más de 500 géneros de plantas. Las saponinas se clasifican en dos amplios grupos según la naturaleza química de sus sapogeninas: esteroidales y triterpénicas. Las primeras tienen interés farmacéutico dado que se pueden convertir en hormonas sexuales, anticonceptivas, agentes anabólicos y drogas del tipo de la cortisona. Entre las triterpénicas más importantes desde el punto de vista industrial se tienen las obtenidas de *Panax ginseng* (el ginseng), con los que se elabora una amplia gama de productos, y las de *Quillaja saponaria*. Así, las saponinas de quillay son tensoactivos, es decir actúan sobre la tensión superficial, naturales de gran demanda

como materia prima de múltiples productos industriales, su aprovechamiento forestal constituye una actividad de relevancia en la zona mediterránea de Chile Central (Ibáñez, 1981; Cruz *et al.*, 2000; San Martín, 2000).

Históricamente la saponina fue extraída exclusivamente de la corteza del quillay, a pesar de que todos los componentes arbóreos contienen saponina (Toral, 1983; Rosende, 1990). Sin embargo, este tipo de extracción ha originado una subutilización del recurso, desde el punto de vista económico (Cruz, 2000).

La corteza de quillay se destaca por su alto contenido de saponina, cercano al 30%, en comparación con el de otras especies que oscila en alrededor de un 1% (Ibáñez, 1981).

Según Toral (1983) el contenido de saponina bruta es de un 11,6% en la corteza, un 10,0% en las ramas, un 8,8% en el fuste y un 6,1% en las hojas, mientras que Rosende (1990) sostiene que la corteza del quillay contiene hasta un 20% de saponina, ramas y ramillas un 10% y el fuste entre un 6-9%. Por otro lado, Blackburn (1998), determinó que el contenido de saponina varía entre un 6,5-15,8% en la corteza, un 5,8-14,4% en las ramillas y un 2,7-9,3% en el fuste de la especie. Montenegro (2002), señala que la corteza de quillay contiene un 7% de saponina. Así, debido a que quillay posee contenidos de saponina bruta posibles de utilizarse industrialmente, en la actualidad existe un proceso industrial de obtención de saponina, que utiliza toda la biomasa leñosa del árbol (Cruz *et al.*, 2000). De lo anterior cabe destacar que las estimaciones de concentración de saponinas en quillay son muy variables, según el método utilizado, los órganos utilizados, la época de recolección, la procedencia, etc.

Por otro lado, el quillay está siendo utilizado, recientemente, como árbol urbano, en asentamientos urbanos y semiurbanos, en áreas de recreación, prados y sitios arbolados (FAO, 2006). Además de su interés como especie melífera.

Los principales usos tradicionales en Chile para el quillay se muestran en el Cuadro 1 y Figura 1.

**Cuadro 1. Principales usos tradicionales de *Quillaja saponaria* en Chile**

<i>Usos tradicionales</i>	<i>Descripción</i>
Combustible	Fabricación de leña y carbón.
Artesanía y utilitarios	Confección de estribos, tallados, bateas y otros utensilios artesanales.
Detergente y champú artesanal	Utilización, principalmente, de la corteza para la elaboración en forma casera de detergente para el lavado de ropa, y de champú para el lavado de pelo.
Producción apícola	Producción de néctar, "miel de quillay", debido a cualidades de sus flores.
Producción silvopastoral	Protección del ganado, contra efectos climáticos negativos.
Paisajístico y ornamental	Ornamentación, por su follaje, verde-amarillento y brillante, además de sus flores blanquecinas.
Producción de hojarasca	Obtención de tierra de hoja.
Medicinal	Elaboración en forma casera de infusión para tratar la artritis, y de expectorante.

Fuente: Benedetti *et al.* (2000); Ibáñez (1981).



**Figura 1. Estribo confeccionado en madera de quillay**

Según San Martín y Briones (1999) existen aproximadamente 200 referencias científicas sobre aplicaciones industriales de la *saponina* de quillay, cuyos usos más frecuentes se pueden observar en el Cuadro 2 y Figura 2.

**Cuadro 2. Principales aplicaciones industriales de la saponina de quillay**

<b>Aplicaciones industriales</b>	<b>Usos</b>
Alimentación humana	Agente espumante de bebidas; emulsificante en comida y bebidas; producción de comidas con bajo colesterol.
Alimentación animal	Aditivos para alimentos de animales: protección contra patógenos, reducción de emisiones de amoníaco, reducción de colesterol en huevos.
Agrícolas	Formulación de pesticidas como fungicidas, nematocidas, insecticida de polillas; promotor del crecimiento.
Cosméticos	Surfactante, emulsificante y compuesto activo.
Detergentes	Compuesto activo.
Fotografía	Agregado en películas fotográficas.
Minería	Tratamiento de aguas residuales, mejora calidad de los efluentes; en procesos de electro obtención, para el control de la neblina ácida.
Farmacéuticos	Adyuvante en vacunas humanas y animales, aplicaciones farmacéuticas misceláneas.

Fuente: San Martín y Briones (1999); Duery (2003); Natural Response (2004).



**Figura 2. Nematicida QL Agri35, cuyo ingrediente activo es extracto de quillay**

Los extractos de quillay son considerados productos GRAS (*Generally Recognize as Safe*) y están aprobados para consumo humano por la FDA (*Food and Drug Administration*) de EEUU, la Comunidad Europea y las industrias de cosméticos y alimentación de Japón (Cruz, 2001).

## **2.2 ANTECEDENTES SOBRE SILVICULTURA DE MONTE BAJO**

### **2.2.1 Silvicultura de monte bajo**

El término *monte bajo* significa que la regeneración se ha derivado a partir de rebrotes provenientes de yemas latentes o adventicias de las cepas de los árboles. Este sistema silvicultural, está basado en la posibilidad que tienen preferentemente especies latifoliadas y algunas coníferas, de regenerarse vegetativamente a partir de rebrotes provenientes de cepa o de raíz. Aunque la mayoría de las latifoliadas pueden retoñar, solo unas pocas presentan la capacidad de hacerlo en forma repetida durante varias rotaciones (Daniel *et al.*, 1982; Vita, 1996).

Los rebrotes de cepa crecen más rápidamente que las plántulas provenientes de semillas, debido a que la cepa cuenta con el aparato radicular del árbol cortado, y el estímulo de ciertas sustancias hormonales (Daniel *et al.*, 1982). Así, existe una menor razón entre la parte aérea y la subterránea, por lo cual el rebrote dispone de más agua y nutrientes para el desarrollo de su menor porción aérea.

Los rebrotes pueden originarse de la región del corte, de las raíces y/o de alrededor de la cepa. Aquellos formados a partir de la zona radicular son los que tienen el mínimo peligro de infección, de modo que los árboles se cortan muy cerca del suelo para forzar la producción de este tipo de rebrotes. Los rebrotes provenientes del sistema radical de la cepa, tienen el potencial de desarrollar en forma autónoma ramas y vivir largamente, en comparación con aquellos rebrotes provenientes de cualquier otra parte de la cepa (Daniel *et al.*, 1982; Del Tredici, 2001).

La retoñación es un atributo universal de árboles de climas templados, luego de ocurrido un disturbio en su hábitat o un daño severo en su fuste principal. Aquellas especies que se desarrollan en sitios con disturbios frecuentes, o que son sometidas a estrés, tienen una mayor habilidad para desarrollar rebrotes más vigorosos y tener la habilidad de retoñar varias veces, en comparación con otras especies que crecen en sitios más favorables, con menos frecuencia de disturbios. En los montes bajos la retoñación, depende de los rebrotes vigorosos que forman algunas cepas pequeñas, debido a que aquellos de gran tamaño y mayor edad retoñan y se desarrollan con menor vigor (Daniel *et al.*, 1982; Del Tredici, 2001).

En el manejo de los rebrotes, los principales factores de la productividad de las cepas son: altura del corte, sombreado de las cepas, edad o antigüedad de las cepas, exposición del terreno, tipo de suelo, época de corte, nivel de competencia de las malezas, época y forma del clareo, daños a las cepas y suelo durante la corta, déficit hídrico y precipitación. Los rodales tienen un mejor desarrollo cuando son cortados durante el otoño o el invierno, cuando los árboles están en estado de latencia. Si esta operación se realiza en verano, los rebrotes resultantes son débiles, las cepas pierden mucha savia y la temporada de crecimiento se acorta (Daniel *et al.*, 1982; INFOR, 2004).

El monte bajo, es un sistema utilizado esencialmente para la producción de combustible, obteniéndose material de tamaño pequeño o mediano, pero en ningún caso para la producción de trozas de gran tamaño. Un rodal reproducido por el método del monte bajo regular es, necesariamente, de edad uniforme, ya que todos los rebrotes se forman al mismo tiempo y a que son más intolerantes que las plántulas de la misma especie. Al aplicar un sistema de monte bajo en comunidades jóvenes e incluso maduras, se asegura una alta densidad del rebrote y un gran potencial de los rebrotes vigorosos. Por otro lado, al establecer plantaciones para ser manejadas por el método del monte bajo, el espaciamiento depende de la especie, del producto deseado, y de la longitud de la rotación (Daniel *et al.*, 1982; Nyland, 1996; Matthews, 1998).

La rotación recomendable para los monte bajos, como máximo, debiera ser del orden de un cuarto de la habitual para la misma especie arbórea en el método del monte alto (Mesón y Montoya, 1998).

El raleo es una importante operación cuando el monte bajo es trabajado intensamente, el número de raleos realizados depende principalmente de la rotación, la competencia entre los rebrotes, y los mercados de la producción. Los raleos tienen objetivos de mejoramiento de la calidad final del rodal, a través de la remoción de rebrotes defectuosos; este trabajo también induce a un más rápido crecimiento en los rebrotes contenidos en el rodal (Matthews, 1998).

Según Matthews (1998), las principales ventajas del manejo de monte bajo se refieren, a que es un método simple en su aplicación, donde la retoñación es más segura y barata, en comparación a la regeneración por semilla. Además, el crecimiento del monte bajo es más rápido, comparado con el del monte alto, debido a su sistema radical ya formado. Por

otro lado, el monte bajo trabaja con rotaciones más cortas, comparado con las rotaciones de monte alto.

Los principales resultados de algunas experiencias silviculturales de monte bajo, en América y Europa, se presentan en el Cuadro 3.

**Cuadro 3. Principales resultados de algunos estudios realizados en América y Europa sobre silvicultura de monte bajo**

<b>Autor</b>	<b>Lugar de la experiencia</b>	<b>Especie</b>	<b>Principales resultados</b>
Ducrey (1992)	Francia	<i>Quercus ilex</i>	Después de 5 años de realizadas las intervenciones, entresacas y clareos, bosques de 50 años presentaron un efecto positivo en el crecimiento diametral, pero nulo en el de altura. Se presume que árboles con más de 100-150 años de parte aérea, no producen rebrotes de cepa numerosos y vigorosos. Así la consecuencia más importante del envejecimiento de la parte aérea del monte bajo, es la disminución de la capacidad de retoñar de cepa.
Negreros-Castillo y Hall (2000)	México	17 especies tropicales	En la mayoría de las especies estudiadas (17 especies en total), después de 3 años de realizada la corta, aquellas de mayor diámetro registraron un mayor número de rebrotes por cepa. El crecimiento en altura de los rebrotes, no presentó una tendencia con respecto al tamaño de la cepa.
Rydberg (2000)	Suecia	<i>Betula pendula</i> , <i>Betula pubescens</i>	Después de 3 años de la intervención, la proporción de rebrotes por cepa, tanto de cepa como de raíz, fue menor al aplicar un sistema de monte bajo selectivo (MBS), comparado con un monte bajo regular (MBR). Así, en MBR se registró un 100% de retoñación y una altura media de los rebrotes de 230 cm, y en MBS un 85% de retoñación y una altura media de 170 cm.
Rydberg (2000)	Suecia	<i>Populus trémula</i>	Luego de 3 años de la intervención, la retoñación fue mayor y más vigorosa al aplicar un monte bajo regular (retoñación del 50%, con una altura media de 125 cm), en comparación con un monte bajo selectivo (retoñación del 27%, con una altura media de 75 cm). La retoñación más exitosa, en cuanto a supervivencia, fue aquella que se originó de la raíz.
Del Tredici (2001)	Norteamérica (Canadá y Estados Unidos)	68 especies templadas	Un 78% de las angiospermas estudiadas, registraron la capacidad de retoñar en estado adulto, tanto de cepa como de raíz, mientras que en las gimnospermas sólo el 15% produjo rebrotes de cepa en estado juvenil y 0% en estado adulto. Un 84% de las especies arbóreas estudiadas (68 especies en total), retoñaron de árboles jóvenes (diámetro basal 2-15 cm), y un 16% retoñaron de árboles adultos (diámetro basal >15 cm).
Teixeira et al. (2002)	Brasil	<i>Eucalyptus urophylla</i>	El suelo, las raíces grandes y muy grandes, fueron las mayores reservas de nutrientes para el crecimiento inicial de los rebrotes. No existe translocación de nutrientes desde las raíces finas y medianas a los rebrotes. La máxima acumulación de nutrientes en los rebrotes, debido a la translocación desde el suelo y las raíces, se produjo entre los 2 y 4 meses después de la corta.
Gracia y Retana (2004)	España	<i>Quercus ilex</i>	La capacidad de retoñación estuvo influida por la pendiente, después de 3 años del disturbio (incendio), el número de rebrotes por cepa fue menor en posiciones bajas que en posiciones altas, en la pendiente, debido al sombreado. Mientras que la superficie de copa, la altura media y el diámetro medio de los rebrotes, fue mayor en posición baja (3,3 m <sup>2</sup> , 2,3 m y 2,8 cm, respectivamente), que en posición alta (1,3 m <sup>2</sup> , 1,4 m y 2,3 cm),

			en la pendiente.
Serrada <i>et al.</i> (2004)	España	<i>Quercus ilex</i> subesp. <i>ballota</i>	Cepas entre 70 y 250 años, rango de edad que incluye cepas jóvenes, adultas y viejas, conservaron su capacidad de retoñación tanto de raíz como de cepa. Tres períodos vegetativos después de la intervención, un 81% de las cepas produjeron retoñación. En general, los rebrotes de cepa fueron más numerosos y vigorosos que los de raíz, exceptuando aquellos rebrotes de origen adventicio, los cuales produjeron con facilidad desgarros y desprendimiento.

Del Cuadro 3 se extrae, que el manejo del monte bajo posee un mayor éxito cuando se realiza por el método de monte bajo regular, que por el método selectivo. Por otro lado, la relación entre el tamaño de la cepa o la edad de la cepa, y la capacidad de retoñación de esta, no responde de igual forma en las distintas especies forestales, de distintas latitudes y sitios.

### 2.2.2 Silvicultura de monte bajo en Chile

Existe escasa información en Chile sobre estudios de retoñación en especies nativas, concentrándose los estudios realizados en especies exóticas de interés forestal, como *Eucalyptus spp* (Cameratti, 1969; Toral, 1988; Prado *et al.*, 1990; Alarcón, 1993; González, 2000a; Geldres, 2004; Barahona, 2005; e Infor, 2005), *Acacia saligna* (Bratti, 1996), *Atriplex nummularia* (García, 1993), y *Sequoia sempervirens* (González, 2005; y Toledo, 2005).

Para ciertas especies del bosque esclerófilo es posible encontrar algunas experiencias silviculturales de monte bajo en Chile (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Principales resultados de algunos estudios realizados en Chile sobre silvicultura de monte bajo**

<i>Autor</i>	<i>Especie</i>	<i>Principales resultados</i>
Navarro (1995)	<i>Acacia caven</i>	La retoñación más abundante y vigorosa, se observó en la intervención de corta total. A mayor intensidad del raleo, se presentaron mayores tasas de crecimiento relativo, en área de copa, área basal, diámetro basal y diámetro de copa.
Vita <i>et al.</i> (1995)	<i>Acacia caven</i>	En los individuos monofustales la capacidad de rebrote disminuyó en individuos de diámetro basal superior a 20 cm. Los mayores desarrollos en altura y diámetro se presentan en individuos de diámetro basal de 10 a 20 cm, mientras que los menores se produjeron en individuos de diámetro basal inferior a 10 cm. Tanto en los individuos monofustales como en los plurifustales las cortas altas favorecieron la cantidad y el desarrollo de los rebrotes, tanto en altura como en diámetro. El origen predominante de los rebrotes fue el epicórmico.

Vita <i>et al.</i> (1997)	<i>Acacia caven</i>	El aumento del número de rebrotes cortados por individuo produjo un incremento de más de 73% del peso seco obtenido. La altura de corte influyó en aumentos en la producción de biomasa de hasta un 58%.
González (2000b)	<i>Acacia caven</i>	Los individuos monofustales y plurifustales de <i>Acacia caven</i> , retoñaron en todas las situaciones de corte a las cuales fueron sometidas; al aumentar la altura de corte aumentó el número de rebrotes generados; el diámetro de la cepa no presentó una relación directa con la retoñación; al aumentar la intensidad de corta la retoñación fue mayor.
Del Fierro (2001)	<i>Acacia caven</i>	Presentó una excelente capacidad de retoñación; la altura de corte influyó significativamente en la retoñación de los individuos mono y plurifustales, la altura de corte a 150 cm fue la más positiva para la retoñación; a mayor intensidad de corta la retoñación fue mayor; las yemas epicórmicas fueron las que más contribuyeron a la formación de rebrotes (94%).
Montecinos (2001)	<i>Peumus boldus</i>	A mayor número de rebrotes, fue mayor la producción de fitomasa foliar; el tratamiento silvicultural óptimo a aplicar a boldo para obtención de fitomasa foliar debería ser el monte bajo beneficiando una mayor cantidad de rebrotes por individuo.
Díaz (2004)	<i>Acacia caven</i>	La aplicación de un raleo, con la extracción de un 46% del área basal, se tradujo en un mejoramiento de la sanidad del bosque, disminuyendo el porcentaje de individuos de mala sanidad desde un 43% a un 35%. Este tratamiento generó un volumen de 8,6 m <sup>3</sup> /ha y una biomasa fustal de 8.347 kg/ha.
Durán (2005)	<i>Peumus boldus</i>	Para la producción de hojas, mediante monte bajo, se cosecharon los individuos con un diámetro inferior a 7 cm. Se recomienda se realicen las cosechas, sobre un individuo, cada cuatro a cinco años. Para densidades de entre 480 y 1.420 árboles/ha, la producción de hojas fue de 1,2 y 2,2 t/ha respectivamente.

### 2.2.3 Crecimiento de quillay en bosques naturales

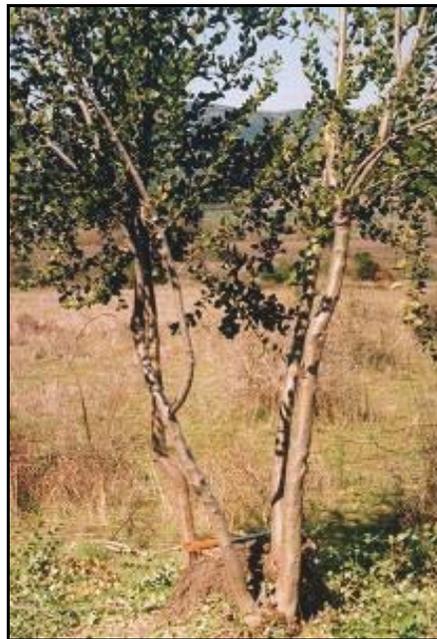
Toral y Rosende (1986) señalan que los incrementos en diámetro fluctúan entre los 0,4-0,6 cm/año para quillay en la VII Región, donde considerando el crecimiento en volumen se deduce que la edad de rotación es a los 52 años, donde se obtiene un árbol con 28 cm de diámetro. Se puede establecer que el crecimiento en altura del árbol es lento, con incrementos de 0,2 m/año, en sus etapas juveniles y de 0,1 m/año a los 60 años.

Lagos (1998), caracterizó dos individuos de quillay, en la VIII Región, uno proveniente de rebrote y otro de semilla. El árbol proveniente de rebrote se caracterizó por poseer mayores incrementos en diámetro y altura, durante su fase juvenil, mientras que el árbol proveniente de semilla obtuvo mayores incrementos, luego de 20 y 44 años, en diámetro y altura respectivamente. A la edad de corta, el árbol proveniente de rebrote (87 años) presentó un volumen de 0,29 m<sup>3</sup>, mientras que el árbol de semilla un volumen de 1,06 m<sup>3</sup>. El autor concluye que el menor volumen registrado por el árbol de rebrote, se debe principalmente a la competencia.

#### **2.2.4 Crecimiento de quillay con manejo de monte bajo**

Serra *et al.* (1994) y Estévez (1994), concluyeron que el quillay presenta una excelente capacidad de retoñación, siendo ésta al segundo año post cosecha de un 93%. Dicha retoñación se expresa en un 5% de rebrotes del tipo adventicio, un 8% a partir de yemas del lignotuber, y un 87% de yemas epicórmicas. En general se observa mayor retoñación en los cuadrantes asoleados o ecuatoriales (NO y NE), debido a la influencia de la luz.

Del mismo modo, Cruz y Bravo (2003) indican que quillay posee una muy buena retoñación, correspondiendo gran parte a yemas tanto epicórmicas como del lignotuber, donde sólo aquellas cepas de grandes dimensiones y con problemas sanitarios no retoñan (Figura 3).



**Figura 3. Rebrote de quillay manejado por el método de monte bajo, secano interior VI Región**

Cruz y Nuñez (2004) determinaron, preliminarmente que, la aplicación de manejo en monte bajo, el crecimiento diametral promedio aumentó de 0,3 cm/año antes del raleo, a 0,9 cm/año después de 4 años de realizado el raleo.

Por otro lado, al intervenir un rodal con rebrotes de 7 años de edad, se observó un crecimiento medio anual en diámetro de 1,1 cm/año, y un crecimiento en altura de 62,0 cm/año después de 4 años de realizada la intervención. Sin embargo, si se consideran solo aquellos dominantes, el crecimiento medio anual en diámetro asciende a 1,3 cm/año, y el crecimiento en altura a 75,0 cm/año. A nivel de rodal, esto representa una acumulación en biomasa de 4,7 t/ha, e incrementos anuales de 0,7 t/ha/año (Cruz *et al.*, 2005).

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 MATERIAL

El material fue proporcionado por la Corporación Nacional Forestal, CONAF, Provincial Colchagua VI Región, y corresponde a información de ensayos de manejo silvícola de monte bajo de quillay. A continuación se presenta una descripción de estos ensayos<sup>1</sup>.

##### 3.1.1 Ubicación e intervenciones pasadas de los ensayos

Los ensayos se instalaron en el año 2002, y se ubican en el secano interior de la VI Región, Provincia de Colchagua (Figura 4).

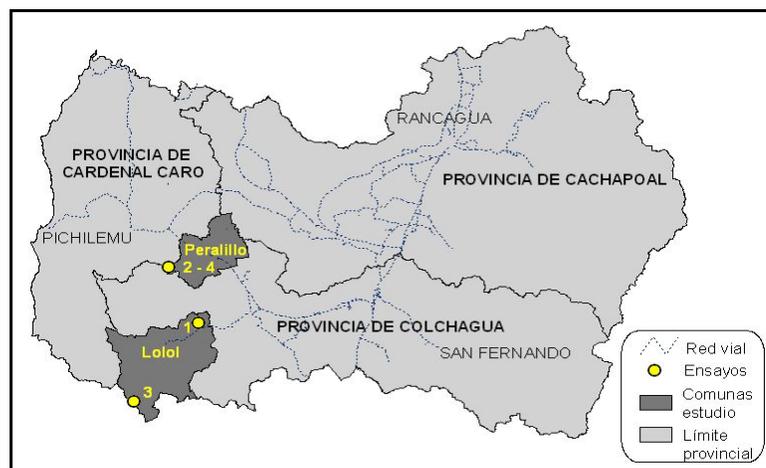


Figura 4. Mapa de ubicación de los ensayos de monte bajo de quillay, VI Región, Chile

<sup>1</sup> La autora de esta memoria participó en la toma de datos de los ensayos, entre los años 2002 y 2004.

Los rodales donde se instalaron los ensayos, provienen de un remanente de bosque natural, que fue cosechado en el pasado mediante una corta selectiva o entresaca, para la obtención de corteza de quillay.

En el Cuadro 5 se presenta la ubicación geográfica, superficie y año de cosecha en cada ensayo.

**Cuadro 5. Ubicación, superficie y año de cosecha de los ensayos**

<i>Ensayo</i>	<i>Comuna</i>	<i>Predio</i>	<i>Coordenadas UTM</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Año de cosecha</i>
1	Lolol	Lote Tres	6161740 - 267717	2,2	2000
2	Peralillo	Retazo Cerro Negro	6178927 - 259340	0,5	1998
3	Lolol	Lote Tres Ranguilli	6137358 - 249358	4,0	1996
4	Peralillo	Retazo Cerro Negro	6178927 - 259340	1,3	1994

Al momento de la instalación de los ensayos, en el año 2002, se contaba con cepas con edades del rebrote de 2, 4, 6 y 8 años. Con el fin de evitar el daño por ramoneo, de conejos y cabras, estos fueron cercados perimetralmente.

### **3.1.2 Características ambientales de los ensayos**

Los rodales estudiados de monte bajo corresponden a bosques naturales mixtos del tipo esclerófilo, compuestos principalmente por las especies arbóreas, quillay, boldo (*Peumus boldus*), peumo (*Cryptocaria alba*) y litre (*Lithraea caustica*). Además, presentan una gran variedad de especies arbustivas y herbáceas propias del tipo forestal esclerófilo. Sin embargo, este estudio se concentró exclusivamente en los rebrotes de monte bajo de quillay.

El área de los ensayos se ubica dentro del clima del tipo templado mesotermal inferior estenotérmico mediterráneo semiárido. Dentro de este tipo climático los ensayos 1 y 3 presentan la posición de cuencas y valles costeros secano interior, y los ensayos 2 y 4 la posición de serranías y valles costeros de interior (Santibáñez, 1993).

Las características climáticas de cada ensayo de monte bajo de quillay, se presentan en el Cuadro 6.

**Cuadro 6. Características climáticas de los ensayos**

<i>Ensayo</i>	<i>Txe</i> (°C)	<i>Tnj</i> (°C)	<i>Tma</i> (°C)	<i>Plh</i> (días)	<i>Pha</i> (heladas)	<i>Ppm</i> (mm)	<i>Dh</i> (mm)	<i>Dps</i> (meses)
1	29,0	4,9	13,6	259	6	696	-931	7
2	30,5	4,5	15,0	254	7	529	-1012	8
3	27,6	5,5	14,1	301	3	709	-863	7
4	30,5	4,5	15,0	254	7	529	-1012	8

Donde: *Txe*: temperatura máxima de enero, *Tnj*: temperatura mínima de julio, *Tma*: temperatura media anual, *Plh*: período libre de heladas, *Pha*: promedio de heladas por año, *Ppm*: precipitación media anual, *Dh*: déficit hídrico, *Dps*: duración período seco.

Fuente: Santibáñez, 1993; Forest all, 2003.

En los ensayos 1 y 3, la menor influencia oceánica favorece una amplitud térmica mayor que los sectores vecinos, con inviernos relativamente fríos y veranos calurosos. Por otro lado, en los ensayos 2 y 4, el efecto oceánico es moderado, presentando una mayor incidencia de heladas en las zonas bajas (Santibáñez, 1993).

Las características edáficas y topográficas de cada ensayo de monte bajo de quillay, se presentan en el Cuadro 7.

**Cuadro 7. Características edáficas y topográficas de los ensayos**

<i>Ensayo</i>	<i>Origen Suelo</i>	<i>Capacidad de uso</i>	<i>Erosión</i>	<i>Topografía</i>	<i>Exposición</i>	<i>Pendiente (%)</i>
1	Metamórfico	VI	Ligera	Fuertemente ondulada	Sur	10
2	Granítico	VII	Muy severa	De cerros	Norte	35
3	Granítico	VII	Severa	De montañas	Noreste	25
4	Granítico	VII	Muy severa	De cerros	Norte	35

Fuente: CONAF, 1999; Navarro *et al.*, 2004.

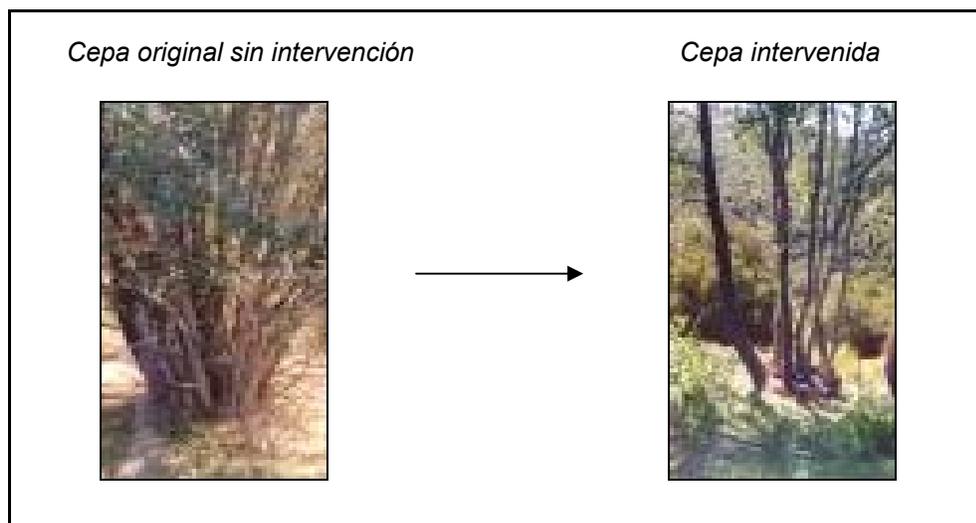
La zona del secano interior en la VI Región, tiene una gran proporción de los suelos afectados por erosión de manto, con pérdidas visibles del horizonte superficial, cambios de color y la presencia de pedestales de erosión. En tanto, en aquellos suelos de erosión más severa existen cárcavas de profundidad variable y/o la pérdida total del suelo superficial (CONAMA, 2005).

### 3.1.3 Intervención silvícola aplicada a los ensayos

En cada ensayo, se realizó un clareo a los rebrotes de las cepas ubicadas en la totalidad de la superficie del ensayo, dejando un porcentaje de estas sin intervenir para efectos de comparación, designadas como no-intervenidas o testigos (15% aproximadamente por ensayo).

En la selección de los rebrotes a dejar se consideraron criterios cuantitativos (número, diámetro y altura del rebrote, y tamaño de la cepa) y criterios cualitativos (forma, dominancia y calidad del rebrote, y sanidad de la cepa), se seleccionaron los rebrotes de mayor diámetro y/o altura, y aquellos rebrotes dominantes, rectos y sanos. Además, se incluyó el criterio cualitativo origen biológico del rebrote, aspecto que el ensayo de CONAF no consideró originalmente.

El número promedio de rebrotes seleccionados varió entre 3 y 5, en relación al tamaño y sanidad de la cepa, procurando que quedaran uniformemente distribuidos en esta. Así, cepas de gran tamaño y con buena sanidad quedaron con un mayor número de rebrotes seleccionados (Figura 5).



Fuente: Navarro *et al.*, 2004.

**Figura 5. Distribución de los rebrotes en la cepa, antes y después del clareo**

La unidad muestral, quedó definida por la cepa, considerándose un tamaño muestral de un total de 71 cepas de quillay, correspondiendo a 61 cepas intervenidas (clareadas) y a 10 cepas no-intervenidas (testigos), las cuales contienen un total de 246 y 134 rebrotes respectivamente. El detalle por ensayo se presenta en el Cuadro 8.

**Cuadro 8. Cantidad de cepas y rebrotes contenidos en los ensayos**

<i>Ensayo</i>	<i>Nº cepas intervenidas</i>	<i>Nº rebrotes residuales</i>	<i>Nº cepas no-intervenidas</i>	<i>Nº rebrotes testigos</i>
1	18	71	3	45
2	4	11	2	11
3	24	117	4	70
4	15	47	1	8
TOTAL	61	246	10	134

## 3.2 MÉTODO

### 3.2.1 Caracterización del desarrollo y crecimiento del rebrote

Para caracterizar las cepas y rebrotes de quillay, se utilizaron variables cualitativas y cuantitativas, las cuales se describen a continuación:

a) Tamaño de la cepa: diámetro de la cepa, (cm). Este diámetro incluye situaciones con múltiples tocones en la cepa.

b) Sanidad de la cepa: porcentaje de daño mecánico o pudrición en la cepa (Figura 6)

*b.1) Buena: daño mecánico o pudrición, en un 0% de la superficie de la cepa*

*b.2) Regular: daño mecánico o pudrición, entre un 1-50% de la superficie de la cepa*

*b.3) Mala: daño mecánico o pudrición, mayor a 50% de la superficie de la cepa*

*b.1*

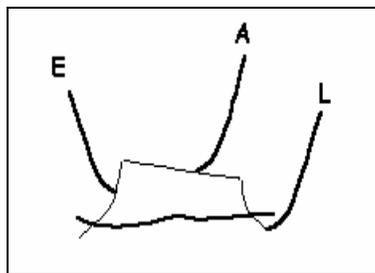
*b.2*

*b.3*



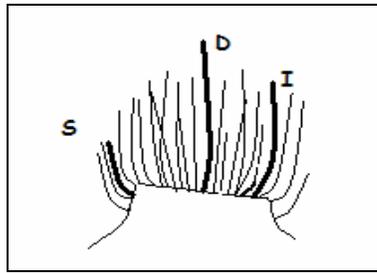
**Figura 6. Clase de sanidad de la cepa**

- c) Edad: de los rebrotes de cepa, número de años transcurridos desde la cosecha, (años).
- d) Cantidad: número de rebrotes por cepa, (N/cepa), y por hectárea, (N/ha).
- e) DAC: diámetro a la altura del cuello de cada rebrote, (cm).
- f) Altura: altura de cada rebrote, medida desde el nivel del suelo hasta el ápice de la rama más alta, (m).
- g) Área basal: área basal total de los rebrotes por hectárea, calculada en base al diámetro cuadrático medio (m<sup>2</sup>/ha).
- h) Biomasa: total de los rebrotes por cepa, (kg/cepa), y por hectárea, (kg/ha).
- i) Origen: origen biológico del meristema de cada rebrote (Figura 7)
  - i.1) *Adventicio (A)*: los rebrotes se desarrollan en la región del corte, zona cambial
  - i.2) *Epicórmico (E)*: los rebrotes se desarrollan alrededor de la cepa, zona periférica
  - i.3) *Del lignotuber (L)*: los rebrotes se originan bajo el suelo, zona radical



**Figura 7. Origen biológico del meristema del rebrote**

- j) Dominancia: posición social de cada rebrote, respecto de los adyacentes, dentro de la cepa (Figura 8)
  - j.1) *Dominante (D)*: rebrote que se ubica en el tercio superior de la altura máxima del rebrote
  - j.2) *Intermedio (I)*: rebrote que se ubica en el tercio medio de la altura máxima del rebrote
  - j.3) *Suprimido (S)*: rebrote que se ubica en el tercio inferior de la altura máxima del rebrote



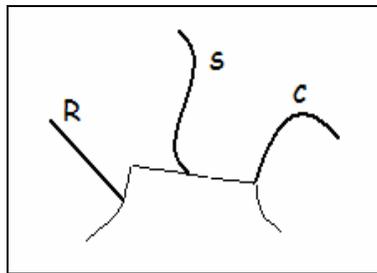
**Figura 8. Dominancia del rebrote**

k) Rectitud del rebrote: forma del rebrote (Figura 9)

k.1) *Recto (R)*: el rebrote es de forma recta

k.2) *Curvo (C)*: el rebrote es de forma arqueado

k.3) *Sinuoso (S)*: el rebrote es de forma irregular



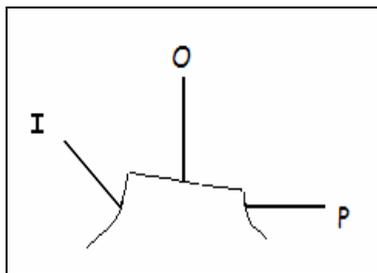
**Figura 9. Rectitud del rebrote**

l) Dirección: ángulo de inserción del rebrote en la cepa (Figura 10)

l.1) *Ortotropo (O)*: rebrote forma ángulo entre  $0^\circ$  y  $15^\circ$ , con respecto a la vertical

l.2) *Inclinado (I)*: rebrote forma ángulo entre  $15^\circ$  y  $75^\circ$ , con respecto a la vertical

l.3) *Plagiotropo (P)*: rebrote forma ángulo mayor a  $75^\circ$ , con respecto a la vertical



**Figura 10. Dirección del rebrote**

La caracterización del desarrollo y crecimiento del rebrote, en diámetro, altura y área basal, se realizó a nivel de rodal, es decir a nivel de la superficie total de cada ensayo mediante un censo, y a nivel de cepas.

El crecimiento individual por rebrote en diámetro, altura y área basal, se realizó sólo para aquellos rebrotes sobrevivientes después de 2 años de realizado el clareo.

Para comparar el desarrollo en diámetro y altura de los rebrotes intervenidos versus rebrotes no-intervenidos, se utilizaron muestras del mismo tamaño. Para estos fines se consideraron todos los rebrotes no-intervenidos *dominantes*, y una muestra aleatoria de rebrotes intervenidos *dominantes* para el análisis (Cuadro 9).

Con el fin de saber si estos resultados son estadísticamente significativos se realizó un análisis de covarianza<sup>2</sup>, con un grado de significancia de 0,05. Esto debido a que los datos iniciales de los rebrotes en diámetro y altura luego de la intervención, eran heterogéneos.

Este análisis se realizó sobre las variables cuantitativas diámetro y altura del rebrote, para cada uno de los ensayos, es decir, para 2, 4, 6 y 8 años de edad del rebrote. La unidad muestral para el análisis de covarianza fue el rebrote. Se consideraron todos los rebrotes no-intervenidos *dominantes* (testigo), y una muestra aleatoria de rebrotes intervenidos *dominantes* (clareo). Este se realizó en base a la comparación en diámetro y altura del estado inicial (año 2002), luego de la intervención, y del estado final de las variables del rebrote (año 2004).

**Cuadro 9. Cantidad de rebrotes utilizados en el análisis de covarianza**

<i>Ensayo</i>	<i>Nº rebrotes testigo</i>	<i>Nº rebrotes clareo</i>
1	24	24
2	9	9
3	47	47
4	8	8
TOTAL	88	88

---

<sup>2</sup> Técnica que combina el análisis de la varianza con los principios del análisis de regresión, su especificidad es mezclar variables cuantitativas y cualitativas (Moliner, 2002; Scheffler, 1981).

### 3.2.2 Caracterización del desarrollo y crecimiento en biomasa del rebrote

La caracterización del desarrollo y crecimiento del rebrote en biomasa total y por componente, se realizó a nivel de rodal, de cepas, y de rebrote.

El crecimiento individual por rebrote en biomasa total y por componente, se realizó sólo para aquellos rebrotes sobrevivientes después de 2 años de realizado el clareo.

La caracterización del crecimiento en biomasa del rebrote, a 2 años de realizado el clareo, se llevó a cabo mediante la estimación de los incrementos en biomasa total y por componente. Para estos fines se realizaron comparaciones de los controles de los años 2002, 2003 y 2004, entre las diferentes edades del rebrote.

Para la obtención de la biomasa total y por componente, se utilizaron las funciones de biomasa desarrolladas por Pulido (2000) (Cuadro 10). Estas funciones estiman la biomasa (en peso seco) por componente, para individuos de regeneración vegetativa de la especie *Quillaja saponaria*, y fue desarrollada en la zona del secano interior de la VI Región. Si bien los rangos diamétricos de los rebrotes estudiados quedan en el límite inferior de la función de biomasa que se utilizó, ésta corresponde a la más certera para la zona en estudio. Es importante destacar que la función de biomasa total desarrollada por Pulido (2000), no corresponde a la suma aritmética del resto de los componentes del árbol, es decir, no es aditiva.

**Cuadro 10. Funciones de biomasa de los distintos componentes del árbol**

<b>Componente</b>	<b>Función</b>	<b>R2</b>	<b>ECM</b>	<b>Sesgo</b>
Fuste	$PS = 0,098 * (DAT^{-2} * H)^{0,761}$	0,97	48,99	10,78
Rama	$PS = 0,017 * DAT^{-2,458}$	0,94	79,47	12,97
Corteza	$PS = 0,009 * (DAT^{-2} * H)^{0,833}$	0,95	93,64	10,97
Hoja	$PS = 0,013 * DAT^{-1,607}$	0,93	49,21	3,09
Total	$PS = 0,149 * DAT^{-2,089}$	0,98	45,86	10,75

Fuente: Pulido, 2000.

### **3.2.3 Identificación de la edad óptima del clareo**

La determinación de la edad óptima del clareo, se realizó en base a los resultados de la caracterización cualitativa y cuantitativa del rebrote de cepas de quillay, y al desarrollo y crecimiento en biomasa total y por componente de los rebrotes.

Para esto se realizó una comparación de las variables cuantitativas y cualitativas del rebrote entre las distintas edades estudiadas, a través de una matriz.

Es importante señalar, que los resultados de estos ensayos deben considerarse sólo como una descripción y análisis de tendencias, cuyas diferencias no pueden diferenciarse estadísticamente. Esto debido a que los ensayos, por restricciones operacionales, fueron instalados en sitios no-homogéneos, por CONAF.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DEL REBROTE**

Cabe recordar que los rodales estudiados de monte bajo de quillay, se caracterizaron por encontrarse en bosques mixtos del tipo esclerófilo, acompañado por lo tanto de varias especies de este tipo forestal, sin embargo, este estudio se concentró exclusivamente en el monte bajo de quillay.

#### **4.1.1 Intensidad del clareo**

La intensidad del clareo realizado, en el año 2002, fue de un 64 y 86% del número de rebrotes por hectárea, entre un 67 y 86% del número de rebrotes por cepa, y entre un 25 y 80% del área basal, del total de cepas originales. Para todas las variables descritas, la menor intensidad del clareo fue realizada a los rebrotes de 8 años de edad y la mayor a los rebrotes de 2 años (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Parámetros de las cepas originales, clareo y cepas residuales según ensayo**

ENSAYO	EDAD	N° CEPAS	CEPA ORIGINAL			CLAREO			CEPA RESIDUAL		
			<i>N/ha</i>	<i>N/cepa</i>	<i>Área basal</i>	<i>N/ha</i>	<i>N/cepa</i>	<i>Área basal</i>	<i>N/ha</i>	<i>N/cepa</i>	<i>Área basal</i>
1	2	18	226	28	0,25	194	24	0,20	32	4	0,05
2	4	4	72	9	0,16	50	6	0,07	22	3	0,09
3	6	24	87	15	0,18	58	10	0,09	29	5	0,09
4	8	15	99	9	0,57	63	6	0,14	36	3	0,43

*Donde: Edad: Edad del rebrote, en años; N/ha: Número de rebrotes por hectárea; N/cepa: Número de rebrotes por cepa; Área basal: en m<sup>2</sup> por hectárea. Los valores presentados incluyen sólo a aquellas cepas intervenidas en los ensayos.*

Esta primera intervención resultó fuerte, para el ensayo con edad del rebrote más joven, 2 años, debido a que estos nunca habían sido manejados, presentando una gran cantidad de rebrotes de mala calidad, en cuanto a su forma y sanidad.

Esta mala calidad del rebrote se explica por el sistema de protección utilizado para los futuros rebrotes después de la cosecha, el cual consiste en colocar ramas de espino (*Acacia caven*) sobre los tocones. Debido a la intolerancia a la sombra del quillay los nuevos rebrotes se doblan buscando la luz entre los espacios dejados por las ramas, ya que la luz es un factor de gran importancia en los primeros estadios del desarrollo y activación de las yemas. Por otro lado, las espinas del espino, en conjunto con el viento, provocan daños mecánicos a las hojas y tallos de los rebrotes.

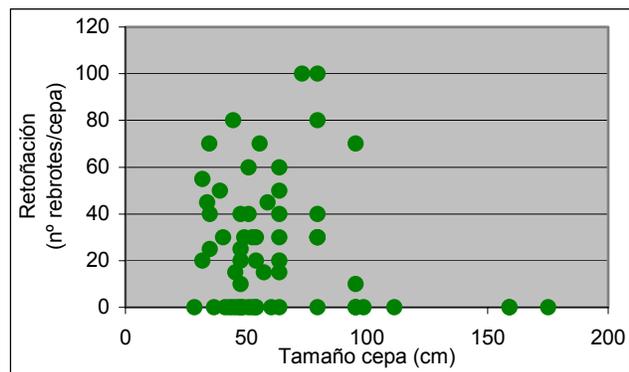
#### **4.1.2 Capacidad de retoñación en relación al tamaño y sanidad de las cepas**

La retoñación se generó tanto en el primer como en el segundo año post-clareo, esto como una respuesta morfológica y fisiológica al clareo. Así, del total de cepas clareadas un 69% retoñó al primer año post-clareo, y un 62% al segundo año, retoñando algunas cepas más de una vez. Por otro lado, ninguna cepa retoñó por primera vez luego de 2 años de la intervención.

Las cepas que retoñaron se concentraron mayoritariamente en el intervalo de 30-80 cm de diámetro de cepa, representando un 85% del total de cepas estudiadas, mientras que aquellas cepas de diámetro entre 80-170 cm, representaron sólo un 15%, tanto en el primer como en el segundo año post-clareo. Esto puede ser explicado debido a que cepas

de gran tamaño generalmente son cepas muy adultas y/o seniles, y por lo tanto con pocas yemas disponibles.

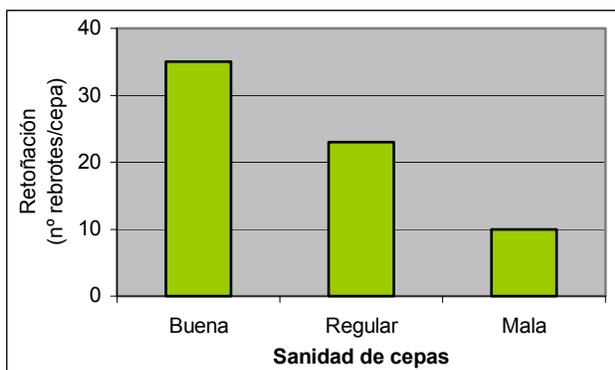
En general, se observó la tendencia de que cepas de diámetro entre 30-80 cm retoñan mejor, aunque no se advierte una tendencia al interior de este rango de tamaño, sin embargo, aquellas cepas de diámetro mayor a 100 cm presentan baja o nula capacidad de retoñación (Figura 11).



**Figura 11. Retoñación al segundo año post-clareo según tamaño de la cepa**

Esto puede deberse a que las cepas de tamaño superior son más senescentes, y por lo tanto presentan una menor actividad fisiológica, esto debido a que se presenta una menor cantidad de meristemas disponibles, y una menor traslocación de reservas, debido a sus raíces envejecidas.

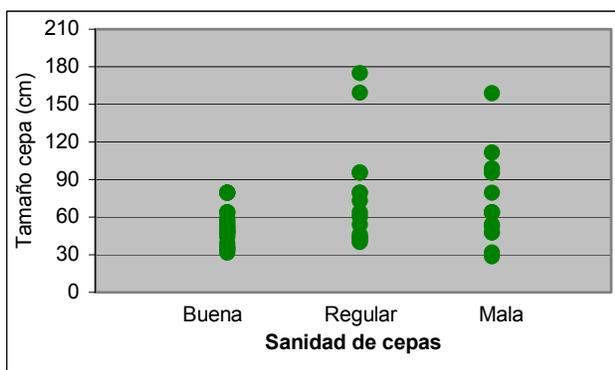
Cepas con buen estado sanitario, en general retoñaron bien, mientras que aquellas cepas de *mala* sanidad presentaron una baja capacidad de retoñación (Figura 12). Las cepas que presentaron una *mala* sanidad, presentaron daño principalmente por hongos e insectos, descartando según lo observado el daño por fuego, cortes u otros.



**Figura 12. Retofñación promedio según sanidad de las cepas**

En general las cepas que no retoñaron son cepas de diámetro superior, con problemas de sanidad.

No se observa una tendencia clara entre sanidad y tamaño de cepa, sin embargo, se advierte que cepas con diámetros mayores a 90 cm, tienen una *regular* y *mala* sanidad (Figura 13). Esto puede deberse a que estas cepas en general son seniles, y por tanto son más propensas a enfermedades y daños, o a que han sido intervenidas o dañadas anteriormente.



**Figura 13. Sanidad según tamaño de las cepas**

### 4.1.3 Origen biológico de los rebrotes

El origen biológico de los rebrotes intervenidos, para los ensayos con rebrotes de 2, 4, 6 y 8 años de edad, a 2 años del clareo, se presenta en la Figura 14.

Es importante destacar que estos resultados corresponden a diferentes ejemplares en los distintos ensayos, y no a la evolución del origen del rebrote entre los 2 y 8 años.

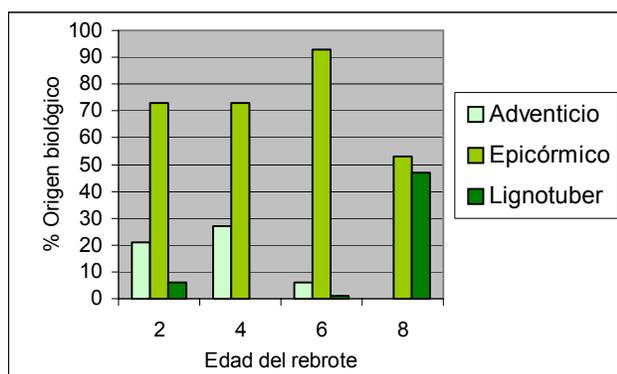


Figura 14. Origen biológico de los rebrotes de cepas intervenidas

Los rebrotes de cepa de quillay, se caracterizaron por presentar en su mayoría un origen biológico *epicórmico*. Al aumentar la edad de los rebrotes se presentó una proporción menor de rebrotes de origen *adventicios*, mientras que aquellos *del lignotuber* presentaron una mayor proporción.

Considerando todos los ensayos, los rebrotes seleccionados (intervenidos) al momento del establecimiento, presentaron un origen biológico del rebrote de un 11%, 17% y 72%, *del lignotuber*, *adventicios* y *epicórmicos*, respectivamente. Más tarde, al primer año post-clareo estas proporciones fueron de 12%, 9% y 79%, mientras que al segundo año post-clareo fueron de un 12%, 8% y 80%, para rebrotes *del lignotuber*, *adventicios* y *epicórmicos*, respectivamente. Así, la mayor mortalidad de los rebrotes afectó a aquellos de origen *adventicio*. Lo cual concuerda con los resultados obtenidos por Serra *et al.* (1994) y Estévez (1994).

Los rebrotes *adventicios* desaparecen en los mayores estadios debido principalmente a la competencia, de los rebrotes dentro de la cepa, al desarraigo, y al menor acceso a

nutrientes, debido a su ubicación dentro de la cepa. Por otro lado, los rebrotes *del lignotuber* presentaron una menor mortalidad, ya que fueron más escasos pero más estables. Similar a los resultados obtenidos por Serra *et al.* (1994) y Estévez (1994).

Así, las variaciones en las proporciones se producen por competencia entre los rebrotes *adventicios* y *epicórmicos* que presentan mayor mortalidad, en tanto que los rebrotes *del lignotuber*, o basales, tienen mayor sobrevivencia, debido a una menor competencia, mayor arraigo y mejor acceso a nutrientes, debido a su proximidad a las raíces, las que juegan un rol fundamental en la cepa como reservorio de nutrientes.

Éstos resultados concuerdan con las proporciones del origen biológico de rebrotes de quillay encontrados por Serra *et al.* (1994) y Estévez (1994), para un monte bajo con rebrotes de 2 años, post-explotación, en la Región Metropolitana de Chile central.

Por otro lado, se observó, que el origen de los rebrotes tiene relación con la condición sanitaria de la cepa. Registrándose en cepas de *buena* sanidad un mayor número de rebrotes de origen *epicórmico*, originados de la periferia del tocón, y en cepas de *mala* sanidad rebrotes de origen radicular, provenientes *del lignotuber*. Se presume esto último a una estrategia de supervivencia de la especie, esto debido a que el *lignotuber* es un órgano adaptativo de respuesta a “daños”, es un reservorio de yemas de rebrotes en latencia, nutrientes y agua, y son de más lenta aparición.

#### 4.1.4 Sobrevivencia de los rebrotes

La sobrevivencia de los rebrotes de cepas intervenidas, después de 2 años de realizado el clareo, se presenta en la Figura 15.

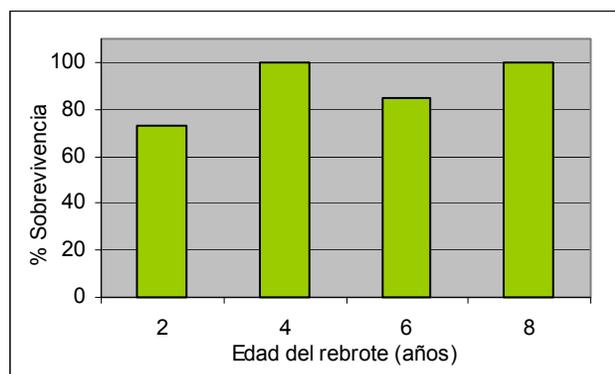


Figura 15. Sobrevivencia de los rebrotes de cepas intervenidas

De los datos presentados en la Figura 15, se desprende que los rebrotes en todas las edades seleccionados registraron una sobrevivencia mayor al 70%. Se observa una cierta tendencia a aumentar el porcentaje de sobrevivencia con la edad del rebrote. La mayor mortalidad en los rebrotes jóvenes, podría deberse a una mayor competencia entre ellos, debido al mayor número de rebrotes dejados por cepa. Mientras que la mayor sobrevivencia en rebrotes intervenidos a los 8 años de edad, podría deberse a que éstos ya se encuentran diferenciados socialmente, y aquellos suprimidos y menos vitales ya se han eliminado por mortalidad natural.

#### 4.1.5 Desarrollo de los rebrotes

El desarrollo promedio de los rebrotes por cepa y rodal, según ensayo, a 2 años de realizado el clareo, se presenta en el Cuadro 12.

**Cuadro 12. Desarrollo promedio de los rebrotes, por cepa y rodal, según ensayo**

ENSAYO	EDAD REBROTE	AÑO	Nº CEPAS	PARÁMETRO CEPA				PARÁMETRO RODAL	
				Nº rebrotes/ cepa	DM rebrotes (cm)	DCM rebrotes (cm)	Altura rebrotes (m)	Nº rebrotes/ ha	Área basal (m <sup>2</sup> /ha)
1	2	2002	18	4	3,8	4,3	2,9	32	0,046
	3	2003	16	4	6,3	6,6	3,9	27	0,092
	4	2004	15	3	7,8	8,4	4,4	23	0,127
2	4	2002	4	3	6,8	7,1	5,1	22	0,087
	5	2003	4	3	7,9	8,1	5,8	22	0,113
	6	2004	4	3	8,5	8,7	6,1	22	0,130
3	6	2002	24	5	6,1	6,3	3,9	29	0,090
	7	2003	24	5	7,2	7,4	4,6	27	0,116
	8	2004	22	5	8,6	8,8	5,0	25	0,145
4	8	2002	15	3	12,1	12,2	5,6	36	0,420
	9	2003	15	3	12,4	12,5	6,1	36	0,441
	10	2004	15	3	13,0	13,2	6,5	36	0,492

Donde: DM: diámetro medio; DCM: diámetro cuadrático medio.

Entre un 51-86% del área basal, del total de cepas originales, se recuperó después de 2 años de realizado el clareo, siendo el valor mayor para el ensayo con rebrotes de 8 años de edad, y el menor para el rebrote de 2 años.

El mayor desarrollo en diámetro del rebrote, se alcanzó en el primer año post clareo para los rebrotes de 2 y 4 años, y en el segundo año post clareo para los rebrotes de 6 y 8

años. El mayor desarrollo en altura del rebrote se alcanzó en el primer año post clareo, para todas las edades del rebrote estudiadas.

En general, para todos los ensayos, el número de rebrotes por hectárea fluctuó entre 22-36, mientras que el área basal lo hizo entre 0,046-0,492 m<sup>2</sup> por hectárea. La cepa promedio presenta entre 3-5 rebrotes por cepa, un diámetro promedio del rebrote entre 3,8-13,0 cm, y una altura promedio del rebrote entre 2,9-6,5 m, considerando los rebrotes estudiados de entre 2 y 10 años de edad.

#### 4.1.6 Comparación rebrotes intervenidos versus no-intervenidos

La comparación en desarrollo diametral medio y en altura entre aquellos rebrotes intervenidos *dominantes* (clareo) y no-intervenidos *dominantes* (testigo), luego de 2 años de realizado el clareo, realizado en base a todos los rebrotes *dominantes* testigos y una muestra aleatoria del mismo tamaño de rebrotes *dominantes* clareados, se presenta en la Figura 16 y 17, respectivamente.

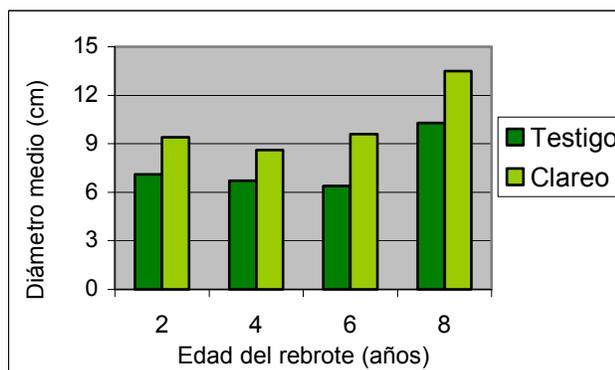


Figura 16. Desarrollo en diámetro, rebrotes intervenidos (clareo) y no-intervenidos (testigo)

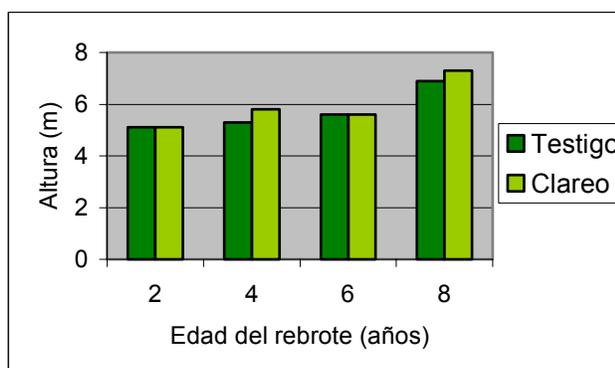


Figura 17. Desarrollo en altura, rebrotes intervenidos (clareo) y no-intervenidos (testigo)

De las Figuras 16 y 17 se extrae que aquellos rebrotes intervenidos (clareo) presentaron, en promedio, un mayor desarrollo en diámetro y altura respecto de aquellos no intervenidos (testigo). Este fue de hasta un 50% mayor en diámetro, y de hasta un 21% mayor en altura, en aquellos rebrotes intervenidos. El crecimiento de los rebrotes no intervenidos fluctuó entre 1,0-2,3 cm/año en diámetro, y entre 0,2-0,6 m/año en altura.

El análisis de covarianza realizado indica que existen diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ), tanto en el crecimiento en diámetro como en el de altura al realizar el clareo, para todas las edades del rebrote (Apéndice 1).

#### 4.1.7 Crecimiento de los rebrotes

El crecimiento individual por rebrote en diámetro medio, altura y área basal, se realizó sólo para aquellos rebrotes sobrevivientes después de 2 años de realizado el clareo. El detalle del desarrollo individual de estos rebrotes según ensayo se presenta en el Apéndice 2.

El crecimiento medio anual, de los rebrotes en diámetro medio, altura y área basal, por edad del rebrote, a 2 años del clareo, se presenta en las Figuras 18, 19, y 20, respectivamente.

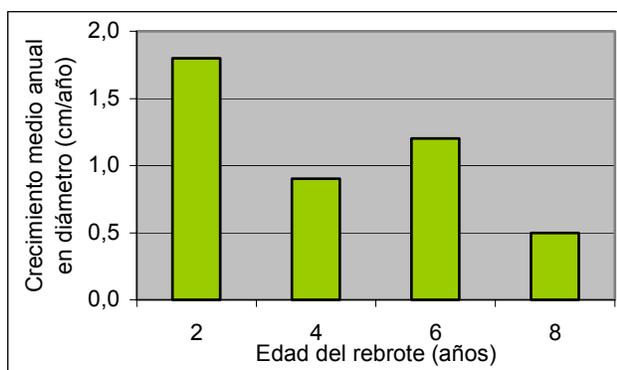
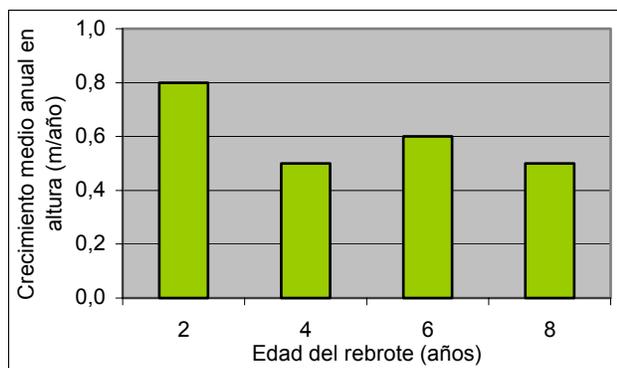
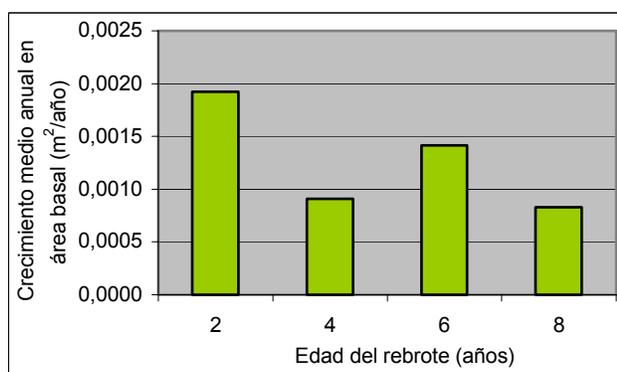


Figura 18. Crecimiento medio anual en diámetro de los rebrotes



**Figura 19. Crecimiento medio anual en altura de los rebrotes**



**Figura 20. Crecimiento medio anual en área basal de los rebrotes**

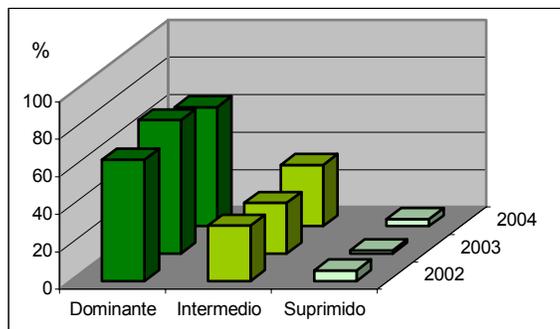
El crecimiento en diámetro medio, altura y área basal, de los rebrotes fue de entre 0,5-1,8 cm/año, 0,5-0,8 m/año, y  $0,80 \times 10^{-4}$ - $0,19 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/año, respectivamente. Estos valores concuerdan con los resultados obtenidos por Cruz *et al.* (2005), en el secano interior de la VI Región, donde se intervinieron rebrotes de quillay de 7 años de edad, y el resultado en crecimiento diametral fue de 1,1 cm/año, y en altura de 62,0 cm/año, luego de 4 años de realizado el raleo.

Así, para todas las variables, los mayores crecimientos medios anuales, se registraron en el ensayo intervenido a los 2 años de edad del rebrote, y los menores en el de 8 años.

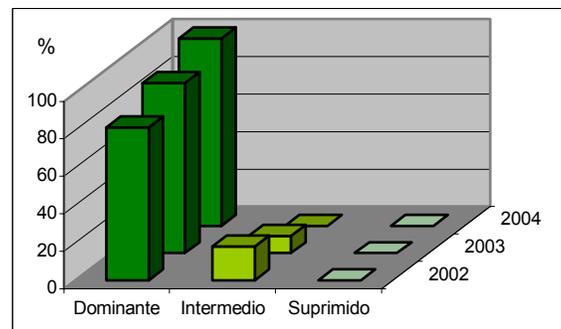
Si bien no se puede inferir estadísticamente una correlación negativa entre edad y crecimiento por el origen de los datos, sí se observa la tendencia de que a mayor edad del rebrote menor es el crecimiento, para las variables diámetro, altura y área basal.

#### 4.1.8 Dominancia de los rebrotes

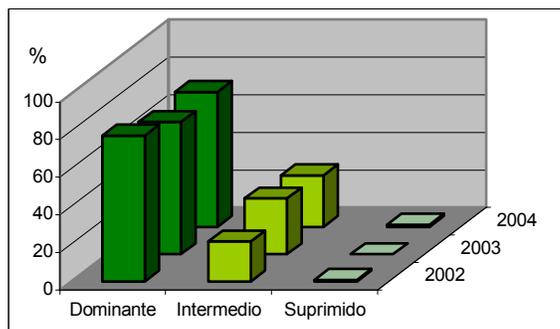
La evaluación de la dominancia, o posición social del rebrote dentro de la cepa, para los ensayos con rebrotes de 2, 4, 6 y 8 años de edad, según año de evaluación, se presenta en forma relativa (%) en las Figuras 21, 22, 23 y 24, respectivamente.



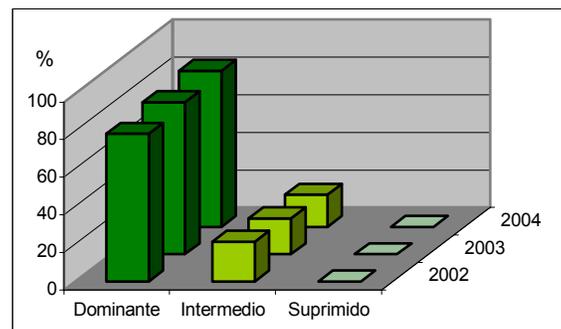
**Figura 21. Dominancia de rebrotes de 2 años**



**Figura 22. Dominancia de rebrotes de 4 años**



**Figura 23. Dominancia de rebrotes de 6 años**



**Figura 24. Dominancia de rebrotes de 8 años**

Los rebrotes se caracterizan en promedio por ser en su mayoría *dominantes* (80%), mientras que los *intermedios* representan un 19%, y los *suprimidos* un 1%, para la totalidad de los ensayos. Los criterios de selección del clareo tienen una gran importancia, en esta participación relativa de los rebrotes en dominancia, manteniéndose gran parte de los rebrotes *dominantes* seleccionados en el clareo, después de 2 años de realizado el clareo.

A pesar de que no se observaron grandes variaciones en la participación relativa de los rebrotes en dominancia, es posible advertir algunas diferencias. Entre los rebrotes de 2 a

6 años de edad, la proporción de aquellos *dominantes* tiende a disminuir levemente en el tiempo, aumentando al mismo tiempo aquellos *intermedios*.

Considerando silviculturalmente que en un claro se tiende a dejar aquellos rebrotes *dominantes* e *intermedios*, es posible plantear 2 situaciones extremas posibles, observadas en este estudio, siendo éstas determinadas de acuerdo a la intensidad del claro aplicada en cada ensayo. En un primer caso si se interviene tempranamente, a los 2 años, el rodal gana en crecimiento diametral pero pierde en calidad, ya que algunos rebrotes pierden dominancia. Por otro lado, en un segundo caso si se interviene tardíamente, a los 8 años, el rodal pierde en crecimiento diametral pero gana en dominancia. Por lo tanto es decisión del silvicultor sopesar esta situación caso a caso, para decidir la oportunidad e intensidad de la intervención.

#### 4.1.9 Rectitud de los rebrotes

La rectitud, o forma del rebrote, para los ensayos con rebrotes de 2, 4, 6 y 8 años de edad, según año, se presenta en forma relativa (%) en las Figuras 25, 26, 27 y 28, respectivamente.

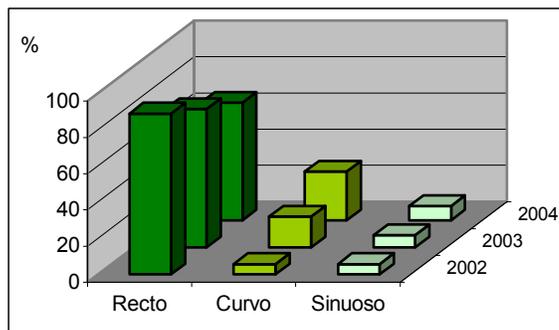


Figura 25. Rectitud de rebrotes de 2 años

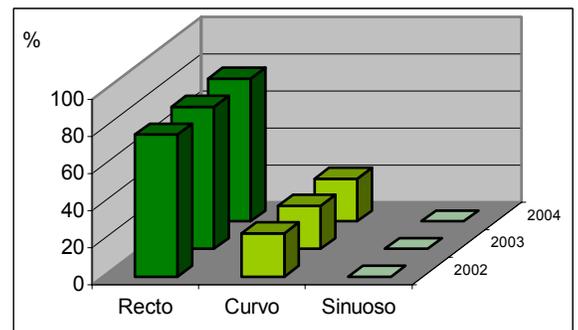


Figura 26. Rectitud de rebrotes de 4 años

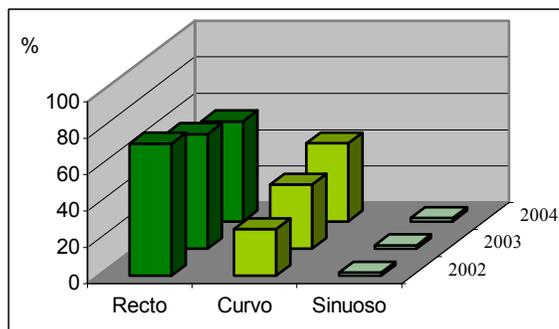


Figura 27. Rectitud de rebrotes de 6 años

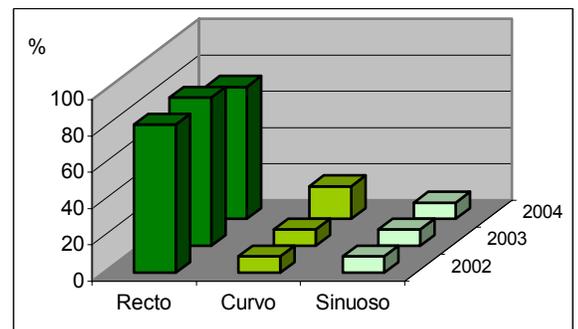


Figura 28. Rectitud de rebrotes de 8 años

Los rebrotes, después de 2 años de realizado el clareo, se caracterizaron en promedio por ser en su mayoría *rectos* (68%), mientras que los *curvos* representan un 28%, y los *sinuosos* sólo un 4%, para la totalidad de los ensayos. Esto guarda relación con los criterios de selección contemplados en el clareo.

Para las edades 2, 6, y 8 años del rebrote de cepas de quillay, la proporción de rebrotes *rectos* van disminuyendo y los *curvos* y *sinuosos* van aumentando con el tiempo, mientras que la edad de 4 años presenta una tendencia inversa. En general para todas las edades, aumenta levemente la proporción de rebrotes *sinuosos*. Esto podría deberse a que quillay es una especie intolerante a la sombra, y sus rebrotes al buscar la luz en condiciones de alta densidad tienden a deformarse. Por otro lado, a estas edades su fuste es poco lignificado, presentando un fuste falto de resistencia mecánica.

Así, la falta de luz y el mayor peso propio provoca la curvatura por falta de resistencia mecánica, principalmente en los rebrotes *intermedios* y *suprimidos*.

Desde el punto de vista silvicultural sería entonces aconsejable un manejo de monte bajo regular, ya que uno irregular propendería a una deformación de los rebrotes residuales después de un clareo o raleo.

#### 4.1.10 Dirección de los rebrotes

La dirección, o ángulo de inserción del rebrote dentro de la cepa, para los ensayos con rebrotes de 2, 4, 6 y 8 años de edad, según año, se presenta en forma relativa (%) en las Figuras 29, 30, 31 y 32, respectivamente.

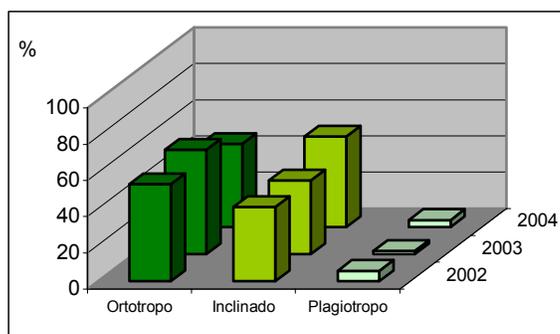


Figura 29. Dirección de rebrotes de 2 años

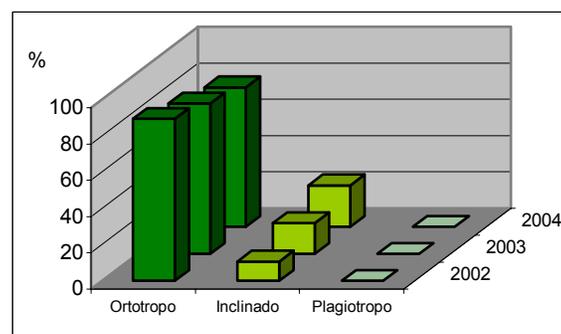
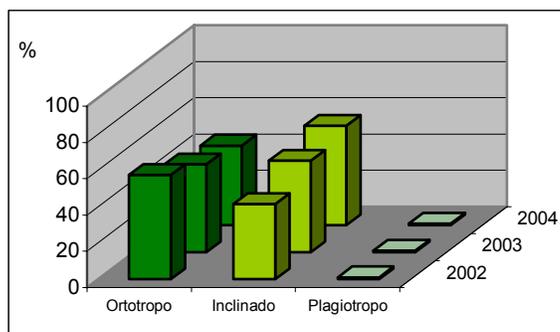
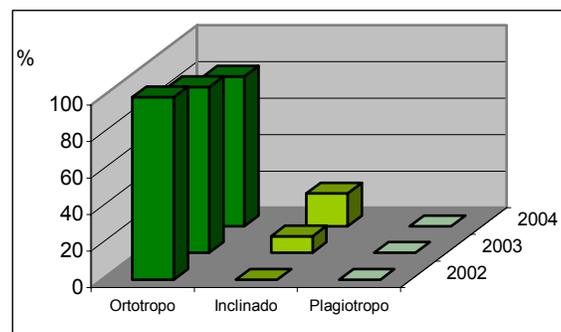


Figura 30. Dirección de rebrotes de 4 años



**Figura 31. Dirección de rebrotes de 6 años**



**Figura 32. Dirección de rebrotes de 8 años**

Los rebrotes, a 2 años del clareo, se caracterizan en promedio por ser en su mayoría *ortotropos* (62%), mientras que los *inclinados* representan un 37%, y los *plagiotropos* sólo un 1%, para la totalidad de los ensayos.

En general, para todas las edades del rebrote de cepas de quillay, la proporción de rebrotes *ortotropos* van disminuyendo y aquellos *inclinados* van aumentando con el tiempo.

Al igual que en la rectitud, esto se podría explicar por la falta de resistencia mecánica de los rebrotes, poca lignificación del eje principal, y por la competencia de éstos por luz dentro de la cepa.

En esta situación aquellos rebrotes *dominantes*, *rectos* y *ortotropos*, desplazan a aquellos *intermedios* y *suprimidos*, *curvos* y *sinuosos*, e *inclinados* y *plagiotropos*.

## 4.2 CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO Y CRECIMIENTO EN BIOMASA DEL REBROTE

### 4.2.1 Desarrollo en biomasa total de los rebrotes

El desarrollo en biomasa total de los rebrotes, en el rodal original y residual, según ensayo y año, se presenta en el Cuadro 13.

**Cuadro 13. Desarrollo en biomasa total de los rebrotes, según ensayo**

<i>Ensayo</i>	<i>Edad rebrote</i>	<i>Año</i>	<i>Biomasa (kg/rebrote)</i>	<i>Biomasa (kg/cepa)</i>	<i>Biomasa (kg/ha)</i>
1	2	2002-O	2	65	529
	2	2002-R	3	12	96
	3	2003-R	7	28	199
	4	2004-R	13	44	300
2	4	2002-O	5	42	336
	4	2002-R	9	25	202
	5	2003-R	12	32	253
	6	2004-R	14	39	313
3	6	2002-O	5	66	393
	6	2002-R	7	34	202
	7	2003-R	10	44	262
	8	2004-R	13	61	333
4	8	2002-O	13	112	1291
	8	2002-R	27	85	980
	9	2003-R	28	88	1014
	10	2004-R	31	98	1135

Donde O: Rodal Original; R: Rodal Residual. Valores de biomasa en peso seco.

El clareo tuvo una intensidad del 24-82% de la biomasa total original, correspondiendo la mayor al rodal con rebrotes de 2 años y la menor al con rebrotes de 8 años.

En general, el mayor desarrollo en biomasa total de los rebrotes, se alcanzó en el segundo año post clareo para todas las edades del rebrote estudiadas. Siendo este desarrollo de una magnitud de entre 1,2-3,8 veces mayor que el observado en el primer año post clareo.

La recuperación de la biomasa original total por hectárea, luego de 2 años de realizado el clareo, fue de entre un 57-93%, y en biomasa total por cepa fue de entre 68-93%. Siendo mayor en el rebrote de 4 años de edad, y menor en el rebrote de 2 años. Si se mantiene esta tendencia, se observa que en un plazo de entre 3 y 4 años desde la intervención, los ensayos recuperarían la biomasa original de las cepas intervenidas. Es importante señalar

que ésta biomasa se concentró en individuos vitales y de buena forma, susceptibles de un aprovechamiento económico.

#### 4.2.2 Crecimiento en biomasa total de los rebrotes

El crecimiento individual por rebrote en biomasa total, se realizó sólo para aquellos rebrotes sobrevivientes después de 2 años de realizado el clareo. El detalle de esta situación se presenta en el Apéndice 3.

El crecimiento medio anual en biomasa total, fue de entre un 2,2-4,6 kg/rebrote/año, registrándose el mayor crecimiento en el rodal de 2 años de edad, y el menor en el de 8 años (Figura 33).

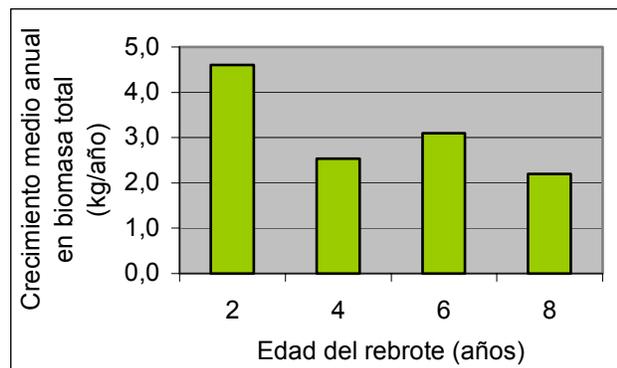


Figura 33. Crecimiento medio anual en biomasa total de rebrotes de cepa

Se observó la tendencia de que el mayor crecimiento periódico en biomasa total de los rebrotes, para todas las edades del rebrote ensayadas, ocurre al segundo año post clareo (Figura 34).

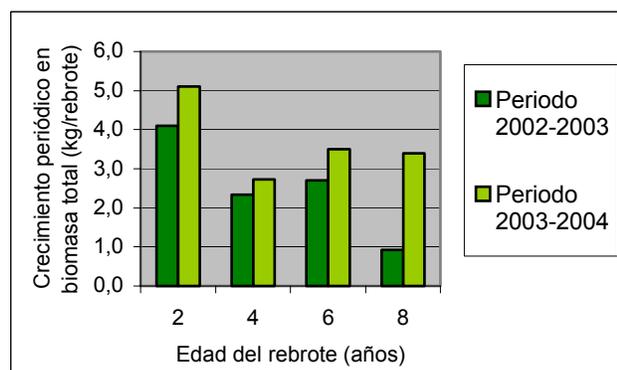


Figura 34. Crecimiento periódico en biomasa total de rebrotes de cepa

### 4.2.3 Desarrollo en biomasa por componente de los rebrotes

El desarrollo en biomasa de los 4 componentes principales de los rebrotes de cepas de quillay: fuste, ramas, corteza y hojas, según ensayo y año, se presenta en el Cuadro 14.

**Cuadro 14. Desarrollo en biomasa por componente de los rebrotes, según ensayo**

ENSAYO	EDAD REBROTE	AÑO	BIOMASA (Kg/REBROTE)			
			<i>Fuste</i>	<i>Rama</i>	<i>Corteza</i>	<i>Hoja</i>
1	2	2002-O	1,6	0,5	0,2	0,1
	2	2002-R	1,9	0,6	0,2	0,1
	3	2003-R	4,7	1,8	0,6	0,3
	4	2004-R	7,7	3,4	1,1	0,4
2	4	2002-O	3,1	1,1	0,4	0,2
	4	2002-R	6,0	2,2	0,8	0,3
	5	2003-R	7,2	2,9	1,0	0,4
	6	2004-R	10,6	3,7	1,5	0,4
3	6	2002-O	3,6	1,0	0,5	0,2
	6	2002-R	4,5	1,6	0,6	0,2
	7	2003-R	6,6	2,4	0,9	0,3
	8	2004-R	8,9	3,5	1,3	0,4
4	8	2002-O	7,9	3,6	1,1	0,4
	8	2002-R	16,6	7,8	2,5	0,7
	9	2003-R	18,4	8,1	2,8	0,7
	10	2004-R	20,9	9,3	3,2	0,8

Donde O: Rodal Original; R: Rodal Residual. Valores de biomasa en peso seco.

En general, el mayor desarrollo en biomasa por componente de los rebrotes, se alcanzó en el segundo año post clareo para todas las edades del rebrote estudiadas.

Al segundo año post clareo, el fuste presentó una magnitud del desarrollo en biomasa de entre 0,7-2,8 veces mayor que el observado en el primer año post clareo, mientras que para el resto de los componentes las magnitudes fueron de 1,1-4,0, 1,3-2,5 y 0,0-1,0, para ramas, corteza y hojas, respectivamente.

La recuperación en biomasa por componente, luego de 2 años de realizado el clareo, fue de entre 2,5-4,8 veces para el fuste, de entre 2,6-6,8 veces para las ramas, de entre 2,6-5,5 veces para la corteza, y de entre 2,0-4,0 veces para las hojas. La mayor recuperación la registró el rebrote de 2 años de edad, y la menor el rebrote de 6 y 8 años.

#### 4.2.4 Crecimiento en biomasa por componente de los rebrotes

El crecimiento individual por rebrote, en biomasa por componente, se realizó sólo para aquellos rebrotes sobrevivientes después de 2 años de realizado el clareo. El detalle de esta situación se presenta en el Apéndice 4.

El crecimiento medio anual en biomasa, por ensayo y componente de los rebrotes de cepa de quillay, se presenta en el Cuadro 15.

**Cuadro 15. Crecimiento en biomasa por componente de los rebrotes, según ensayo**

ENSAYO	EDAD REBROTE	BIOMASA (Kg/REBROTE/AÑO)			
		<i>Fuste</i>	<i>Rama</i>	<i>Corteza</i>	<i>Hoja</i>
1	2 años	2,7	1,3	0,4	0,2
2	4 años	2,3	0,8	0,4	0,1
3	6 años	2,1	0,9	0,4	0,1
4	8 años	2,2	0,8	0,4	0,1

El mayor crecimiento en biomasa total, registrado en rebrotes de 2 años de edad, se ve reflejado en el mayor crecimiento en biomasa de la componente *hoja* (0,2 kg/rebrote/año) en dicha edad, valor que refleja la mayor capacidad fotosintética, y que deriva, por lo tanto en el mayor crecimiento en biomasa total en este ensayo, observado anteriormente.

La contribución por componente al crecimiento total de estos, no muestra una tendencia respecto a la edad del rebrote (Figura 35). Esto podría deberse a que los rebrotes son muy jóvenes aun, y no manifiestan una acumulación marcada de biomasa en los distintos componentes. Por otro lado, los rangos diamétricos de los rebrotes estudiados quedan en el límite inferior de la función de biomasa utilizada (Pulido, 2000). En este sector la función no muestra mucha sensibilidad para la biomasa por componente.

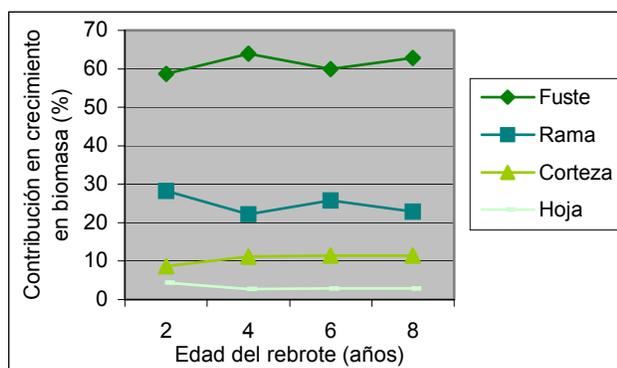


Figura 35. Contribución por componente al crecimiento total en biomasa de los rebrotes

### 4.3 IDENTIFICACIÓN DE LA EDAD ÓPTIMA PARA EL CLAREO

Para la identificación de la edad óptima del clareo, según las condiciones presentadas, se consideraron las variables cuantitativas, sobrevivencia del rebrote, crecimiento medio anual del rebrote en diámetro, altura, área basal, biomasa total y fustal, y las variables cualitativas, origen biológico, dominancia, rectitud y dirección del rebrote (Cuadro 16).

Cuadro 16. Resultados al clareo según edad del rebrote y variables cuantitativas y cualitativas

VARIABLE	UNIDAD MEDIDA	EDAD REBROTE (AÑOS)			
		2	4	6	8
Intensidad del clareo en área basal	%	80	44	50	25
CUANTITATIVAS					
Sobrevivencia	%	73	100	85	100
Crecimiento diámetro	cm/año	1,8	0,9	1,2	0,5
Crecimiento altura	m/año	0,8	0,5	0,6	0,5
Crecimiento área basal	m <sup>2</sup> /rebrote/año	0,2x10 <sup>-3</sup>	0,9x10 <sup>-4</sup>	0,15x10 <sup>-3</sup>	0,8x10 <sup>-4</sup>
Crecimiento biomasa total	kg/rebrote/año	4,6	2,5	3,1	2,2
Crecimiento biomasa fustal	Kg/rebrote/año	2,7	2,3	2,1	2,2
CUALITATIVAS					
Origen biológico (categoría <i>epicórmico</i> )	%	73	93	73	53
Dominancia (categoría <i>dominante</i> )	%	63	100	72	83
Rectitud (categoría <i>recto</i> )	%	65	77	55	73
Dirección (categoría <i>ortotopo</i> )	%	46	82	44	77

Nota: En gris se destaca la mejor respuesta de la variable

Al intervenir más tempranamente el rebrote entre los 2 y 4 años se obtiene el mejor comportamiento de las variables cuantitativas y cualitativas de éstos. En general se observa que existe una mejor respuesta, tanto cuantitativa como cualitativa, al intervenir de forma fuerte y temprana, que al intervenir suave y tardíamente.

En particular, al intervenir a la edad de 2 años se obtienen los mejores resultados de las variables cuantitativas, alcanzando los rebrotes el mayor crecimiento en diámetro, altura, área basal, biomasa total y fustal. Sin embargo, si se retrasa el clareo y éste se realiza a los 4 años, las variables cualitativas de los rebrotes alcanzan los mayores valores.

Para todas las edades estudiadas, la sobrevivencia fue mayor al 70%, la cual no presenta una tendencia para las distintas edades del rebrote.

Es importante señalar que además de las variables de los rebrotes analizados anteriormente, se deben considerar las siguientes características inherentes a la cepa para la elección de la oportunidad del clareo:

- Es esperable una baja retoñación al intervenir cepas grandes y con problemas de sanidad. Se observó la tendencia de que cepas de diámetro entre 30-80 cm retoñan bien, y que cepas de diámetro mayor a 100 cm presentan baja o nula capacidad de retoñación. Por otro lado, cepas con *buena* sanidad, en general retoñan bien, mientras que aquellas cepas de *mala* sanidad presentan una baja capacidad de retoñación.
- Se observó una mayor sobrevivencia en aquellos rebrotes cuyo origen biológico es *epicórmico*, y una alta mortalidad en rebrotes de origen *adventicio*.

Dados los resultados expuestos, ante la disyuntiva de la elección de la oportunidad óptima del clareo, se debe tener presente que estos resultados constituyen sólo tendencias del comportamiento del rebrote de monte bajo de quillay.

## 5. CONCLUSIONES

La intensidad del clareo fue de entre un 25 y 80% del área basal del total de cepas originales, la mayor fue realizada a los rebrotes de 2 años y la menor a los de 8 años. Después de 2 años de realizado el clareo, se observa una recuperación de entre un 51 y 86% del área basal del rodal original.

En cepas de *buena* sanidad se observó una muy buena retoñación (96%), mientras que las cepas que no retoñaron fueron cepas de gran tamaño y con problemas de sanidad. La retoñación se generó en forma continua después de la intervención, año a año. No se observó una tendencia entre capacidad de retoñación y tamaño de la cepa, sin embargo, existió una relación directa entre la capacidad de retoñación y sanidad de las cepas.

Los rebrotes presentaron una sobrevivencia mayor al 70%, para todas las edades estudiadas, a 2 años de realizado el clareo.

El origen biológico predominante de los rebrotes, correspondió a yemas epicórmicas (80%).

Los rebrotes clareados *dominantes* presentaron, en promedio, un mayor desarrollo que aquellos no-intervenidos *dominantes* (testigos), alcanzando un 50% y un 21% más de crecimiento en diámetro y altura que estos últimos, respectivamente.

Aquellos rebrotes clareados, alcanzaron crecimientos medios anuales, en diámetro medio, altura, área basal y biomasa total, de entre 0,5-1,8 cm/año, 0,5-0,8 m/año,  $0,80 \times 10^{-4}$ - $0,19 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/año y 2,2-4,6 kg/año, respectivamente. Los mayores crecimientos se registraron en rebrotes de 2 años de edad, y los menores en rebrotes de 8 años.

Los rebrotes de monte bajo de quillay, después de 2 años de realizado el clareo, se caracterizaron en promedio por ser en su mayoría *dominantes* (77%), con respecto a la posición social dentro de la cepa, *rectos* (68%), en cuanto a la forma, y *ortotropos* (62%) en cuanto al ángulo de inserción en la cepa.

Se concluye que al intervenir fuerte y tempranamente el rebrote, cuando tienen entre los 2 y 4 años, se obtiene una mejor respuesta de las variables cuantitativas y cualitativas que éstos presentan. Al intervenir los rebrotes a la edad de 2 años se obtiene el mejor comportamiento de las variables cuantitativas, alcanzando los rebrotes el mayor crecimiento en diámetro medio, altura, área basal, biomasa total y fustal. Por el contrario, si se clarean a los 4 años, los rebrotes presentan mayores valores en cuanto a las variables cualitativas, dominancia, rectitud y dirección.

Desde el punto de vista silvicultural sería aconsejable un manejo del monte bajo del tipo regular, ya que uno irregular propendería a una baja calidad de los rebrotes residuales después de un clareo o raleo. Esto en virtud de la intolerancia a la sombra de la especie.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ALARCÓN, C. 1993. Retoñación de cuatro especies del género *Eucalyptus* en Chile. Instituto Forestal. En Boletín: Los *Eucalyptus* en el desarrollo forestal de Chile. 227-237.
- BARAHONA, G. 2005. Variación en la composición química en albura, duramen y altura de madera pulpable de *Eucalyptus globulus*, proveniente de monte alto y monte bajo. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Santiago. Chile. 78p.
- BENEDETTI, S.; DELARD, C. y ROARCH, F. 2000. Quillay: Una alternativa multipropósito para la zona central. Documento Divulgativo 20. Proyecto PRODECOP SECANO-INFORMIA. Santiago. Chile. 12p.
- BLACKBURN, C. 1998. Evaluación del contenido y calidad de saponina obtenida a partir de árboles de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en tres localidades ubicadas en las regiones V y Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Tecnología de la Madera. Santiago. Chile. 106p.
- BRATTI, J. 1996. Efecto de la altura de corte en el rebrote de *Acacia saligna* (Labill.) H. Wendl. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile. 71p.
- CABELLO, A. y WIBERG, S. 2006. Factores que influyen en la germinación y producción de plantas de Quillay (*Quillaja saponaria*). [En línea]. <<http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n8/3.htm>>. [Consulta: 20 de Enero del 2006].
- CAMERATTI, G. 1969. Estudio de la brotación de tocones de *Eucalyptus globulus* Labill. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ingeniería Forestal. Valdivia. Chile. 33p.
- CONAF. 1989. Libro rojo de la flora terrestre de Chile (primera parte). Ministerio de Agricultura. Santiago. Chile. 157p.

CONAF. 1999. Base cartográfica VI Región, [CD ROM]. Rancagua. Chile.

CONAMA. 2005. Temas ambientales: Suelo situación regional, VI Región. [En línea]. <<http://www.conama.cl/portal/1255/propertyvalue-10611.html>>. [Consulta: 20 de Enero del 2006].

CRUZ, G. y PALMA, C. 1999. Distribución nacional del quillay. Proyecto FONDEF D97-12010 Manejo forestal y uso industrial del quillay. Departamento de Ciencias Forestales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 10p.

CRUZ, G.; ARELLANO, E. y PULIDO, A. 2000. Innovaciones en el manejo y uso industrial del quillay. Agronomía y Forestal UC (6): 21-25.

CRUZ, G. 2000. Silvicultura del quillay. En: Seminario-Taller “El quillay una nueva alternativa económica: Antecedentes para su comercialización, cultivo y manejo forestal. Manejo forestal y uso industrial del quillay”. Proyecto FONDEF D971-2010. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 18p.

CRUZ, G. 2001. Silvicultura para el uso industrial del quillay. Ensayo de Campo. En: Día de campo. Establecimiento de plantaciones y manejo de bosques naturales de quillay. Documento Técnico. CONAF VI Región, Proyecto FONDEF D971-2010. Provincia de Colchagua. Chile. 15p.

CRUZ, G. y BRAVO, R. 2003. Silvicultura para el uso industrial del quillay. Descripción y resultados de ensayos. Documento Técnico. Convenio CONAF VI Región - Pontificia Universidad Católica de Chile. Chile. 24p.

CRUZ, G. y NUÑEZ, Y. 2004. Respuesta al raleo de rebrotes de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), en el secano interior de Chile Central. Segundo Congreso Chileno Ciencias Forestales. En: Resúmenes y Actas. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 10 al 12 de Noviembre de 2004. Valdivia. Chile. 148p.

CRUZ, G.; BRAVO, R.; HIDALGO, F. y CABELLO, G. 2005. Informe de gestión año 2005: Presentación de resultados y descripción de ensayos. Documento técnico. Convenio CONAF VI Región- Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 18p.

DANIEL, P.; HELMS, U. y BAKER, F. 1982. Principios de silvicultura. Mc Graw-Hill. México. 492p.

DEL FIERRO, P. 2001. Efecto de tratamientos de corte sobre el rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. en Aucó, IV Región. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 109p.

DEL TREDICI, P. 2001. Sprouting in temperate trees: A morphological and ecological review. *The Botanical Review* 67 (2): 121-140.

DÍAZ, K. 2004. Evaluación del rendimiento volumétrico al aplicar un raleo en un espinal de la comuna de San Pedro, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 53p.

DONOSO, C. y CABELLO, A. 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. *Ciencias Forestales* 1 (2): 31-41.

DUCREY, M. 1992. Quelle sylviculture et quel avenir pour les taillis de Chêne vert (*Quercus ilex* L.) de la région méditerranéenne française. *Revue Forestière Française* 44 (1): 12-33.

DUERY, L. 2003. El quillay no sólo sirve para matar polillas. *El Mercurio*. Ciencia y tecnología [lunes 14 de abril del 2003]. Santiago. Chile. A11.

DURÁN, L. 2005. Evaluación de la producción y productividad en biomasa aérea de boldo (*Peumus boldus* Mol.), en un bosque esclerófilo de la comuna de María Pinto, Provincia de Melipilla, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 55p.

ESTÉVEZ, J. 1994. Caracterización del rebrote en cepas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), fundo El Toyo, Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 134p.

FAO. 2006. Estado actual de la información sobre árboles fuera del bosque. [En línea]. <[http://www.fao.org/documents/show\\_cdr.asp?url\\_file=/DOCREP/006/AD403S/AD403s04.html](http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/006/AD403S/AD403s04.html)>. [Consulta: 10 de Marzo del 2006].

FOREST ALL. 2003. Coberturas secano, pendiente-series-sueloclima-ueh. Servicio integral de forestación, asesorías forestales, [CD ROM]. Concepción. Chile.

GAJARDO, R. 1994. La vegetación natural de Chile: Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 165p.

GARCÍA, P. 1993. Efecto del corte en la producción y calidad forrajera del rebrote de *Atriplex nummularia* Lindl. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile. 90p.

GELDRES, E. 2004. Monte bajo, opción para tres especies de eucaliptos en segunda rotación, un caso en la provincia de Osorno, X Región, Chile. *Bosque* 25 (3): 57-62.

GONZÁLEZ, A. 2005. Evaluación económica de los tratamientos silviculturales aplicados en rodales mixtos de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. y *Pseudotsuga menziessi* (Mirb.) Franco, Villarrica, IX Región. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Santiago. Chile. 43p.

GONZÁLEZ, N. 2000a. Estudio de rebrotación en tres especies del género *Eucalyptus* en la precordillera de la Séptima Región. Universidad de Talca. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Forestal. Talca. Chile. 89p.

GONZÁLEZ, M. 2000b. Evaluación de la capacidad de rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. frente a diferentes opciones de corte en la IV Región de Chile. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 72p.

GRACIA, M. y RETANA, J. 2004. Effect of site quality and shading on sprouting patterns of holm oak coppices. *Forest Ecology and Management* 188 (1): 39-49.

IBÁÑEZ, C. 1981. Saponinas del quillay a mercados del mundo. [En línea]. <<http://www.creces.cl/new/index.asp?imat=%20%20%3E%20%2016&tc=3&nc=5&art=767.html>>. [Consulta: 20 de Enero del 2006].

INFOR. 2004. Incremento del negocio forestal a través de modelos de manejo y de gestión innovativa para la pyme forestal: La opción del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. Proyecto FONDEF D0211117. [En línea]. <[http://www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/Ficha\\_Proyectos/2003/Diseno/04\\_06\\_e%20globulus.htm](http://www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/Ficha_Proyectos/2003/Diseno/04_06_e%20globulus.htm)>. [Consulta: 20 de Septiembre del 2005].

INFOR. 2005. Proyecto: Desarrollo de opciones productivas de mayor valor agregado para plantaciones de *Eucalyptus nitens* en la IX y X Regiones: Propuesta silvícola. [En línea]. <<http://www.infor.cl/webinfor/investigacion/proyectos/eucanitens.htm>>. [Consulta: 20 de Septiembre del 2005].

LAGOS, J. 1998. Antecedentes bibliográficos de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y estudio de un bosque natural ubicado en la Provincia del Bio-Bio. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción. Chile. 86p.

MATTHEWS, J. 1998. Silvicultural systems. Oxford Science Publications. USA. 296p.

MESÓN, M. y MONTOYA, M. 1998. Selvicultura mediterránea. Ediciones Mundi-Prensa. España. 368p.

MOLINERO, L. 2002. Análisis de la covarianza. [En línea]. <<http://www.seh-lilha.org/ancova.htm>>. [Consulta: 15 de Julio del 2005].

MONTECINOS, V. 2001. Influencia del hábito de crecimiento del boldo (*Peumus boldus* Mol.), sobre la producción de fitomasa foliar. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 78p.

MONTENEGRO, G. 2002. Chile: Nuestra flora útil. Guía de uso apícola, medicinal folclórica, artesanal y ornamental. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Ediciones Universidad Católica. Santiago. Chile. 267p.

NATURAL RESPONSE. 2004. Utilización de los extractos de quillay. En: Seminario quillay, manejo sustentable y certificación internacional. Santiago. Chile. 5p.

NAVARRO, G.; BRAVO, R. y REYES, M. 2004. Manejo silvícola en monte bajo de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Gobierno de Chile, Corporación Nacional Forestal, Provincial Colchagua. En: Seminario Diversificación Forestal: Silvicultura para el uso sustentable de la especie quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), en el secano interior de la Provincia de Colchagua, VI Región. Noviembre de 2004. Lolol. Chile. 40p.

NAVARRO, R. 1995. Efecto de intervenciones silviculturales sobre el crecimiento y la producción de fitomasa de *Acacia caven* en Melipilla Región Metropolitana. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago. Chile. 89p.

NEGREROS-CASTILLO, P. y HALL, R. 2000. Sprouting capability of 17 tropical tree species after overstory removal in Quintana Roo, México. *Forest Ecology and Management* 126 (3): 399-403.

NYLAND, R. 1996. *Silviculture concepts and applications*. Mc Graw Hill. USA. 633p.

PRADO, A.; BAÑADOS, C. y BELLO, A. 1990. Antecedentes sobre la capacidad de retoñación de algunas especies del género *Eucalyptus* en Chile. *Instituto Forestal. Ciencia e Investigación Forestal* 4 (2): 183-190.

PULIDO, A. 2000. Funciones de biomasa para rebrotes de regeneración vegetativa de la especie *Quillaja saponaria* Mol. Proyecto de Título. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Santiago. Chile. 58p.

RODRÍGUEZ, R.; MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. *Flora arbórea de Chile*. Editorial de la Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 407p.

ROSENDE, R. 1990. Producción secundaria de especies de bosques esclerófilos y espinosos. En: Opciones silviculturales de los bosques esclerófilos y espinosos de la zona central de Chile. *Apuntes Docentes N°3*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 126-141.

RUIZ DE GAMBOA, C. 1986. Proposición de superficies y especies para forestar con fines energéticos en la Provincia de Choapa, IV Región. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 104p.

RYDBERG, D. 2000. Initial sprouting, growth and mortality of European aspen and birch after selective coppicing in central Sweden. *Forest Ecology and Management* 130 (1): 27-35.

SAN MARTÍN, R. y BRIONES, R. 1999. Industrial uses and sustainable supply of *Quillaja saponaria* (Rosaceae) saponins. *Economic Botany* 53 (3): 302-311.

SAN MARTÍN, R. 2000. Usos y el mercado del quillay. En: Seminario-Taller. El quillay una alternativa económica: Antecedentes para su comercialización, cultivo y manejo forestal. Manejo Forestal y Uso Industrial del quillay. Proyecto FONDEF D971-2010. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago. Chile. 6p.

SANTIBÁÑEZ, F. 1993. Atlas agroclimático de Chile: Regiones sexta, séptima, octava y novena. Laboratorio de agroclimatología. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Ingeniería y Suelos. Santiago. Chile. 99p.

SCHEFLER, W. 1981. Bioestadística. Editorial Fondo Educativo Interamericano. D.F. Mexico. 267p.

SERRA, M.; GAJARDO, R. y GREZ, I. 1994. Estudio del rebrote en cepas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol., Rosaceae). Informe final de proyecto específico de investigación. Proyecto D.T.I. A-3298/9212, A-3298/9322. 99p.

SERRADA, R.; BRAVO, J. y ROIG, S. 2004. Brotación en encinas (*Quercus ilex* subsp. *ballota*) con edades elevadas. Experiencias en el monte de Riofrío (Segovia). *Investigación Agraria: Sistema de Recursos Forestales (Fuera de serie)*: 127-141.

TEIXEIRA, P.; FERREIRA, R.; BARROS, N.; LIMA, J. y TEIXEIRA, J. 2002. *Eucalyptus urophylla* root growth, stem sprouting and nutrient supply from the roots and soil. *Forest Ecology and Management* 160 (1): 263-271.

TOLEDO, L. 2005. Descripción del rebrote en cepas de *Sequoia sempervirens* (D. Don) Endl. Memoria Ingeniero Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Escuela de Ciencias Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 81p.

TORAL, M. 1983. Estudio de la estructura, crecimiento y rendimiento en quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Departamento de Silvicultura y Manejo. Informe Técnico Final N°A 1180.8333. Santiago. Chile. 76p.

TORAL, M y ROSENDE, R. 1986. Producción y productividad de quillay. *Renares* 3 (8): 19-21.

TORAL, M. 1988. El efecto de diversas intensidades de clareo en el crecimiento de monte bajo de *Eucalyptus globulus*. En: Actas simposio manejo silvícola del género *Eucalyptus*. Corporación de Fomento de la Producción, Instituto Forestal, XV. Junio, 1988. Viña del Mar. Chile. 20p.

VITA, A. 1990. Silvicultura en bosques esclerófilos y espinosos. En: Opciones silviculturales de los bosques esclerófilos y espinosos de la zona central de Chile. Apuntes Docentes N°3. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 75-92.

VITA, A.; SERRA, M.; GREZ, I.; GONZÁLEZ, M. y OLIVARES, A. 1995. Intervenciones silviculturales en espinos (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) en la zona árida de Chile. *Ciencias Forestales* 10 (1-2): 51-62.

VITA, A. 1996. Los tratamientos silviculturales. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. Santiago. Chile. 149p.

VITA, A.; SERRA, M.; GREZ, I.; GONZÁLEZ, M. y OLIVARES, A. 1997. Respuesta del rebrote en espinos (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) sometido a intervenciones silviculturales en zona árida de Chile. *Ciencias Forestales* 12-13 (1-2): 3-18.

## 7. APÉNDICES

### APÉNDICE 1: Análisis de covarianza (ANCOVA) en la comparación de rebrotes intervenidos versus no-intervenidos (Intervalo de confianza 95,0%)

#### ANCOVA DIAMETRO - ENSAYO 1, CON REBROTOS DE 2 AÑOS

Coefficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,480
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,457

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	89,061	44,531	20,804	< 0,0001
Residuos	45	96,320	2,140		
Total	47	185,382			

#### ANCOVA DIAMETRO - ENSAYO 2, CON REBROTOS DE 4 AÑOS

Coefficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,777
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,604

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	53,125	26,562	14,465	0,000
Residuos	19	34,890	1,836		
Total	21	88,015			

#### ANCOVA DIAMETRO - ENSAYO 3, CON REBROTOS DE 6 AÑOS

Coefficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,691
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,684

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	273,742	136,871	101,735	< 0,0001
Residuos	91	122,428	1,345		
Total	93	396,170			

#### ANCOVA DIAMETRO - ENSAYO 4, CON REBROTOS DE 8 AÑOS

Coefficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,957
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,915

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	130,232	65,116	70,279	< 0,0001
Residuos	13	12,045	0,927		
Total	15	142,278			

**ANCOVA ALTURA - ENSAYO 1, CON REBROTOS DE 2 AÑOS**

Coeficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,366
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,338

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	6,104	3,052	12,994	< 0,0001
Residuos	45	10,569	0,235		
Total	47	16,672			

**ANCOVA ALTURA - ENSAYO 2, CON REBROTOS DE 4 AÑOS**

Coeficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,878
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,771

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	25,838	12,919	31,901	< 0,0001
Residuos	19	7,694	0,405		
Total	21	33,532			

**ANCOVA ALTURA - ENSAYO 3, CON REBROTOS DE 6 AÑOS**

Coeficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,637
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,629

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	17,583	8,792	79,993	< 0,0001
Residuos	91	10,001	0,110		
Total	93	27,585			

**ANCOVA ALTURA - ENSAYO 4, CON REBROTOS DE 8 AÑOS**

Coeficientes de ajuste:

R (coeficiente de correlación)	0,877
R <sup>2</sup> (coeficiente de determinación)	0,769

Evaluación del valor de la información originado por las variables:

Fuente	GDL	Suma los cuadrados	Cuadrado medio	F de Fisher	Pr > F
Modelo	2	40,608	20,304	21,681	< 0,0001
Residuos	13	12,175	0,937		
Total	15	52,783			

**APÉNDICE 2: Desarrollo individual de los rebrotes según ensayo**

<i>Ensayo</i>	<i>Edad rebrote</i>	<i>Año</i>	<i>Diámetro medio rebrotes (cm)</i>	<i>Altura rebrotes (m)</i>	<i>Diámetro cuadrático medio rebrotes (cm)</i>	<i>Área basal rebrotes (m<sup>2</sup>)</i>
1	2	2002	4,2	2,9	4,6	0,0017
	3	2003	6,3	3,9	6,8	0,0036
	4	2004	7,8	4,4	8,4	0,0055
2	4	2002	6,8	5,1	7,1	0,0040
	5	2003	7,9	5,8	8,1	0,0052
	6	2004	8,5	6,1	8,7	0,0059
3	6	2002	6,3	3,9	6,5	0,0033
	7	2003	7,3	4,6	7,5	0,0044
	8	2004	8,6	5,0	8,8	0,0061
4	8	2002	12,1	5,6	12,2	0,0117
	9	2003	12,4	6,1	12,5	0,0123
	10	2004	13,0	6,5	13,2	0,0137

**APÉNDICE 3: Desarrollo individual en biomasa total de los rebrotes según ensayo**

<i>Ensayo</i>	<i>Edad rebrote</i>	<i>Año</i>	<i>Biomasa (kg/rebrote)</i>	<i>Biomasa (kg/cepa)</i>	<i>Biomasa (kg/ha)</i>
1	2	2002	4	13	84
	3	2003	8	27	181
	4	2004	13	44	300
2	4	2002	9	25	202
	5	2003	12	32	253
	6	2004	14	39	313
3	6	2002	7	33	181
	7	2003	10	45	248
	8	2004	14	61	333
4	8	2002	27	85	980
	9	2003	28	88	1014
	10	2004	31	98	1135

**APÉNDICE 4: Desarrollo individual en biomasa por componente de los rebrotes**

<i>Ensayo</i>	<i>Edad rebrote</i>	<i>Año</i>	<i>Biomasa (kg/rebrote)</i>			
			<i>Fuste</i>	<i>Rama</i>	<i>Corteza</i>	<i>Hoja</i>
1	2	2002	2,3	0,8	0,3	0,1
	3	2003	4,8	1,9	0,7	0,3
	4	2004	7,7	3,4	1,1	0,4
2	4	2002	6,0	2,2	0,8	0,3
	5	2003	7,2	2,9	1,0	0,4
	6	2004	10,6	3,7	1,5	0,4
3	6	2002	4,8	1,7	0,6	0,3
	7	2003	6,8	2,5	0,9	0,3
	8	2004	8,9	3,5	1,3	0,4
4	8	2002	16,6	7,8	2,5	0,7
	9	2003	18,4	8,1	2,8	0,7
	10	2004	20,9	9,3	3,2	0,8