

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

CRECIMIENTO EN UN BOSQUE RALEADO DE
***Quillaja saponaria* Mol., EN LA VI REGIÓN**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

YOLANDA ANGELINA NUÑEZ CERDA

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

SANTIAGO - CHILE
2006

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento a nivel de rodal e individual de árboles de *Quillaja saponaria* (quillay), luego de cuatro años de efectuado un raleo en un rodal natural en el secano interior de Chile. Además, a nivel individual se relacionó el crecimiento en diámetro con variables cuantitativas y cualitativas de los rebrotes y se describió el crecimiento en altura de los individuos.

El ensayo de 4,2 ha, instalado en 1998, consistió en tres tratamientos, un testigo (T0), la extracción de los rebrotes de diámetros inferiores para concentrar el crecimiento de la cepa en dos o tres de mayor dimensión y mejor forma (T1) y, la cosecha de rebrotes de diámetros mayores y con problemas sanitarios para concentrar el crecimiento en varios rebrotes vitales y de buena forma con diámetros menores a 12 cm (T2).

Para la evaluación del crecimiento a nivel del rodal se realizaron dos censos (1998 y 2002). A nivel individual se comparó el crecimiento diamétrico mediante análisis de 104 rodela basales, en la cuales se midieron cuatro anillos de crecimiento previos a la intervención y cuatro anillos posteriores a ésta. Para la estimación de la altura se realizó un análisis de tallo para una submuestra de 39 árboles distribuidos en todas las clases diamétricas del rodal.

A nivel de rodal, el crecimiento en área basal fue de 0,48 m²/ha para T0, 0,30 m²/ha para T1 y 0,20 m²/ha para T3. Este crecimiento representa un incremento en el área basal del rodal residual de un 25, 60 y 53%, respectivamente. El crecimiento en biomasa alcanzó a 1,22 t/ha en T0, 0,76 t/ha en T1 y 0,49 t/ha en T2, lo que representa un incremento en la biomasa del rodal residual de 26, 63 y 57 %, respectivamente. Existen diferencias significativas entre los tratamientos, tanto en crecimiento en área basal como en biomasa (Duncan p < 0,05).

A nivel individual, el crecimiento diametral medio previo al raleo fue de 0,28 cm/año y posterior a éste de 0,69 cm/año. El crecimiento en biomasa, previo y posterior al raleo fue de 0,96 kg/año y 2,99 kg/año respectivamente. Se observaron diferencias significativas para ambas variables, previo y posterior al raleo realizado ($t_{104; 0,05}$).

El mayor crecimiento en diámetro, a nivel individual, lo presentan los rebrotes de mayores dimensiones (17,5 a 22,5 cm de dat), con menos de cinco rebrotes residuales por cepa, dominantes, de origen adventicio, con fustes sanos, bifurcados sólo en su segundo tercio, provenientes de cepas en estado sanitario bueno y regular y con copas amplias. El crecimiento en altura alcanzó 0,5 m/año los primeros 6 años y, posteriormente, disminuyó a 0,17 m/año.

Palabras claves: bosque esclerófilo, crecimiento, monte bajo, *Quillaja saponaria*, raleo.

SUMMARY

The growth of natural *Quillaja saponaria* (quillay) stand was evaluated four years after thinning at both stand and tree level, in an area of the semi-arid zone of Central Chile. In addition, the growth on quillay species' diameter was related to both quantitative and qualitative variables of the individual trees, and the growth in the quillay individuals' height was described.

The study was conducted on 4,2 hectares, and was installed in 1998. It included three trials:

1. - The control trial T0.
2. - Trial T1, in which the trees of lower diameters were extracted to concentrate the growth of the stump in two or three sprouts of larger diameter and better form.
3. - Trial T2, where trees of larger diameters but with sanitary problems were harvested to concentrate the growth on several vital and well- formed sprouts, with diameters smaller than 12 cm.

To evaluate the stand growth (at stand level) two censuses were conducted, one in 1998 and the other in 2002. To compare the growth in diameter of the individuals before and after the thinning, 104 basal cylinder wood sections from quillay individuals' were extracted. From those, eight rings, four before and four after the thinning, were measured in their width. To estimate the height of the trees, a stem analysis was conducted for 39 quillay trees, including all the stand diameter levels.

At the stand level, for the period 1998-2002, the growth in basal area corresponded to 0,48 m²/ha, 0,30 m²/ha, and 0,2 m²/ha, for T0, T1 and T2, respectively. The growth in biomass reached 1,22 t/ha, 0,76 t/ha, and 0,49 t/ha, for T0, T1 and T2, respectively. According to Duncan tests ($p < 0,05$), there were significant differences among the trials in both basal area and biomass.

At the tree level, the average diameter growth before thinning was 0,28 cm/year, and 0,69 cm/year after thinning. On the other hand, the average biomass growth was 0,96 kg/year and 2,99 kg/year for before and after thinning, respectively. Significant differences were

observed for both the diameter and biomass determinations between both periods (t 104; 0,05).

The higher increase in diameter occurred in the quillay trees with larger diameters (17.5 to 22.5 cm of diameter at stump height), with less than five residual sprouts per stump, dominant and of adventitious origin, with healthy stems, forked just at two thirds of the stem, and coming from stumps in a good sanitary state, with a wide crown. The quillay grows approximately 0,5 m/year in height during the first 6 years, and later on it decreases to 0,17 m/year.

Key words: coppice, growth, *Quillaja saponaria*, sclerophyll native forest, thinning.

1 INTRODUCCIÓN

El quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), es una especie endémica de Chile perteneciente al bosque esclerófilo, la cual presenta una gran potencialidad económica debido a su alto contenido de saponina.

Las saponinas son glucósidos producidos por el metabolismo secundario de las plantas, los cuales son utilizados para formar compuestos fosfolípidos usados principalmente en la industria farmacológica, cosmética y dermatológica por su calidad emulsionante (Muñoz *et al.*, 2004).

La explotación tradicional de quillay para extraer sólo su corteza, por su alto contenido de saponina tritergénica, ha provocando una subutilización y degradación del recurso. Sin embargo, en el año 1995 se desarrolló en Chile un proceso industrial que permite utilizar de manera más eficiente el árbol, aprovechando los fustes y ramas para obtener saponinas. Dos años más tarde, este proceso se comenzó a aplicar a escala industrial, generando actualmente un mercado para la biomasa leñosa de quillay (Cruz y Bravo, 2003).

Considerando este tipo de producto, las características de la especie y la estructura de las formaciones vegetales actuales en que participa la especie, el manejo de rebrotes de monte bajo, constituye la forma de manejo más adecuada para realizar un uso sustentable del recurso. Sin embargo, la aplicación de este esquema de manejo, hace necesario estimar el crecimiento en biomasa de los individuos sometidos a éste.

En virtud de lo anterior, la presente memoria pretende generar antecedentes sobre el tema a través de los siguientes objetivos.

- Evaluar la respuesta en crecimiento de un rodal de quillay después de cuatro años de efectuados distintos tipos de raleo.
- Comparar el crecimiento diamétrico antes y después de la intervención en rebrotes individuales.

- Relacionar el crecimiento con variables cuantitativas y cualitativas de los rebrotes
- Describir el crecimiento en altura de rebrotes de monte bajo de quillay.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Antecedentes generales de *Quillaja saponaria*

2.1.1 Taxonomía y morfología

Quillaja saponaria Mol. pertenece a la familia Rosaceae. Es un árbol siempreverde de hojas esclerófilas (Montenegro, 2002). En general mide alrededor de 15 m de altura, pudiendo alcanzar más de 30 m y 1,5 m de diámetro (Vita, 1966). Presenta flores hermafroditas, blanquecinas, aplanadas, dispuestas generalmente en pequeños corimbos terminales o solitarias. Florece desde octubre a enero. Los frutos corresponden a polifolículos que permanecen secos y abiertos en el árbol durante largo tiempo (Rodríguez *et al.*, 1983).

2.1.2 Distribución

El quillay, corresponde a una especie endémica de Chile. Tiene un área de distribución natural que abarca desde la Provincia de Limarí (IV Región), hasta la provincia de Biobío (VIII Región) (Rodríguez *et al.*, 1983).

Esta especie se desarrolla en laderas de la Cordillera de los Andes, entre los 15 y los 1.600 m.s.n.m sobre suelos graníticos depositacionales y de lomajes y cerros de la Cordillera de la Costa, prácticamente en todas las posiciones fisiográficas (Rodríguez *et al.*, 1983; Gallardo y Gastó, 1987).

En general, se encuentra en condiciones climáticas de precipitación variada, asociado a diferentes situaciones geomorfológicas. Sobre los 800 mm anuales de precipitación está presente preferentemente en laderas de exposición norte y suelos de menor contenido hídrico. En cambio, con 300 mm de precipitación anual, quillay se distribuye en laderas de exposición sur y, con menos de 250 mm en llanos con aportes hídricos externos. No acepta excesos de agua, no observándose en ambientes hidromórficos. La especie no está presente en suelos lacustres orgánicos y arcillosos, con mal drenaje y con exceso de salinidad. No se observa en los suelos aluviales de la depresión central, debido a que estas áreas se caracterizan por su alta intervención antrópica (Gallardo y Gastó, 1987).

Según Donoso (1981), quillay domina en las áreas más secas, especialmente en las laderas orientales de la Cordillera de la Costa y en la Cordillera de los Andes hasta los 1.500 m.

2.1.3 Vegetación

Vegetacionalmente, el quillay se encuentra concentrado en la Región del Matorral y Bosque Esclerófilo, donde define cuatro comunidades, junto a: *Porlieria chilensis* (guayacán), *Lithraea caustica* (litre), *Colliguaya odorifera* (colliguay) y *Cryptocarya alba* (peumo) y participa como especie acompañante, común o ocasional en otras once comunidades. También se encuentra presente en algunas comunidades de la Región de Bosque Caducifolio, pero sólo en las categorías de especie acompañante y común (Gajardo, 1994).

Quillay se asocia con distintas especies y normalmente no sobrepasa los 30 individuos por hectárea. Sólo en ocasiones se presenta como bosque denso casi puro, cuya densidad alcanza 200 ejemplares/ha (Torral, 1983; Gallardo y Gastó, 1987).

El quillay es una especie intolerante y cuando existen condiciones más favorables de humedad es desplazado por especies más tolerantes como peumo y boldo (*Peumus boldus*) (Vita, 1974)

Las formaciones esclerófilas dominadas por quillay alcanzan las 230.605 ha, y están representadas principalmente por matorrales (61%), las formaciones arbóreas sólo abarcan 86.470 ha (38%) de la superficie total (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999; Cruz y Palma, 1999).

De acuerdo a la legislación forestal chilena el quillay pertenece al tipo forestal esclerófilo (Ministerio de Agricultura, Chile, 1980)

2.1.4 Composición y estructura

Actualmente la estructura de las formaciones, en las cuales participa quillay, corresponden en su mayoría a un monte bajo resultante de la regeneración vegetativa de las especies arbóreas producto de la presión antrópica (Gajardo, 1994).

Según Toral (1983), la estructura de los bosques de quillay varía en relación al grado de intervención del bosque; se presenta como un monte regular, si la cosecha del bosque fue total o como uno irregular, si ésta fue parcial. Este autor además señala que la estructura de monte alto es muy escasa y su densidad muy variable.

2.1.5 Regeneración

2.1.5.1 Sexual por semillas

La producción de semillas de quillay es variable, presentando algunos años de baja producción y luego una serie de años de alta producción. Se ha observado que mientras más fría es la estación, más largo es el ciclo de producción de semillas (Vita, 1996). Sus semillas aladas son dispersadas por el viento entre los meses de febrero y mayo (Cabello, 1990).

En general, bajo la copa de quillay existen condiciones favorables para la germinación de semillas, pero no para el establecimiento de plántulas, ya que la planta, requiere protección contra el ganado y ausencia de competencia, aunque se pueden realizar trabajos al suelo para mejorar las condiciones de germinación. Resulta frecuente observar, ejemplares jóvenes de quillay desarrollándose bajo o entre la copa de individuos de *Acacia caven* (espino), los que conforman una protección contra el ganado (Gallardo y Gastó, 1987). No obstante lo anterior Vita (1990) señala que bajo la copa de quillay generalmente no existen buenas condiciones para la germinación de quillay, debido a la interferencia provocada por el mantillo de hojarasca que impide el contacto de la semilla con el suelo.

El quillay presenta buena germinación en vivero. Cabello (1990) señala que el porcentaje de germinación de quillay, sembrado en los meses de junio-julio, luego de un proceso de

estratificación de 0-15 días, corresponde a un 89,1 %. Sin embargo su etapa crítica se produce en el establecimiento.

2.1.5.2 Asexual o vegetativa por rebrote

El quillay, como la mayoría de las especies del bosque esclerófilo, presenta principalmente una estrategia de regeneración vegetativa por retoños o rebrotes (Vita, 1993).

La capacidad de retoñación de quillay es excelente; el primer año, luego de la explotación, retoña el 76% de los individuos explotados y, a los dos años y medio, la totalidad de los individuos presenta retoñación, excepto los dañados. En términos de cepas totales, retoñadas al año post-explotación es cercano al 100% (Serra *et al.*, 1994).

Serra *et al.* (1994), determinaron que las yemas que generan los rebrotes de quillay, presentan distinta naturaleza biológica, grado de participación y comportamiento en el crecimiento y en la dinámica del tallar o monte bajo. Estas corresponden a yemas adventicias, epicórmicas y de lignotuber.

En un rodal de quillay sometido a manejo silvícola, se observó una muy buena retoñación, correspondiendo gran parte a yemas epicórmicas como del lignotuber, sólo aquellas cepas de grandes dimensiones y con problemas sanitarios no retoñaron (Cruz y Bravo, 2003).

La cantidad y el vigor de los rebrotes, dependen de la condición específica del tocón y de los factores ambientales que afectan a la cepa, en especial, a la competencia lumínica y a su estado sanitario (Serra *et al.*, 1994).

Según Estévez (1994), la altura promedio de los ejes, el número de ejes y el diámetro de los nudos generados posterior a la intervención, no se encuentran influenciados por el diámetro de tocón y altura de corte.

2.1.6 Usos

El quillay ha sido usado principalmente para extracción de su corteza la cual contiene la mayor concentración de saponinas en relación a otros componentes del árbol. Las explotaciones a comienzo del 1800 eran de 300 t promedio al año; éstas se incrementaron a principios de 1900, alcanzando 2.100 t por año, pero en la década de los 60 esta producción se estabilizó en 1.000 t de corteza explotadas al año (Neuenschwander, 1965). Actualmente las exportaciones de corteza de quillay alcanzan las 334 t anuales (INFOR, 2005)

Quillay es una especie muy apta para la reforestación y recuperación de terrenos degradados en la zona central de Chile (Serra, 1998). La flor de quillay, debido a sus cualidades melíferas, es cotizada en la producción apícola. Su madera es sólo de regular calidad y se utiliza principalmente como carbón y en la fabricación de herramientas agrícolas (Gastó y Gallardo, 1987).

El principal uso actual de quillay es la extracción de saponinas para múltiples usos: espumante en bebidas y cervezas, cosméticos, minería, agricultura, preparación de películas fotográficas, aditivo en alimentos animales, tratamiento de efluentes, preparación de alimentos lácteos con bajo contenido de colesterol, adyuvante en vacunas animales y humanas, emulsificante alimenticio, etc. Estas saponinas son producidas y comercializadas por una empresa nacional, con un orden de producción anual de extracto de quillay que representa más del 50% del mercado mundial de este producto. La tecnología utilizada ha permitido bajar de 55.000 a 6.500 la cantidad de árboles explotados anualmente para obtener la misma cantidad de producto final, el que puede ser un extracto puro o purificado, en formulación líquida o polvo (Natural Response, 2006).

FIA-INDAP-INFOR (2000) establecen que el quillay, por su plasticidad ecológica y capacidad productiva, representa una oportunidad económica para pequeños propietarios, por lo tanto constituye una especie interesante de promover.

2.2 Crecimiento

Por crecimiento se entiende el incremento gradual de un organismo, población u objeto en un determinado período de tiempo (Prodan *et al.*, 1997). En términos forestales, se expresa por los incrementos en el tiempo, de las variables diámetro, área basal, altura, volumen y biomasa.

El conocimiento del crecimiento de una especie o un rodal, constituye una herramienta de planificación forestal, la que junto a otro tipo de información, hace posible determinar niveles de cosecha sustentables, evaluar opciones silvícolas y examinar el impacto que los esquemas de manejo, tienen sobre otros valores del bosque (Vanclay, 1994).

El crecimiento de los árboles individuales, está influido por sus características genéticas y su interrelación con el medio ambiente, factores climáticos, de suelo y características topográficas, cuya suma representa el concepto de calidad de sitio. Unida a estos factores, la competencia juega un papel relevante dado que es más controlable a través del manejo silvicultural (Thren, 1993; Prodan *et al.*, 1997).

2.2.1 Crecimiento de quillay en diámetro y altura

Vita (1974) señala que el crecimiento medio anual en diámetro de quillay, para la zona de Valparaíso y Santiago, se estima en 0,8 cm/año. Según Toral (1983), el incremento medio en diámetro para quillay es de 0,64 cm/año, a los 5 años, con un máximo de 0,7 cm/año a los 7 años. Luego, se produce un decremento constante hasta los 55 años, con valores cercanos a 0,57 cm/año. Por otro lado, en el crecimiento en altura se reconocen tres etapas: la primera, entre los 5 y 25 años, con un incremento promedio de 0,19 m/año, la segunda, entre los 25 y 45 años con 0,14 m/año y la tercera entre los 45 y 60 años, con un crecimiento promedio de 0,10 m/año. Esto representa un crecimiento promedio general en altura de 0,14 m/año. Respecto al crecimiento en volumen del fuste, la curva de crecimiento anual corriente es interceptada por la curva de crecimiento anual medio, a los 52-53 años, momento en que el fuste presenta un diámetro de 28 cm, instante que puede considerarse como la edad de rotación óptima.

Serra *et al.* (1994), en rebrotes de 10 meses, determinaron que el crecimiento promedio en diámetro presentado por los rebrotes adventicios, epicórmicos y de lignotuber fue similar, correspondiendo a 0,67, 0,74 y 0,78 cm respectivamente. Para el crecimiento en altura, los promedios fueron 64, 69 y 91 cm respectivamente, observándose una clara superioridad en los rebrotes de lignotuber.

Lagos (1998), comparó el crecimiento entre un árbol proveniente de rebrote y otro de semilla en la VIII Región; los incrementos en altura fueron mayores para el árbol proveniente de rebrotes hasta los 45 años, luego se produjo un mayor incremento en el individuo proveniente de semilla, alcanzando al momento de la corta 16,5 m (a los 87 años) y 19,6 m (a los 85 años), respectivamente. También se observó que el árbol proveniente de rebrote tiene un mayor desarrollo en DAP, durante los primeros 10 años respecto al de semillas. Desde este punto en adelante y, en especial, a partir de los 20 años el árbol proveniente de semilla aumentó su tasa de crecimiento sobrepasando, a los 44 años, al árbol proveniente de rebrotes. Los incrementos en diámetro del árbol proveniente de rebrote fueron muy irregulares, decreciendo a partir de los 35 años de edad. El crecimiento en volumen del árbol proveniente de rebrote fue escaso hasta los 20 años; de ahí en adelante mostró un desarrollo creciente, alcanzando a los 87 años un volumen total de 0,29 m³. El árbol proveniente de semillas, incrementa su volumen a partir de los 30 años, alcanzando a los 85 años 1,06 m³. La disminución de crecimiento en el árbol de rebrote se debe principalmente a la competencia. Estos antecedentes deben considerarse preliminares ya que este estudio se realizó en base al análisis fustal de sólo dos individuos, uno proveniente de rebrote y otro de semilla.

De acuerdo con Cruz *et al.* (2005), los rebrotes clareados de quillay alcanzan a los siete años de edad un crecimiento medio anual en diámetro de 1,1 cm y un crecimiento altura cercano a los 62 cm. En promedio no se apreciaron grandes diferencias, en cuanto al desarrollo en diámetro y altura de los rebrotes entre distintas densidades residuales dejadas en la cepa. Sin embargo, en los rebrotes dominantes, se observó que el desarrollo era más vigoroso, alcanzando éstos un mayor diámetro y altura.

Según Reyes (2006) en un estudio realizado en rebrotes clareados de quillay, señala que éstos alcanzaron crecimientos medios anuales, en diámetro, altura y área basal de 0,5-1,8 cm/año, 0,5-0,8 m/año y $0,8 \times 10^{-4}$ - $0,2 \times 10^{-3}$ m²/año respectivamente. Registrándose los

mayores crecimientos en rebrotes de 2 años de edad, y los menores en rebrotes de 8 años.

2.2.2 Crecimiento de quillay en biomasa

Biomasa se define como el peso seco total de los organismos vivos que se encuentran en un ecosistema, en un período determinado (Newbould, 1969).

Los estudios de crecimiento en biomasa del quillay con fines de manejo forestal son escasos. Algunos son globales e imprecisos (Donoso, 1981), otros sólo se han realizado para rodales no intervenidos de monte alto (Toral, 1983), o sólo cuentan con una muestra insuficiente (n=2) para estimar el crecimiento en biomasa (Lagos, 1998).

Los estudios más abundantes abordan el crecimiento de la especie desde el punto de vista biológico y a nivel de los componentes individuales de la planta (Montenegro *et al.*, 1979; Montenegro, 1987; Montenegro *et al.*, 1989). Otros, estudian la capacidad de rebrote (en forma natural, por incendios o corta) y el desarrollo inicial de los rebrotes de tocón (Araya y Avila, 1981; Montenegro *et al.*, 1983; Villaseñor y Saiz, 1993; Serra, *et al.*, 1994; Estévez, 1994). Sin embargo, ninguno de estos estudios aborda el crecimiento de la especie bajo intervenciones silviculturales destinadas a la producción de biomasa.

Debido al interés comercial de la corteza, gran parte de los estudios de biomasa de quillay se ha centrado en este componente arbóreo, desarrollándose una serie de funciones para su estimación (Neuenschwander, 1965; Maldonado, 1967; Gajardo y Verdugo, 1977; Álvarez de Araya, 1979).

Según Encina y Latorre (1977, citados por Donoso 1981), en bosques mixtos de quillay, peumo, litre, espino, boldo y *Talguenea quinquenervis* la producción volumétrica de madera para individuos de DAP igual o mayor a 25 cm fluctúa entre 0,8 y 6,2 m³/ha/año,

considerando los valores más bajos para densidades entre 45-50 individuos y los más altos a densidades de aproximadamente 100 individuos por hectárea.

Para una estructura representativa de quillay la biomasa presente alcanza unas 20,6 t/ha (Toral, 1983).

Pulido (2000) estimó funciones que predicen la biomasa de los distintos componentes arbóreos de individuos de monte bajo de quillay. Además, determinó que la distribución de biomasa en estos individuos era la siguiente: fuste 58%, ramas 30%, hojas 4% y corteza

9%. El porcentaje de biomasa de los rebrotes de quillay, determinado por la autora, difiere con respecto al 68 y 15%, entregado por Toral y Rosende (1986) para fuste y ramas, respectivamente. Esta diferencia se explica, porque los rebrotes de monte bajo tienen una mayor ramificación que los árboles de monte alto.

Rebrotes clareados de quillay, de edades que fluctúan entre los 2 y 8 años, alcanzan crecimientos en biomasa de 3,0 a 4,5 kg/año (Reyes, 2006).

2.3 Antecedentes de manejo silvicultural

Desde el punto de vista silvicultural en quillay, se han estudiado distintos aspectos, tales como su regeneración y reforestación por siembra directa (Schlegel y Vita, 1967; Vita, 1970; Vita, 1974; Prado, *et al.*, 1983; Wrann, 1985; Vita y Hernández, 1986; Vita, 1993), como también, su propagación por semillas (Smith *et al.*, 1976; Lopez *et al.*, 1986; Cabello, 1990; Christersson, 1991) y propagación vegetativa (Mera, 1990; Prehn, 2000).

Por otro lado, varias investigaciones abordan las técnicas de plantación de la especie (INFOR, 1976; Schickhardt y Prado, 1976; Barros y Schickhardt, 1978; Prado, 1979; Wrann e Infante, 1988; Vita, 1990; Bravo, 1999; Cruz, 2000; Cruz y Duchens, 2000; Navarro y Bravo, 2001).

Sin embargo, a pesar que el manejo de monte bajo para la especie ha sido propuesto por distintos investigadores (Neuenschwander, 1965; Vita, 1974; Cruz *et al.*, 2000; Cruz, 2001) y se han hecho propuestas técnico-legales para la aplicación de este método (Mendoza, 1984), éste sólo ha sido estudiado recientemente en forma preliminar (Cruz, 2000; Cruz, 2001).

De acuerdo a la legislación vigente, uno de los métodos silviculturales aplicable a quillay, corresponde a la corta selectiva con una extracción máxima de 35% del área basal del rodal, debiendo establecerse como mínimo 10 plantas de la misma especie por cada individuo cortado, o 3.000 plantas por ha, en ambos casos, homogéneamente distribuidos,

estableciendo como tiempo mínimo cinco años para efectuar otra corta (Ministerio de Agricultura, Chile, 1980)

Los criterios de corta propuestos por Mendoza (1984) y utilizados tradicionalmente para la explotación de quillay son los siguientes:

- Cepas de 1 pie: se corta sólo cuando el DAP sea mayor o igual a 20 cm o bien cuando presenten sobremadurez, con presencia de pudrición central.

- Cepas de 2 pies: Se corta un pie por cepa sólo cuando de éste se obtenga corteza comercial (sobre 20 cm de DAP). Si el pie residual es de mala forma o tiene pudrición deben cortarse ambos pies.

- Cepas de 3 ó más pies: Se corta en todos los casos el pie de mayor diámetro; de los pies restantes se deja a lo menos un pie, que posea las mejores características en cuanto a diámetro, sanidad y forma. No se deben dejar más de tres rebrotes por tocón.

2.4 Raleos

Los raleos son intervenciones silvícolas que tienen por objetivo concentrar el potencial de producción maderera del rodal en un número limitado de árboles selectos, mediante el control del espacio de crecimiento y eliminando competidores. Los efectos básicos del raleo son: aumento en la eficiencia fotosintética de la masa foliar, aumento en el tamaño y extensión de las ramas, crecimiento fustal y aumento de la conicidad (Corvalán y Hernández, 2001).

En especies que poseen como característica adaptativa la facilidad de rebrotar después de disturbios, el raleo constituye una herramienta de manejo muy adecuada para mejorar los crecimientos, debido que estas especies presentan estructuras con muy alta densidad, fuerte competencia por recursos y muy bajas tasas de crecimiento. Aunque el auto raleo es un mecanismo natural para reducir la densidad y para incrementar el tamaño de los árboles, la baja tasa de crecimiento conduce a estos bosques a un casi permanente estado de estagnación en que la mayoría de la producción primaria total es invertida en respiración conduciendo a una muy baja producción primaria neta. Esta baja producción

primaria neta en una alta densidad de árboles produce un bajo crecimiento en diámetro (Gracia *et al.*, 1999).

Un buen manejo de raleo requiere consideración de la especie, el suelo en que ésta crece y el objetivo de producción definido. Generalmente, el crecimiento vegetativo y reproductivo de los árboles residuales es acelerado porque se produce una mayor disponibilidad de luz, agua y nutrientes. Al aumentar la hidratación de la hoja y la luminosidad se produce un incremento en la fotosíntesis aumentando, a la vez, el tamaño de las hojas y de la copa, generando una mayor superficie fotosintéticamente activa. Estos cambios son seguidos por el incremento de carbohidratos transportados hacia el fuste y la activación de hormonas de crecimiento (Kozłowski *et al.*, 1991).

La reacción de un rodal al raleo está determinada por la población misma, en cuanto a edad, desarrollo en altura y, la calidad del sitio.

En la zona central de Chile, donde se desarrolla quillay, las tendencias ambientales estacionales, restringen el desarrollo de las plantas a ciertos períodos del año (Mooney *et al.*, 1974, citados por Serra *et al.*, 1994), debido a que el crecimiento y la biomasa están limitadas en alto grado, por la disponibilidad hídrica y las temperaturas (Ginocchio y Montenegro, 1989).

En un ensayo de raleo en *Quercus ilex*, especie siempreverde y esclerófila, realizado en España, el cual consistió en tres tratamientos con intensidades de 55, 72 y 79 % del área basal y un tratamiento testigo, el raleo disminuyó la respiración de mantención de los árboles y mejoró la disponibilidad relativa de agua y la intensidad de luz en las hojas, se produjo una mayor transpiración y un aumento en la conductancia y mayor captación de carbono por unidad de área foliar, lo cual promovió una fotosíntesis neta mas alta en comparación con el testigo. La producción de hojas se incrementó con la intensidad de raleo. Este incremento en la producción de hojas fue el resultado de el balance entre las hojas reemplazadas y la nueva producción de hojas, ambas aumentaron con las intensidad de raleo, pero el incremento en formación fue mas rápido que el recambio de hojas. El resultado neto fue una rápida recuperación del área foliar del dosel, que proyectaba alcanzar los valores del pretratamiento en alrededor de seis años.

Integrando estos resultados a nivel de copas, estas diferencias se produjeron en la estación seca y desaparecieron en invierno y primavera cuando el factor agua no era limitante. El incremento de agua disponible, detectado en el tratamiento raleado, fue principalmente debido a la redistribución de agua entre los árboles remanentes, y a la reducción de la intercepción del dosel. El incremento producido de fotosíntesis neta y bruta fue mas alto en los tratamientos raleados que en el testigo, que significó un crecimiento más rápido de los árboles remanentes y la recuperación del dosel. Sin embargo, la eficiencia en el uso del agua no se incrementó porque la tasa de incremento en la fotosíntesis fue proporcional a la tasa de incremento en la transpiración. Posteriormente la disponibilidad de agua para árboles adultos fue reducida posiblemente a causa de la competencia con los nuevos rebrotes después del raleo, que además recibieron alta irradiación por la abertura de la copa. Este hecho fue realmente importante en el tratamiento más raleado, donde la alta radiación permitió tasas altas fotosintéticas, aún 3 años después del raleo (Gracia *et al.*, 1999)

3 MATERIAL Y METODO

3.1 Área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica y administrativa

El estudio se realizó en el Predio San Antonio de Nilahue, entre los 34° 33' 45" S y 71° 34' 55" O, en la Comuna de Pumanque, Provincia de Colchagua, VI Región.



Figura 1. Área de estudio

3.1.2 Clima

El clima del área corresponde a un clima mediterráneo subhúmedo, con un promedio de duración de la aridez de 6 a 7 meses, existiendo además uno a dos meses semiáridos. La temperatura media anual es de 14,5 °C, la temperatura media del mes más cálido es de 28 °C y la del mes más frío es de 3,7 °C. El régimen de precipitaciones es de tipo mediterráneo, oscilando entre 500 y 700 mm (Santibáñez y Uribe, 1993).

La precipitación máxima se produce durante los meses de junio y julio y existe una escasa probabilidad de precipitación en los meses de enero y febrero. Con respecto a la evapotranspiración, los valores máximos se observan en los meses de diciembre y enero.

El balance hídrico en el sector es negativo a partir del mes de septiembre y se prolonga hasta el mes de abril (Bonilla, 1998).

3.1.3 Suelos

El suelo es derivado de materiales graníticos del cordón de cerros de la Cordillera de la Costa. Se encuentra en una posición de lomajes con pendientes entre 3 y 9 %. El suelo es moderadamente profundo con una textura franco arcillosa en la superficie y texturas arcillosas dominantes en el perfil, sobre un substrato de gravas graníticas en una matriz arcillosa, sin estructura. Los colores dominantes son rojizos en los matices 5YR y 2,5 YR. El drenaje es bueno, la permeabilidad es lenta y el arraigamiento es de 60 a 80 cm. (CIREN-CORFO,1996; Pulido, 2000)

3.1.4 Vegetación

En el área, además de quillay, se presentan algunos ejemplares de pequeñas dimensiones de espino, boldo y maitén (*Maytenus boaria* Mol.). El terreno se ha mantenido con pocos arbustos, dado que fue destinado al pastoreo de ganado ovino.

3.2 Descripción del rodal estudiado

Este corresponde a un rodal de monte medio, compuesto mayoritariamente por quillay y abarca una superficie de 4,2 ha.



Figura 2. Vista aérea del rodal estudiado

3.3 Descripción del ensayo

El rodal forma parte de un ensayo instalado el año 1998, a través del Proyecto FONDEF I -2010 "Manejo y Uso Industrial del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.)", cuyo objetivo era estudiar el efecto del raleo sobre el crecimiento y la calidad futura del rodal.

Los tratamientos consideraron un tratamiento testigo donde las cepas no fueron intervenidas. En un primer tratamiento se aplicó el método de corta empleado para la explotación de corteza de quillay, cosechándose los rebrotes de diámetros inferiores para concentrar el crecimiento de la cepa en los dos o tres de mayores dimensiones y mejor forma. En un segundo tratamiento, cuyo objetivo era producir biomasa para fines industriales en el menor tiempo posible, se cosecharon los rebrotes de diámetros mayores y con problemas sanitarios, concentrando el crecimiento en cuatro a nueve individuos, de características vitales y de buena forma, con diámetros menores a 12 cm, cada tratamiento presentó tres repeticiones (Cruz y Bravo, 2003).

3.4 Evaluación de la respuesta en crecimiento a nivel de rodal 1998 - 2002

La determinación del crecimiento del rodal se realizó a través de comparación de censos. El primero realizado en forma posterior al raleo en 1998 y el segundo realizado el año

2002. Se estimó el crecimiento medio en área basal y biomasa para cada tratamiento. Para la estimación de la biomasa se utilizaron las funciones de biomasa por componente, desarrolladas por Pulido (2000) para el área de estudio.

Para probar si la diferencia de la tasa de crecimiento promedio de los cuatro años posteriores al raleo, entre los dos tratamientos aplicados y el testigo, era estadísticamente significativas se realizó un análisis de varianza para un modelo de efectos fijos a los parámetros, área basal y biomasa por hectárea. Dado que los datos correspondían a porcentajes se aplicó la transformación del arcoseno (Scheffler, 1981).

Para la comparación de medias, cuando el análisis de varianza concluyó diferencias entre los tratamientos, se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan (Canavos, 1988)

3.5 Comparación del crecimiento diamétrico antes y después de la intervención

Se realizó un muestreo destructivo seleccionando 104 rebrotes, de manera tal, que las clases diamétricas quedaran representadas proporcionalmente. De cada individuo muestreado se obtuvo una rodela basal, la cual fue cortada a 30 cm del suelo. Cada rodela fue secada y pulida para hacer visibles los anillos de crecimiento. Sobre ella, se marcó el radio medio, utilizando el método propuesto por Corvalán y Hernández (2001), el cual consiste en medir el área de la rodela y, a partir de ella, deducir el radio a un área circular del mismo tamaño. Sobre el radio medio de cada rodela basal, se midieron un total de ocho anillos, cuatro previos y cuatro posteriores al raleo. La medición se realizó utilizando un cronodendrográfo LINTAB, con una precisión de 1/100 de milímetro. Los datos obtenidos, fueron registrados utilizando el programa de análisis dendrocronológico TSAP 3.0 (Rinn, 1996). Para determinar si existía diferencias entre el crecimiento previo y posterior raleo, se efectuó la prueba *t* para observaciones pareadas (Canavos, 1988).

3.6 Relación de crecimiento con variables cuantitativas y cualitativas

Cada individuo muestreado fue marcado y caracterizado de acuerdo con las siguientes variables:

Variables Cuantitativas

- Dat : Diámetro a la altura del tocón, 0,3 m desde el suelo (cm).
- Altura Total: Distancia desde el suelo hasta el ápice de la rama principal (m)
- Altura de Copa: Distancia desde el suelo hasta el nacimiento de la primera rama que conforma la copa (m)
- Densidad por cepa: Número de rebrotes en la cepa.

Variables Cualitativas

Estado fitosanitario de la Cepa: Condición sanitaria de la cepa, evaluada en la superficie externa.

1. *Bueno, sin daños ni pudrición*
2. *Regular, cepa dañada o podrida en menos de un 50% de su superficie*
3. *Malo, cepa dañada o podrida en un 50% o más de su superficie*
4. *No determinado, cepa desecha y/o incorporada al suelo*

Origen: Origen biológico de las yemas de rebrote en la cepa.

1. *Yemas adventicias. Ubicadas en la zona de corte*
2. *Yemas epicórmicas. Ubicadas en el perímetro de la cepa*
3. *Yemas del lignotuber. Ubicadas bajo el suelo*

Dominancia: Posición social del rebrote en la cepa.

1. *Dominante*
2. *Codominante*
3. *Intermedio*
4. *Suprimido*

Tipo de Copa: Forma y grado de expansión de la copa.

1. *Amplia. Bien formada, sin competencia lateral*
2. *Mediana. Compactada por dos lados*
3. *Pequeña. Compactada por más de dos lados*

Sanidad del fuste: Apreciación externa de daños en la superficie del fuste del rebrote

1. *Fuste sano, sin daños*
2. *Fuste con daños locales de poca consideración < 1/3 de la superficie del fuste*
3. *Fustes fuertemente dañados, con fisuras y/o cavidades u otro daño > 1/3 de la superficie del fuste*

Forma del fuste: Divisiones sobre el eje vertical del fuste

1. *Con divisiones en el tercio superior del árbol*
2. *Con divisiones en el segundo tercio del árbol*
3. *Con divisiones en el tercio inferior del árbol*

Para relacionar el crecimiento con variables cualitativas y cuantitativas se utilizó análisis de varianza ($p < 0,05$). Para los casos de existencia de diferencias significativas se aplicó el Test de Duncan (Canavos, 1988).

3.7 Descripción del crecimiento en altura

Para la descripción de crecimiento en altura se seleccionó aleatoriamente una submuestra (39 individuos) y se extrajeron rodela cada 1 m, desde el tocón (0,3 m) hasta un diámetro de 5 cm, siguiendo el eje dominante del fuste. En cada una de las distintas rodela obtenidas se contó el N° de anillos. Se determinó el crecimiento medio anual en altura.

4 RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Evaluación de la respuesta en crecimiento a nivel de rodal

En el cuadro N° 1 se presenta la situación del rodal original antes de ser intervenido, la situación post raleo en 1998 y el estado del rodal cuatro años después de efectuada la intervención.

Cuadro 1. Antecedentes dasométricos del rodal original y residuales 1998 y 2002.

Tratamiento	Rodal original			Rodal residual 1998			Rodal residual 2002		
	Densidad N/ha	Area basal (m ² /ha)	Peso seco (t/ha)	Densidad N/ha	Area basal (m ² /ha)	Peso seco (t/ha)	Densidad N/ha	Area basal (m ² /ha)	Peso seco (t/ha)
Testigo	856	7,7	18,9	856	7,7	18,9	759	9,6	23,8
Tratamiento 1	644	5,4	14,3	158	2,0	4,8	151	3,2	7,8
Tratamiento 2	751	5,2	13,8	201	1,5	3,5	184	2,3	5,5

Las intervenciones realizadas en 1998 pueden considerarse fuertes para ambos tratamientos, debido a que se extrajo entre el 63 y el 71% del área basal y entre 66% y 74% de la biomasa total de rodal original. Gran parte de esta biomasa correspondió a individuos de grandes dimensiones, seniles y con problemas sanitarios. La biomasa cosechada en el tratamiento 2, fue un 9% superior a la extraída en el tratamiento 1, debido a que se extrajeron los individuos de mayores diámetros en la cepa.

Con formato: Numeración y viñetas

4.1.1 Mortalidad

En el cuadro 1 se aprecia una disminución en el número de árboles, posterior al raleo, la mayor mortalidad la presentó el tratamiento testigo con un 11 %, luego el tratamiento 2 con un 8% y el tratamiento 1 con 4%.

La mortalidad en individuos de monte bajo de quillay está directamente relacionada con la densidad de rebrotes en la cepa, que se traduce en una fuerte competencia entre éstos. El raleo a la cepa disminuyó la mortalidad, debido a aceleración en el proceso natural de autoraleo.

4.1.2 Área basal

El área basal del rodal residual 2002, presentó crecimientos medios de 0,48, 0,30 y 0,20 m²/ha/año para los tratamientos testigo, 1 y 2 respectivamente, lo cual significa en términos relativos, un incremento en un 25, 60 y un 53 % del área basal, respecto de su valor en el rodal residual en 1998. El mayor crecimiento del testigo en términos absolutos se explica por la mayor cantidad de área basal residual existente.

El raleo duplicó la tasa de crecimiento del área basal, observándose una mayor respuesta en el tratamiento 1, donde se dejaron de uno a cinco individuos de diámetro > a 12 cm.

Considerando la tasa de crecimiento que presentaron los individuos de los tratamientos 1 y 2, se espera que el área basal se recupere en un período de 10 a 12 años y se concentre en individuos de buena forma, vigorosos y con diámetros mayores que los presentes en el tratamiento testigo. Estadísticamente, para la tasa de crecimiento en área basal, existieron diferencias significativas entre los tratamientos, superando los tratamientos intervenidos T1 y T2, al testigo ($p < 0,05$)

4.1.3 Biomasa

Los crecimientos medios en biomasa leñosa fueron 0,75 y 0,50 t/ha/año para los tratamientos 1 y 2 respectivamente y 1,22 t/ha/año para el testigo, observándose en términos relativos incrementos de un 26% para el testigo respecto de su valor en 1998 y de 63 y 57% para los tratamientos, 1 y 2 respectivamente.

Si bien, en términos absolutos los crecimientos en biomasa fueron menores en los tratamientos 1 y 2, se espera recuperar la biomasa original en un período de 10 a 12 años. Esta biomasa estaría conformada por individuos de mejores características que los presentes en el tratamiento testigo. Estadísticamente, para la tasa de crecimiento en biomasa existieron diferencias significativas entre los tratamientos, superando los tratamientos intervenidos al testigo ($p < 0,05$).

4.2 Comparación del crecimiento diamétrico antes y después de la intervención

4.2.1 Comparación del crecimiento diamétrico

En la figura 3 se observa el crecimiento anual corriente en diámetro durante ambos períodos. En el período previo al raleo, los individuos presentaron un crecimiento promedio de 0,28 cm/año; al año siguiente de efectuado el raleo, se produjo un aumento notorio en el ancho de los anillos, con un crecimiento promedio de 0,69 cm/año. El valor máximo se alcanzó el tercer año después del raleo, con un crecimiento de 0,86 cm/año, disminuyendo al cuarto año a 0,77 cm/año. Existieron diferencias significativas entre el crecimiento de los individuos en el periodo previo al raleo y el crecimiento posterior a la intervención ($p < 0,05$).

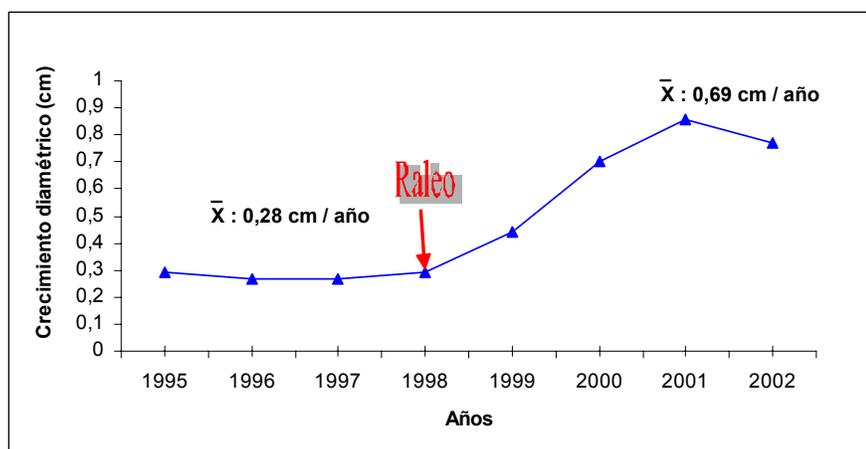


Figura 3. Incremento anual corriente en diámetro en rebrotes individuales de quillay

Por lo tanto, los individuos de monte bajo de quillay presentan una respuesta significativamente favorable al raleo, incrementándose el crecimiento diamétrico en un 146%.

En la figura 4 se observa el crecimiento promedio a nivel de tratamiento. Los individuos del tratamiento 1 aumentaron en promedio de 0,32 cm/año, antes del raleo, a 0,77 cm/año después del raleo y aquellos correspondientes al tratamiento 2 de 0,24 a 0,61 cm/año. Ambos tratamientos aumentan el crecimiento en diámetro respecto al testigo, pero no logran diferenciarse estadísticamente entre sí ($p < 0,05$).

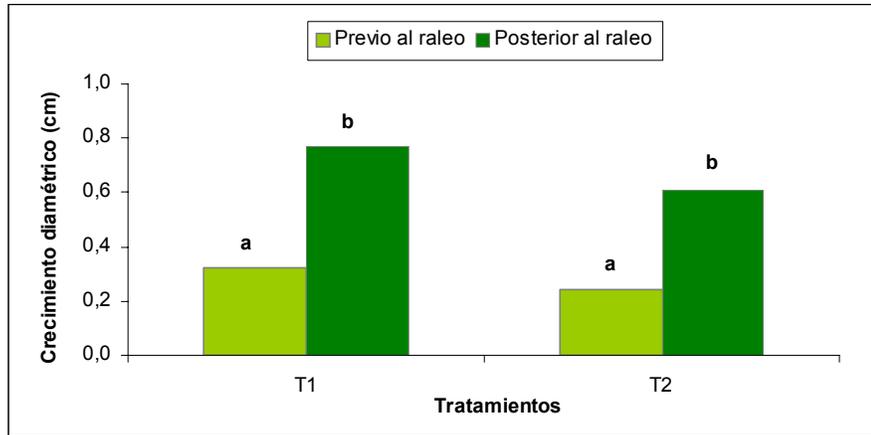


Figura 4. Crecimiento anual medio en diámetro según tratamiento

4.2.2 Comparación del crecimiento en biomasa

En la figura 5 se presenta la tendencia del crecimiento anual corriente en biomasa, durante ambos períodos. Previa al raleo, los individuos crecieron en biomasa un promedio de 0,92 kg/año. En el periodo posterior, en tanto, presentaron un crecimiento promedio de 2,99 kg/año, existiendo un aumento de 225%. El menor crecimiento se registró el año 1996 con 0,86 kg/año y el máximo el año 2001 con 3,82 kg/año. Se observaron diferencias significativas entre ambos períodos ($p < 0,05$).

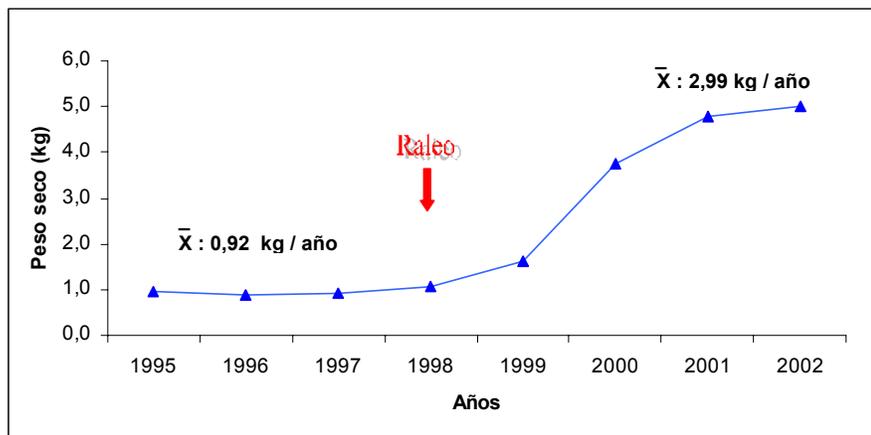


Figura 5. Incremento anual corriente en biomasa de rebrotes de quillay

En la figura 6 se observa el crecimiento promedio en biomasa en ambos tratamientos. Los individuos del tratamiento 1 presentaron un crecimiento en biomasa de 1,36 kg/año en el período previo al raleo, aumentando éste a 3,94 kg/año en forma posterior a él.

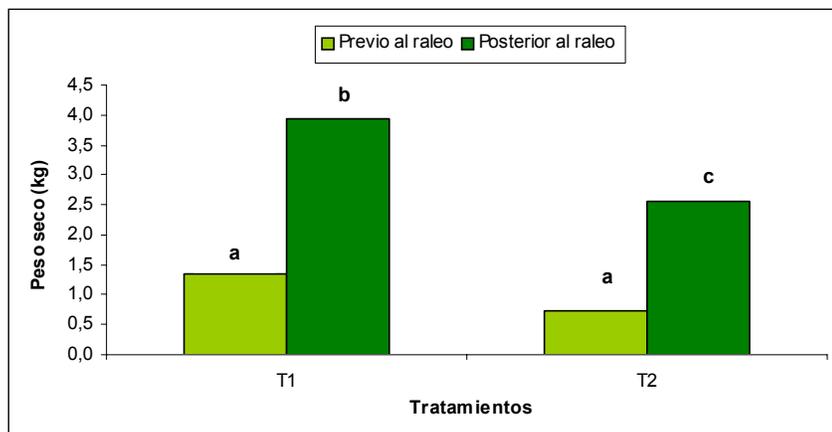


Figura 6. Crecimiento anual medio de biomasa por tratamiento

Aquellos individuos pertenecientes al tratamiento 2 presentaron un aumento de 0,73 kg/año a 2,57 kg/año, lo cual significó un incremento en biomasa de 253 %.

Estadísticamente se observaron diferencias significativas entre los tratamientos ($p < 0,05$). Silviculturalmente, ambos tratamientos incrementaron el crecimiento en biomasa.

4.3 Relación de crecimiento con variables cuantitativas y cualitativas

4.3.1 Análisis del crecimiento según diámetro

Al realizar un análisis del crecimiento según clase diamétrica, se observó que la magnitud de la respuesta era proporcional al diámetro. Como se puede observar en la figura 7 esta tendencia también se producía en el período previo al raleo.

Los individuos de todas las clases diamétricas responden al raleo. Sin embargo, los individuos de clase de diámetro mayor a 12,5 cm, presentan crecimientos significativamente mayores que las clases inferiores ($p < 0,05$).

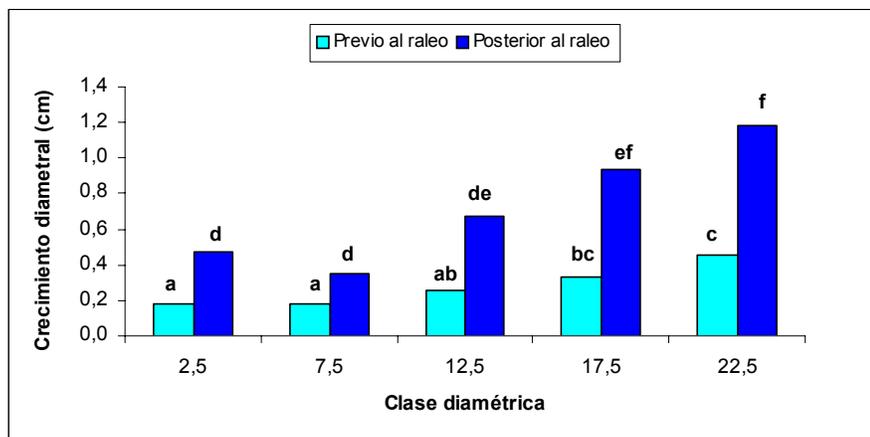


Figura 7. Crecimiento anual medio en diámetro según clase diamétrica

Con el objeto de verificar si los individuos de las clases de diámetro inferiores a 12,5 cm correspondían a individuos jóvenes o eran rebrotes de mayor edad suprimidos por la competencia, y por ende de menor crecimiento, se procedió a contar los anillos de la rodela basal. El número de anillos fluctuó entre 21 y 24 con un promedio de 22. En virtud de lo anterior, se concluye que se trata de un rodal coetáneo de aproximadamente 22 años de edad. Además, si bien quillay sigue rebrotando año a año esta regeneración generalmente muere debido a la competencia de los individuos adultos o es ramoneada por ganado, impidiendo así la existencia de rebrotes de gran diferencia de edad en la cepa.

4.3.2 Análisis del crecimiento según altura total

En la figura 8, se observan que los individuos de todas las clases de altura responden al raleo, con valores de crecimiento diamétrico que fluctúan entre 107 y 190% en relación al periodo previo al raleo; sin embargo, los individuos de las dos clases de altura mayor presentan diferencias significativas con las dos inferiores.

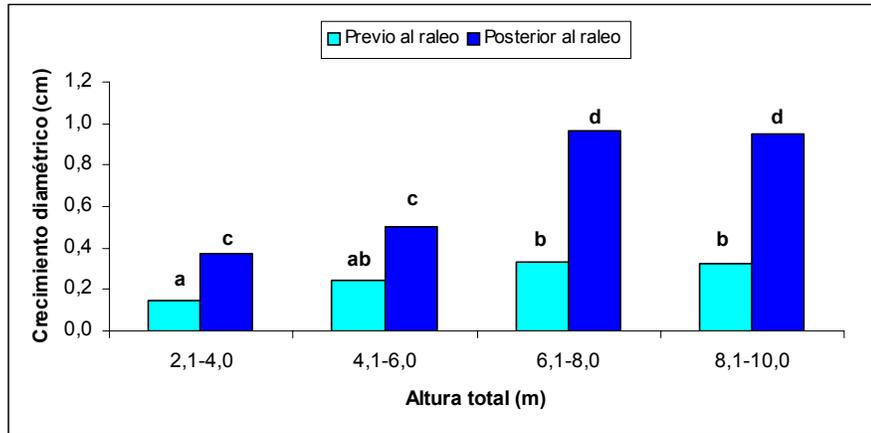


Figura 8. Crecimiento anual medio en diámetro según altura total

Esto se debe a que los individuos de las clases de altura mayores también corresponden a rebrotes dominantes o codominantes, los cuales aprovechan mejor la liberación de sus competidores. Por lo tanto, al aplicar un raleo en bosque naturales de quillay, es aconsejable favorecer a los individuos de mayor altura en la cepa.

4.3.3 Análisis del crecimiento según densidad

El comportamiento del crecimiento, según la densidad de los rebrotes remanentes en las distintas cepas se presenta en la figura 9. En ésta se aprecia que previo al raleo no existen diferencias ($p < 0,05$) en el crecimiento para las distintas densidades de rebrotes, lo cual puede ser explicado porque todas las cepas presentaban un alta densidad de rebrotes. Por el contrario, en el periodo posterior al raleo se observó que aquellas cepas con mayor número de rebrotes presentaron un significativo menor crecimiento. Esto se explica, porque al existir más individuos en la cepa se produce una mayor competencia por los recursos disponibles. Sin embargo, esta respuesta no es lineal debido

probablemente a la influencia de otros factores como son las características de los individuos y del micrositio.

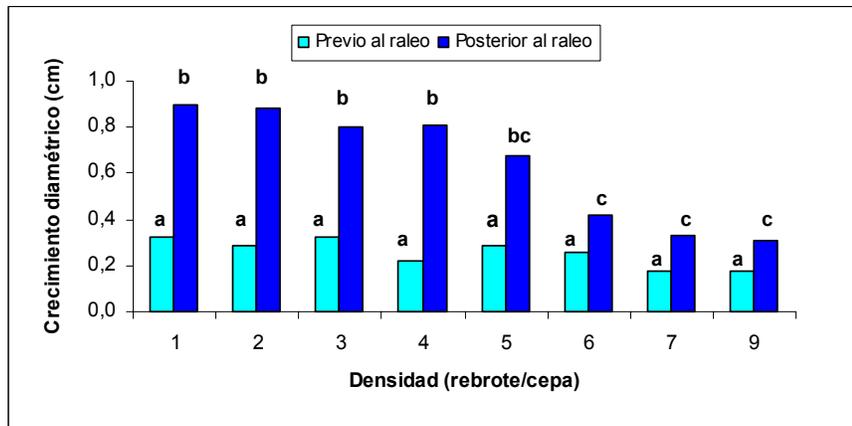


Figura 9. Crecimiento anual medio en diámetro según densidad residual

Los individuos, en todas las densidades residuales, responden al raleo, pero sobre 5 rebrotes dejados por cepa, se observa una respuesta 50% menor con respecto al crecimiento anterior a la intervención

4.3.4 Análisis del crecimiento según estado fitosanitario de la cepa

En la figura 10 es posible advertir que, en el período previo al raleo, el crecimiento fluctúa entre 0,2 y 0,3 cm/año, siendo levemente mayor para los rebrotes originados a partir de cepas en buen estado sanitario. No obstante, no existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los distintos estados sanitarios.

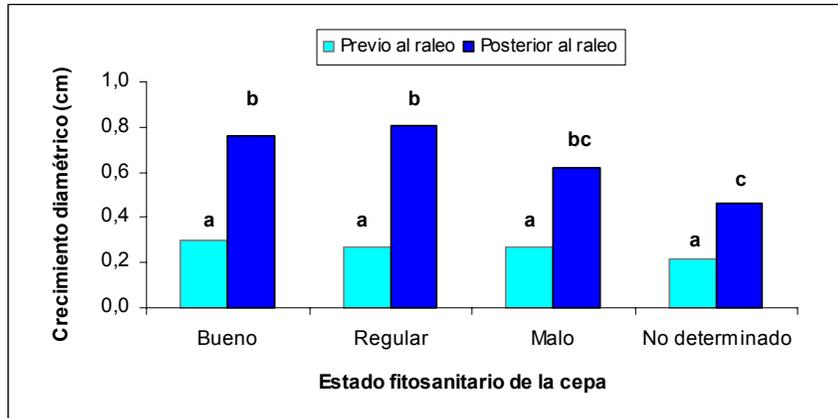


Figura 10. Crecimiento anual medio en diámetro según estado fitosanitario de la cepa

Todos los rebrotes incrementan su crecimiento en el período posterior al raleo, entre un 113 y 203 % respecto a la condición previa a éste. Pero, se observa un mayor crecimiento de los rebrotes provenientes de cepas en buen y regular estado sanitario. El menor crecimiento de los rebrotes de cepas en estado no determinado puede estar dado por la edad avanzada de la cepa y la consecuente pérdida de vitalidad.

4.3.5 Análisis del crecimiento según origen del rebrote

El comportamiento del crecimiento según el origen de los rebrotes en la cepa se presenta en la figura 11. En ella se observa que, en el período previo al raleo, existen diferencias significativas en el crecimiento de los rebrotes para los distintos orígenes ($p < 0,05$), siendo superior en los adventicios. En el período posterior al raleo, se mantiene este comportamiento, superando el crecimiento de los rebrotes de origen adventicio en cerca de un 40%, el crecimiento de aquellos de origen epicórmicos y de lignotuber.

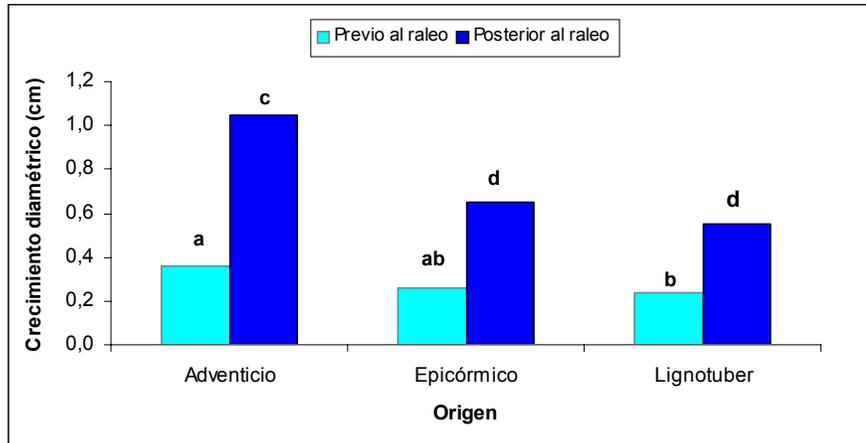


Figura 11. Crecimiento anual medio en diámetro según origen del rebrote

Serra *et al.* (1994) encontraron que los rebrotes de quillay de origen adventicio, epicórmico y lignotuber a los 10 meses de explotación, presentan un crecimiento diamétrico similar, siendo los de lignotuber superiores en 0,1 cm respecto de los adventicios.

Los resultados de este estudio, se contraponen a lo señalado en el párrafo anterior. Esto puede atribuirse a en dos causas: la primera, un error en la apreciación visual del origen de rebrote, debido a la dificultad de clasificación en individuos de mayor edad, puesto que los rebrotes estudiados poseen una edad estimada de 22 años, y la segunda, que en individuos jóvenes los rebrotes de lignotuber presentan un mayor crecimiento, revirtiéndose esta tendencia con la edad.

4.3.6 Análisis del crecimiento según dominancia

En la figura 12 se observa que en el período previo al raleo, los crecimientos fluctuaron entre 0,17 y 0,34 cm/año. En el período posterior al raleo, los crecimientos oscilaron entre 0,41 y 1,14 cm/año. En ambos periodos los individuos suprimidos presentaron crecimientos significativamente menores que los dominantes y codominantes ($p < 0,05$).

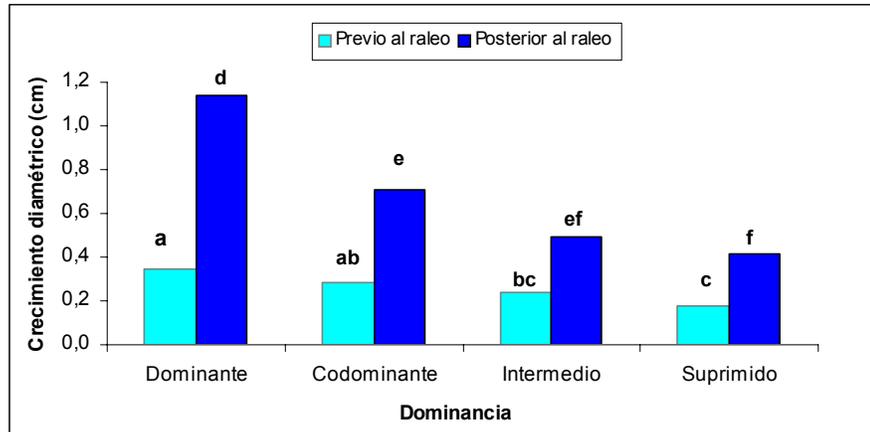


Figura 12. Crecimiento anual medio en diámetro según dominancia

Por lo tanto, los individuos de todas las posiciones sociales responden al raleo; con incrementos que fluctúan entre 105 y 232 % en relación al crecimiento previo al raleo. Esto se produce porque los dominantes y codominantes presentan características fisiológicas que les permiten aprovechar de mejor forma los beneficios del raleo. Según Ibarra (1999), en los árboles dominantes la mayor parte de los carbohidratos producidos por la fotosíntesis se destina a construcción de fuste, hojas y raíces; en cambio, en los árboles suprimidos existe un costo más elevado de mantención, destacando el escaso gasto en construcción del fuste, ya que en estos individuos los carbohidratos sintetizados son empleados en la formación de raíces para la absorción de agua y nutrientes y hojas para la absorción de carbono, para contrarrestar, en parte, las condiciones limitantes que significa encontrarse bajo un dosel de árboles vigorosos y de mayor tamaño. Por lo tanto, silviculturalmente al aplicar un raleo en bosques naturales de quillay es aconsejable favorecer individuos de clases sociales superiores.

4.3.7 Análisis del crecimiento según tipo de copa

Previo al raleo el crecimiento fluctúa entre 0,23 y 0,38 cm/año presentando el mayor crecimiento los rebrotes que poseen una copa amplia y existiendo diferencias significativas entre éstos y los que presentan copas más compactadas. Posterior al raleo, se repite ésta tendencia, pero aumentan los valores, manteniéndose las diferencias significativas existentes antes del raleo y presentándose diferencias entre los rebrotes que poseen una copa mediana, de los que poseen una copa pequeña (Fig 13).

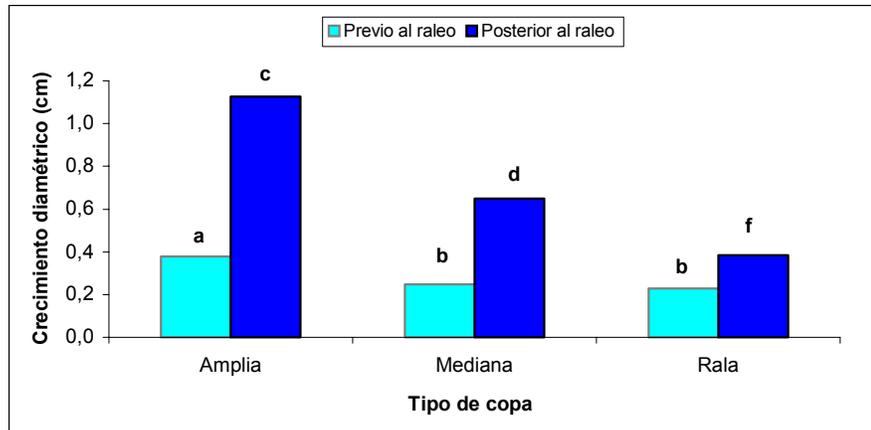


Figura 13. Crecimiento anual medio en diámetro según el tipo o forma de copa

Todos los rebrotes de los distintos tipos de copa responden al raleo, sin embargo, aquellos que poseen una copa más amplia presentan los mayores crecimientos diamétricos. Estos superan en un 74 y 190% a las copas medianas y pequeñas respectivamente. Este comportamiento se explicaría por las diferencias de masa foliar de los distintos tipos de copa, ya que el crecimiento individual se encuentra estrechamente relacionado con el tamaño de copa. Una copa más amplia significa mayor cantidad de carbohidratos disponibles para generar nuevos tejidos. El incremento de la masa foliar y, especialmente, de la superficie foliar adquiere, por lo tanto, gran importancia en la eficiencia con la cual es utilizada la radiación incidente y con la producción de volumen de madera (Vosse y Allen 1998, citado por Ibarra, 1999). El mayor crecimiento de los individuos de copas amplias, también puede ser explicado por la teoría de la estabilidad, la cual sostiene que una copa grande necesita un tronco más grueso para resistir el viento (Thren, 1993).

Silviculturalmente al efectuar un raleo en quillay es recomendable seleccionar individuos de copas amplias y medianas, puesto que presentan mejores respuestas a la intervención.

4.3.8 Análisis del crecimiento según sanidad del fuste

Respecto al crecimiento diamétrico en relación a la sanidad del fuste, en el período previo al raleo no se observan diferencias significativas entre los distintos tipos de sanidad (Figura 14). Sin embargo, en forma posterior al raleo, los individuos de todas las sanidades presentan un mayor crecimiento, siendo la repuesta de aquellos sanos, superior a los que se presentan muy dañados .

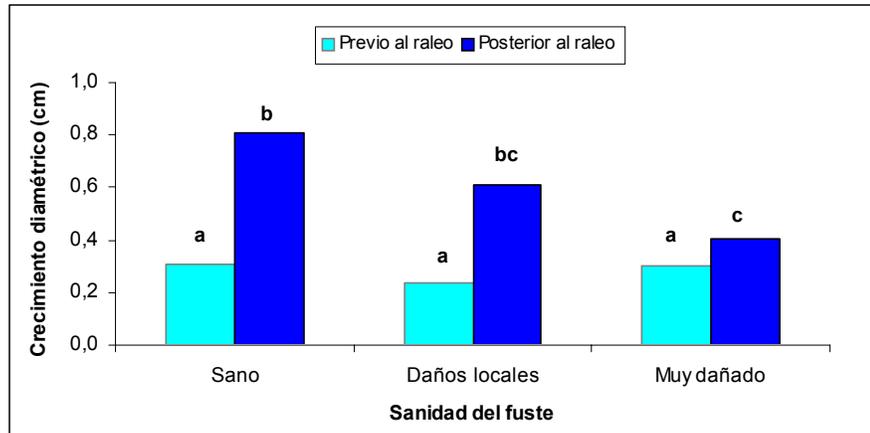


Figura 14. Crecimiento anual medio en diámetro según sanidad del fuste

Probablemente, en el período previo al raleo la diferencia de crecimiento entre los individuos sanos y los dañados no se producía porque estaban bajo condiciones de competencia, pero al disminuir la densidad con el raleo, estos individuos logran expresar su potencial y presentan un crecimiento mayor.

Desde el punto de vista silvícola, se confirma que la selección de individuos dominantes y sanos asegura una mejor repuesta frente a los raleos.

4.3.9 Análisis del crecimiento según forma del fuste

En el periodo previo al raleo no se observan diferencias entre el crecimiento diamétrico de los distintos tipos de forma de fuste (Fig 15), fluctuando este crecimiento entre 0,21 y 0,34 cm/año. En forma posterior al raleo se observan mayores crecimientos en los individuos

más bifurcados, existiendo diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los individuos bifurcados en su segundo tercio y los bifurcados en su tercio superior

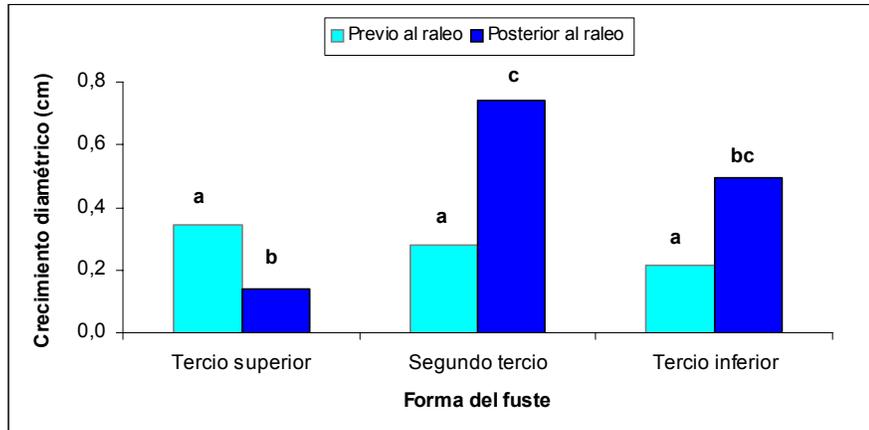


Figura 15. Crecimiento anual medio en diámetro según forma del fuste

El crecimiento anual del fuste no es uniforme, la parte de mayor desarrollo ocurre donde se ubican las ramas vivas, en especial, la porción ubicada ligeramente sobre la base de la copa, donde se encuentran las ramas más gruesas (Thren, 1993).

Se podría pensar que los individuos bifurcados en su segundo tercio poseen una copa más amplia: Esto se traduciría en una mayor superficie foliar produciéndose una síntesis mayor de carbohidratos, permitiendo un mayor crecimiento y, debido a la necesidad de formar tejidos para el soporte de esta copa, se produciría un engrosamiento del fuste. Sin embargo, la influencia combinada de otros factores, como el tipo de copa y la densidad residual de la cepa, no permiten ser concluyentes respecto a este punto.

4.4 Descripción del crecimiento en altura de los rebrotes

A nivel general, se observa durante los primeros años del árbol un crecimiento promedio en altura de 50 cm/año, alcanzando aproximadamente 3 m de altura a los 6 años. Posterior a esta edad, es difícil determinar con exactitud el crecimiento en altura, debido a que se produce una compresión de los anillos en las rodajas superiores dificultando su contabilización. Sin embargo, si se considera que, en promedio, los individuos tienen una edad de 22 años, con una altura promedio de 5,7 m y alcanzan los 3 m a los 6 años se puede concluir que el individuo crece los 2,7 m restantes en 16 años, obteniendo un crecimiento promedio de 17 cm/año. Estos resultados que se aproximan a lo establecido por Toral (1983) quien determinó que quillay crece 19 cm/año entre los 5 y 25 años.

5 CONCLUSIONES

Crecimiento a nivel de rodal

- A nivel de rodal, después de cuatro años de efectuado un raleo en bosque de monte bajo de quillay, se observa un mejor crecimiento en área basal y biomasa en el rodal
- El crecimiento en área basal asciende a 0,48, 0,30 y 0,2 m²/ha, para el testigo, tratamiento 1 y 2 respectivamente, lo que representa incrementos del 25, 60 y 53 %, respecto al área basal del rodal residual de 1998.
- El crecimiento en biomasa alcanzó a 1,22, 0,76 y 0,49 t/ha, para el testigo, tratamientos 1 y 2 respectivamente, lo que representa incrementos de 26, 63 y 57 % respecto a la biomasa de rodal residual 1998.

Crecimiento a nivel de rebrotes individuales

- Los rebrotes de monte bajo de quillay presentan una respuesta favorable al raleo, existiendo diferencias significativas tanto en el crecimiento diamétrico como en el crecimiento en biomasa, en relación al período previo al raleo.
- El crecimiento diametral medio en el período previo al raleo fue de 0,28 cm/año, y en el período posterior al raleo fue de 0,69 cm/año, lo que implica un incremento del 146 % luego de la intervención.
- Antes del raleo los individuos crecen en biomasa un promedio 0,92 kg/año; después de raleo este crecimiento aumenta a 2,99 kg/año, lo que representa un incremento en 225% posterior a la intervención.

Relación entre crecimiento y variables cuantitativas y cualitativas

- La mejor respuesta en crecimiento diamétrico la presentan los individuos, de diámetros sobre 15 cm, altura total de 6 a 10 m y con una densidad de menos de cinco rebrotes residuales por cepa.
- En relación a las características cuantitativas la mejor respuesta en crecimiento diamétrico la presentan aquellos rebrotes dominantes, de origen adventicio, con fustes sanos, bifurcados en el segundo tercio del fuste, provenientes de cepas en estado sanitario bueno y regular y que presentan copas amplias.

Descripción del crecimiento en altura

- Los rebrotes de quillay presentan un crecimiento en altura de 0,5 m/año hasta los 6 años. Posteriormente, el crecimiento en altura disminuye y se mantiene en 0,17 cm/año hasta los 22 años, que corresponde a la edad estimada de los individuos.

6 BIBLIOGRAFIA

- ÁLVAREZ DE ARAYA. 1979. Tabla de rendimiento de corteza de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Pontificia Universidad Católica. Sede Regional del Maule. 15 p.
- ARAYA, S. y AVILA, G. 1981. Rebrote de arbustos afectados por el fuego en el "Matorral chileno". An. Mus. Hist. Nat., Valparaíso, 10:107-113.
- BRAVO, R. 1999. Establecimiento de Plantaciones de Quillay. Respuesta del Quillay ante la modificación en la textura y estructura de la casilla de plantación e incorporación de una cubierta de retención de humedad. Documento Técnico N° 3. Provincial Colchagua. CONAF VI Región. 12 p.
- BARROS, S. y SCHICKHARDT, R. 1978. Resultados de prendimiento y desarrollo de 22 especies, en zonas áridas sometidas a diferentes métodos de plantación. Los Vilos, IV Región. Santiago, Chile, INFOR. División Forestal. Depto. Silvicultura. Informe Técnico N°70. 24 pp.
- BONILLA, C. 1998. Informe de Término Manejo Hídrico. Proyecto FONDEF D971201 "Manejo y Uso industrial del Quillay". Departamento de Ciencia de los Recursos. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. 13 p.
- CABELLO, A. 1990. Propagación de especies pertenecientes a los bosques esclerófilos de la zona central de Chile. In: Opciones silviculturales de los bosques esclerófilos y espinosos de la zona central de Chile. Universidad de Chile, Facultad de Cs. Agrarias y Forestales. Departamento de Silvicultura. Apuntes Docentes N°3. 56 - 74 pp
- CANAVOS, G. 1988. Probabilidad y Estadísticas. Aplicaciones y Métodos. McGraw-Hill/Interamericana de México. México. 651 p.
- CHRISTERSSON, S. 1991. Factores que influyen en la germinación y producción de plantas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Memoria de Título Ing. Forestal. Universidad de Chile. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales. Depto. Silvicultura. 133 p.
- CIREN - CORFO 1996. Descripción de Suelos Materiales y Símbolos. Estudio Agrológico VI Región.
- CONAF-CONAMA-BIRF. 1999. Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago. Chile. 90 p.
- CORVALAN, P. y HERNANDEZ, J. 2001. Análisis de Tallo. Apuntes de Dendrometría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. 160 p.

- CRUZ, G. y DUCHENS, L. 2000. Técnicas para el establecimiento de plantaciones de Quillay (Extracto). In: Seminario – Taller. El Quillay nueva alternativa económica: Antecedentes para su comercialización, cultivo y manejo forestal. Manejo Forestal y Uso Industrial del Quillay. Proy. Fondef D97I-2010. Pontificia Univ. Católica de Chile. 15 de nov. 2000.
- CRUZ, G. y PALMA, C. 1999. Distribución Nacional del Quillay. Documento Técnico. Proyecto FONDEF D97-I2010. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Departamento de Ciencias Forestales. 17 p.
- CRUZ, G. 2000. Silvicultura del Quillay. In: Seminario – Taller. El Quillay nueva alternativa económica: Antecedentes para su comercialización, cultivo y manejo forestal. Manejo Forestal y Uso Industrial del Quillay. Proy. FONDEF D97I-2010. Pontificia Univ. Católica de Chile. 15 de nov. 2000.
- CRUZ, G.; ARELLANO, E. y PULIDO, A. 2000. Innovaciones en el manejo y uso industrial del Quillay. Agronomía y Forestal UC. Santiago. 6:21-25.
- CRUZ, 2001. Silvicultura para el uso Industrial del Quillay. Ensayo de campo. En: CONAF Establecimiento de Plantaciones y Manejo de Bosques naturales de Quillay. Día de Campo. Colchagua. noviembre 2001.
- 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. 24 p.
- CRUZ, G.; BRAVO, R.; HIDALGO, F. y CABELLO, G. 2005. Informe de Gestión. Presentación de Resultados y Descripción de Ensayos. Documento Técnico Convenio CONAF VI Región – Pontificia Universidad Católica de Chile. 30 p.
- DONOSO, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Documento Trabajo N°38. Investigación y Desarrollo Forestal (CONAF, PNUD-FAO) (Publicación FAO Chile). 78 p.
- ESTÉVEZ, P. 1994. Caracterización del Rebrote en Cepas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol). Fundo el Toyo, Región Metropolitana. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Santiago Chile. 134 p.
- FIA-INDAP-INFOR. 2000. Monografía del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol). Diversificación de Alternativas de Producción Forestal y Agroforestal para Pequeños Propietarios en el Secano. Santiago. Chile. 73 p.
- GALLARDO, S. y GASTÓ, J. 1987. Estado y Planeamiento Hipotético del Cambio del Ecosistema de *Quillaja saponaria* Mol. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Informe de Investigación. Sistemas en Agricultura. Teoría Avances. 248 p.

- GAJARDO, M.E. y VERDUGO, R. 1977. Rendimiento en Hojas de Boldo (*Peumus boldus* Mol), Corteza de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol) y Carbón de Espino (*Acacia caven* Mol.) en la V Región. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 93 p.
- GAJARDO, R. 1994. La Vegetación Natural de Chile. Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. Santiago. Chile. 165 p.
- GINOCCHIO, R. y MONTENEGRO, G. 1989. Organización estructural de yemas vegetativas de especies arbustivas dominantes del matorral. Medio Ambiente 10 (1):51-56
- GRACIA, C.; SABATE, S.; MARTÍNEZ, JM. y ALVEZA, E. 1999. Functional Responses to Thinning. In : Ecological Studies. Ferran Rodà *et al*, (eds). Ecology of Mediterranean Evergreen Oak Forest. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg, Germany. 137:329-338 p
- IBARRA, M. 1999. Ecofisiología Forestal. Balance de Carbono en los Arboles. Apuntes de Clases. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, Departamento de Silvicultura. Santiago, Chile. 31 p.
- INFOR. 1976. Resultados preliminares de ensayos de introducción de especies, provincia de Colchagua. Santiago, Chile, Informe Técnico N°54. 32 pp.
- INFOR. 2005. Exportaciones Forestales Chilenas. Boletín Estadístico N° 109. 108 p.
- KOZLOWSKI, T.; KRAMER, P. y PALLARDY, S. 1991. The Physiological Ecology of Woody Plants. California. Estados Unidos. 641 p.
- LAGOS, J. 1998. Antecedentes Bibliográficos de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y Estudio de un Bosque Natural Ubicado en la Provincia del Bío-Bío. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Forestales. Concepción, Chile. 86 p.
- LÓPEZ, J.; JIMÉNEZ, G. y REYES, B. 1986. Algunos antecedentes sobre cosecha, procesamiento y viverización de varias especies nativas. Parte I y II. Santiago, Chile, Chile Forestal, Documento Técnico N°14 y N°15. 12p.
- MALDONADO, F. 1967. Componentes de la corteza de *Quillaja saponaria* Mol, zona de Valparaíso. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 80 p.
- MENDOZA, S. 1984. Normativo Técnico y Legal para Corta o Explotación de Quillay. Corporación Nacional Forestal VI región. 19 p.
- MERA, E. 1990. Propagación vegetativa del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Tesis de Ing. Forestal. Chillán, Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agronómicas, Veterinarias y Forestales. 106 p.

- MINISTERIO DE AGRICULTURA, CHILE. 1980. Reglamento del Decreto Ley N° 701 de 1974, sobre Fomento Forestal. In: Diario Oficial, N° 259 Santiago, Chile.
- MONTENEGRO, G. 1987. Quantification of mediterranean plant phenology and growth. In: Plant response to stress. Tenhunen *et al.*, (Eds.). Springer Verlag Berlín, Heidelberg. 469-488 pp.
- MONTENEGRO, G. 2002. Chile Nuestra Flora Útil: Guía de Uso Apícola, Medicinal Folclórica, Artesanal y Ornamental. Ed. Universidad Católica de Chile. Santiago. 206-207 p.
- MONTENEGRO, G.; ALJARO, M. E. y KUMMEROW, J. 1979. Growth dynamics of Chilean matorral shrubs. Bot. Gaz. 140(1):114-119.
- MONTENEGRO, G.; AVILA, G. y SCHATTE, P. 1983. Presence and development of lignotubers in shrubs of the Chilean matorral. Can. J. Bot. 61: 1804 – 1808.
- MONTENEGRO, G.; ÁVILA, G.; ALJARO, M.E.; OSORIO, R. y GÓMEZ, M. 1989. Plant phenomorphological studies in mediterranean type ecosystems. Orshamn G., Ed. Dordrecht, Holanda, Kluwer Academic Publishers pp.347, 355-387.
- MUÑOZ, G.; MONTES, N. y WILKOMIRSKY, Y. 2004. Plantas Medicinales de Uso en Chile. Química y Farmacológica. Monografías. Colección Textos Universitarios. Editorial Universidades de Chile. 329 p.
- NATURAL RESPONSE. 2006. [En línea]. <http://www.naturalresponse.cl> [Consulta: 07/09/2006]
- NAVARRO, G. y BRAVO, R. 2001. Establecimiento y crecimiento inicial de plantaciones de Quillay (*Quillaja saponaria*), secano interior, Provincia de Colchagua. Ensayo de campo. In: CONAF Establecimiento de Plantaciones y Manejo de Bosques naturales de Quillay. Día de Campo. Colchagua. noviembre 2001.
- NEUENSCHWANDER, A. 1965. Contribución al Estudio Anatómico de la Corteza de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y recomendaciones sobre su explotación. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Fac. de Agronomía. 121 p.
- NEWBOULD, R. 1965. Methods for Estimating the Primary Production of Forest. IBP. Handbook N° 2. Blackwell Scientific Publication. Oxford. 59 p.
- PHREN, D. 2000. Propagación del Quillay. In: Seminario – Taller. El Quillay nueva alternativa económica: Antecedentes para su comercialización, cultivo y manejo forestal. Manejo Forestal y Uso Industrial del Quillay. Proy. FONDEF D971-2010. Pontificia Univ. Católica de Chile. 15 de nov. 2000.
- PRADO, J. A. 1979. Respuesta del quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) a variaciones en el método de plantación. Santiago, Chile, INFOR. División Forestal. Departamento Silvicultura. Informe Técnico N°66. 22p.

- PRADO, J. A.; BARROS, S.; ROJAS, P. y BARROS, D. 1983. Análisis del desarrollo del quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) en la zona árida y semiárida chilena. Terra Árida (04):438-454.
- PRODAN, M. PETERS, R. COX, F. y REAL, P. 1997. Mensura Forestal. Proyecto IICA/GTZ sobre Agricultura, Recursos Naturales y Desarrollo Sostenible. 561 p.
- PULIDO, A. 2000. Funciones de Biomasa para Individuos de Regeneración Vegetativa de la Especie *Quillaja saponaria* Mol. Tesis Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. 63 p.
- REYES, M.A. 2006. 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. Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Santiago. Chile. (en ejecución).
- RINN, F. 1996. TSAP Version 3.0. Referende Manual. Heidelberg, Germany. 96 p.
- RODRÍGUEZ, R. MATTHEI, O. y QUEZADA, M. 1983. Flora Arbórea de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Chile. 408 p.
- SANTIBAÑEZ, F. y URIBE, J. 1993. Ministerio de Agricultura. FIA – CORFO. Atlas Agroclimático de Chile regiones sexta, séptima, octava y novena. Laboratorio de Agroclimatología. Departamento de Ingeniería y Suelos. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile
- SERRA, M.T. 1998. División Magnoliophyta o Angiospermae. Revisión de los Principales Taxas de interés Forestal y de Valor Económico. Apuntes Cátedra Botánica Aplicada. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 27 p.
- SERRA, M.T. 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. 99 p y apéndices.
- SCHFELER, W. 1969. Bioestadística. Prado, C. Instituto de Matemática. Dpto. de Estadística. Universidad Católica de Chile. (trad.). D.F. México. Fondo Educativo Interamericano. 266 p.
- SCHLEGEL, F. y VITA, A. 1967. Reforestación por siembra directa con las especies forestales quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser en la zona semiárida de Chile. In: Asociación Chilena de Ingenieros Forestales. Actas de las terceras jornadas forestales. Valdivia, Chile. 23-25/Nov/1967. Santiago, Chile, Asoc. Chilena de Ing. Forestales. pp.53-57.
- SCHICKHARDT, R. y PRADO, J. 1976. Respuesta del quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) a variaciones en el método de plantación. I. Métodos de plantación e introducción de especies región árida y semiárida de Chile. Santiago, Chile, INFOR. Departamento Silvicultura. 31p.

- SMITH, N. NOTON, C. R. y NORAMBUENA, M.A. 1976 . Estudio comparativo de algunas características de la semilla de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) recolectada en 17 localidades de Chile. Santiago, Chile, INFOR. Departamento Genética y Mejoramiento. 20p.
- THREN, M. 1993. Dasometría. Apuntes de Clases. Serie Técnica Forestal. Volumen 1. Proyecto UNSE/GTZ. Universidad Nacional de Santiago del Estero. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago del Estero. Argentina.182 p
- TORAL, M. 1983. Estudio de la estructura, crecimiento y rendimiento en Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Depto. Silvicultura y Manejo. Fac. Cs. Agrarias, Veterinarias y Forestales. U. de Chile Informe Técnico Final N° A 1180.8333. 76 p.
- TORAL, M. y ROSENDE, R. 1986. Producción y Productividad de Quillay. Santiago de Chile. Renares 3 (8): 19-21.
- VANCLAY, J. 1994. Modelling Forest Growth and Yield: Applications to Mixed Tropical Forests. CAB International. 312 p.
- VILLASEÑOR, R. y SAIZ, F. 1993. Incendios forestales en el P. N. La Campana, sector Ocoa, V Región, Chile. An. Mus. Hist. Nat. Valparaíso. 21: 15-26.
- VITA, A. 1966. Reforestación por siembra directa con Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) y Peumo (*Cryptocarya alba* (Mol.) Looser). Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago. Chile. 83 p.
- VITA, A. 1970. Efecto del origen geográfico de árboles padres de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) sobre la calidad de la semilla y supervivencia en reforestación por siembra directa. Boletín Técnico N°21. Universidad de Chile. Escuela de Ingeniería Forestal. Santiago, Chile 20 p.
- VITA, A. 1974. Algunos Antecedentes para la Silvicultura del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol). En: Boletín Técnico N° 28 Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. p: 19-31.
- VITA, A. y HERNÁNDEZ, R. 1986. Regeneración de quillay en la comunidad agrícola de Cuz-Cuz (Comuna de Illapel). Universidad de Chile/Corporación Nacional Forestal. Informe IV. 31
- VITA, A. 1990. Ensayo de reforestación con quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Illapel. IV Región. Chile. Ciencias Forestales 6(1):37-48.
- VITA, A. 1993. Ecosistemas de Bosques y Matorrales Mediterráneos y sus Tratamientos Silviculturales en Chile. Segunda edición. Documento de Trabajo N°21. Proyecto Investigación y Desarrollo de Areas Silvestres Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. FO:DP/CHI/8/017. CONAF/PNUD/FAO. Santiago. 243 p.
- VITA, A. 1996. Los Tratamientos Silviculturales. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 233 p.

WRANN, J. 1985. Metodología para el análisis de la regeneración natural en formaciones arbóreas nativas de la zona semiárida de Chile,. In: Webb, D., coord.; Barros A.,S., coord. Forestación en zonas áridas y semiáridas. Actas. 2º Encuentro Regional CIID, América Latina y El Caribe. Santiago, Chile. 13-17 May.1985. Santiago, Chile, INFOR. 189-221.

WRANN, J. e INFANTE, P. 1988. Métodos para el establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* y *Quillaja saponaria* en la zona árida de Chile. Ciencia e Investigación Forestal 2(1):13-25.

7 APENDICES

Apéndice 1 Análisis de varianza para la tasa de crecimiento de área basal y biomasa a nivel de rodal por tratamiento.

Análisis de varianza para Área basal

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	845,78	2	422,89	22,47	0,0016
Error	112,92	6	18,82		
Total	958,7	8			

Análisis de varianza para Biomasa

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	999,007	2	422,89	19,7	0,002
Error	152,153	6	25,3589		
Total	958,7	8			

Apéndice 2: Prueba t para observaciones pareadas para el crecimiento en diámetro y biomasa a nivel de rebrotes individuales

Prueba t para Diámetro

Hipótesis Nula: media =0,0

Alternativa: no igual

Estadística t dada por el programa = 9,51791

Valor p = 3,8222E-7

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Prueba t para Biomasa

Hipótesis Nula: media =0,0

Alternativa: no igual

Estadística t dada por el programa = 5,85444

Valor p = 7,57136E-7

Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Apéndice 3: Análisis de varianza previo y posterior al raleo por tratamiento

Análisis de varianza para crecimiento diamétrico previo por tratamiento

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,163744	1	0,163744	7,67	0,0067
Error	2,17814	102	0,0213544		
Total	2,34189	103			

Análisis de varianza para crecimiento diamétrico posterior por tratamiento

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,575043	1	0,575043	2,53	0,1145
Error	23,1482	102	0,226944		
Total	23,7233	103			

Eliminado:

Apéndice 4: Análisis de varianza para el crecimiento diamétrico previo y posterior al raleo por variables cuantitativas y cualitativas de los individuos

Análisis de varianza para crecimiento previo por clase diamétrica

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,603134	4	0,150784	8,59	0,0000
Error	1,73875	9	0,0175632		
Total					

Eliminado:

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento posterior por clase diamétrica

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	6,93363	4	1,73341	10,22	0,0000
Error	16,7897	99	0,169593		
Total	23,7233	103			

Eliminado:

Eliminado:

Eliminado:

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento previo por altura total

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,473298	3	0,157766	8,44	0,000
Error	1,86859	100	0,016859		
Total	2,34189	103			

Análisis de varianza para crecimiento posterior por altura total

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	6,43592	3	2,14531	12,41	0,000
Error	17,2874	100	0,172874		
Total	23,7233	103			

Análisis de varianza para crecimiento previo por densidad residual (rebotes/cepa)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,249274	7	0,0356106	1,63	0,1351
Error	2,099261	96	0,0217981		
Total	2,34189	103			

Eliminado:
Eliminado:
Eliminado:
Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento posterior por densidad residual (rebotes/cepa)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	5,15397	7	0,736281	3,81	0,0011
Error	18,5693	96	0,19343		
Total	23,7233	103			

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento previo por estado fitosanitario de la cepa

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,0693664	3	0,0231221	1,02	0,3883
Error	2,27252	100	0,0227252		
Total	2,34189	103			

Eliminado:
Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento posterior por estado fitosanitario de la cepa

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	1,68699	3	0,562329	2,55	0,0598
Error	22,0363	100	0,220363		
Total	23,7233	103			

Eliminado:
Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento previo por origen

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,0808948	2	0,0404474	1,81	0,1694
Error	2,26099	101	0,0223861		
Total	2,34189	103			

Análisis de varianza para crecimiento posterior por origen

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	1,2744	2	0,6372	2,87	0,0615
Error	22,4489	101	0,222266		
Total	23,7233	103			

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento previo por dominancia

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,255687	3	0,085229	4,09	0,0088
Error	2,0862	100	0,020862		
Total	2,34189	103			

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento posterior por dominancia

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	5,43167	3	1,81056	9,90	0,0000
Error	18,2916	100	0,182916		
Total	23,7233	103			

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento previo por tipo de copa

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,242924	2	0,121462	5,84	0,0040
Error	2,09896	101	0,0207818		
Total	2,34189	103			

Eliminado:

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento posterior por tipo de copa

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	5,00138	2	2,50069	13,49	0,0000
Error	18,7219	101	0,185365		
Total	23,7233	103			

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento previo por sanidad del fuste

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,10582	2	0,05291	2,39	0,0968
Error	2,23607	101	0,0221393		
Total	2,34189	103			

Eliminado:

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento posterior por sanidad del fuste

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	1,1834	2	0,5917	2,65	0,0755
Error	22,5399	101	0,223167		
Total	23,7233	103			

Eliminado:

Eliminado:

Análisis de varianza para crecimiento previo por forma del fuste

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	0,106275	2	0,0531373	2,40	0,0958
Error	2,23561	101	0,0221348		
Total	2,34189	103			

Análisis de varianza para crecimiento posterior por forma del fuste

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fcal	Valor p
Tratamiento	1,7879	2	0,893951	4,12	0,0191
Error	21,9354	101	0,217182		
Total	23,7233	103			