



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

RESPUESTAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE LOS VÁSTAGOS Y
REBROTOS EN CEPAS DE *Peumus boldus* Mol. SEGÚN INTENSIDAD
DE CORTA, EN LA COMUNA DE OLMUÉ, REGIÓN DE
VALPARAÍSO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

NICOLE ANDREA ALVARADO BARRERA

Profesores Guías: Ing. Forestal, Dra. Karen Peña Rojas.
Ing. Forestal, Dr. Sergio Donoso Calderón.

Santiago, Chile

2017

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DE LA
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA Y CONSERVACIÓN DE LA
NATURALEZA

RESPUESTAS MORFO-FISIOLÓGICAS DE LOS VÁSTAGOS Y
REBROTOS EN CEPAS DE *Peumus boldus* Mol. SEGÚN INTENSIDAD
DE CORTA, EN LA COMUNA DE OLMUÉ, REGIÓN DE
VALPARAÍSO

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

NICOLE ANDREA ALVARADO BARRERA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dra. Karen Peña Rojas	7,0	.....
Prof. Guía Dr. Sergio Donoso Calderón	6,9	.....
Prof. Consejero Sr. Antonio Vita Alonso	6,8	.....
Prof. Consejero Sr. Patricio Corvalán Vera	6,0	.....

No te rindas, aún estás a tiempo
de alcanzar y comenzar de nuevo,
aceptar tus sombras,
enterrar tus miedos,
liberar el lastre,
retomar el vuelo.
no te rindas que la vida es eso,
continuar el viaje,
perseguir tus sueños,
destrabar el tiempo,
correr los escombros,
y destapar el cielo.
no te rindas, por favor no cedas,
aunque el frío queme,
aunque el miedo muerda,
aunque el sol se esconda,
y se calle el viento...

Mario Benedetti.

AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos a todos aquellos que han contribuido directa o indirectamente en el desarrollo de esta memoria, en mi crecimiento personal y profesional y a lograr la meta de convertirme en Ingeniera Forestal, en especial a:

Mis profesores guías Karen Peña y Sergio Donoso, por la oportunidad de poder trabajar con ustedes desarrollando esta memoria, su disposición, amabilidad y confianza para atender y resolver dudas que surgieron a lo largo de todo este proceso.

Mis profesores consejeros Antonio Vita y Patricio Corvalán, por su buena disposición en la revisión de esta memoria.

Herminia, Mariella y Panchita, por su amabilidad y apoyo durante toda mi etapa universitaria.

Mis padres Jaime y Valeria, que desde pequeña me inculcaron el valor de la educación y quienes siempre han estado conmigo cuando los he necesitado, junto con mi hermano Francisco, los quiero mucho.

Mis primas Javiera y Priscila, hermanas que me regaló la vida y a quienes adoró con todo mi corazón, gracias por estar siempre en todos los momentos importantes de mi vida y por ser un apoyo fundamental durante todo este proceso.

Mi amiga Valentina, que desde que íbamos en el colegio me enseñó a ser responsable y a superarme cada día para ser una mejor persona y estudiante, gracias por todos tus consejos y por todas las risas compartidas.

Mis abuelos que, aunque ya no estén conmigo físicamente, los llevo siempre en mi corazón, gracias por darme la mejor infancia que pude tener, a llenarme de amor y gracias por enseñarme lo que es la felicidad.

Mis tías Marlene y Pilar, que al igual que mis abuelos hicieron que mi infancia fuera mágica, llena de sorpresas y alegrías y que hasta el día de hoy son un apoyo fundamental en mi vida.

Todos los que fueron parte importante de mi vida durante la universidad: Tania, Carla, Cata, Grandón, Toño, Gavilán, Felipe Ignacio, Pablo, Chiri y Claudio, los recuerdo siempre con mucho cariño.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN	1
2	MATERIALES Y MÉTODOS	4
2.1	Materiales	4
2.1.1	Área de estudio.....	4
2.1.1.1	Clima.....	4
2.1.1.2	Suelo	5
2.1.1.3	Vegetación	5
2.1.2	Información	5
2.1.2.1	Unidades muestrales	5
2.1.2.2	Variables hídricas	6
2.1.2.3	Medición del crecimiento de rebrotes y vástagos remanentes.....	7
2.1.2.4	Determinación del crecimiento en biomasa de rebrotes y vástagos remanentes.....	8
2.2	Métodos	8
2.2.1	Caracterización dasométrica de las cepas antes y después de la corta.....	8
2.2.2	Evaluación de las variables hídricas	9
2.2.3	Caracterización del crecimiento de rebrotes y vástagos remanentes	9
2.2.4	Determinación de crecimiento en biomasa	9
2.2.4.1	Estimación de la biomasa aérea de los rebrotes.....	9
2.2.4.2	Estimación de la biomasa aérea de los vástagos remanentes.....	10
2.2.4.3	Crecimiento inicial de biomasa de boldo.....	10
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
3.1	Caracterización dasométrica de las cepas antes y después de la corta	11
3.2	Variación de variables hídricas puntuales	13
3.2.1	Potencial hídrico y contenido hídrico relativo a pre-alba y mediodía	13
3.3	Crecimiento	15
3.3.1	Caracterización del crecimiento en rebrotes	15
3.3.2	Crecimiento en vástagos remanentes	16
3.4	Biomasa aérea de boldo.....	19
3.4.1	Determinación de funciones de biomasa de rebrotes de boldo	19
3.4.1.1	Jerarquización y análisis de correlación de variables	19
3.4.1.2	Ajuste de los modelos	20
3.4.1.3	Análisis de los residuos.....	22

3.4.1.4	Validación de los modelos seleccionados.....	23
3.4.2	Biomasa aérea total y por componentes de rebrote.....	23
3.4.3	Biomasa aérea total y por componente de vástagos remanentes.....	24
3.4.4	Crecimiento inicial de biomasa de boldo	25
4	CONCLUSIONES	27
5	BIBLIOGRAFÍA	28

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Funciones de biomasa aérea de vástagos de boldo.....	10
Cuadro 2. Tabla promedio para el número de cepas y área basal por hectárea de boldo antes y después de la cosecha de boldo.....	11
Cuadro 3. Tabla de rodal promedio para el número de vástagos y rebrotes y área basal por hectárea de boldo de rodal antes y después de la cosecha de boldo.	12
Cuadro 4. Tabla descriptiva del primer año de crecimiento de los rebrotes.	16
Cuadro 5. DAP promedio inicial, DAP promedio final e incremento de las cepas control y cepas intervenidas.	19
Cuadro 6. Matriz de correlación entre las variables predictoras (DAC; H) y las variables dependientes (Peso seco hojas, tallos y total).	19
Cuadro 7. Modelos de estimación de biomasa de rebrotes de boldo, ajustados con la variable DAC (mm). Se presenta el coeficiente de determinación (R^2) y el error estándar de estimación (S_{yx}).	20
Cuadro 8. Error cuadrático medio (ECM%) de los modelos de biomasa seleccionados.....	23
Cuadro 9. Biomasa aérea total y por componentes de rebrotes de boldo a nivel de cepa. Se presentan los valores promedios.	24
Cuadro 10. Biomasa aérea total y por componentes de vástagos de boldo a nivel de cepa. Se presentan los valores promedios.	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio.....	4
Figura 2. Diseño de parcelas y cepas muestreadas.	6
Figura 3. Esquema de crecimiento de rebrotes y vástagos remanentes.	8
Figura 4. Dispersión diamétrica de los vástagos de boldo, antes y después de la cosecha. .	13
Figura 5. Variación de potencial hídrico, según tipo de tratamiento y momento de medición. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos; letras griegas distintas indican diferencias significativas dentro del tratamiento ($p < 0,05$).	14
Figura 6. Variación de contenido hídrico relativo, según tipo de tratamiento y momento de medición. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos; letras griegas distintas indican diferencias significativas dentro del tratamiento ($p < 0,05$).	14
Figura 7. Regresión lineal entre DAC y altura.....	16
Figura 8. DAP inicial y DAP final en cm de las cepas control.....	18
Figura 9. DAP inicial y DAP final en cm de las cepas intervenidas.....	18
Figura 10. Biomasa real y estimada de hojas, tallo y total.....	21
Figura 11. Residuos estandarizados para los modelos seleccionados.....	22
Figura 12. Acumulación de biomasa aérea total boldo en cepas control y cepas intervenidas para un período de un año.	25

RESUMEN

Peumus boldus Mol. (Boldo), es una especie endémica y característica del bosque esclerófilo. Su potencial económico está relacionado con la comercialización de sus hojas. El problema asociado a este mercado tiene relación con la sostenibilidad del recurso en el tiempo. Considerando su potencial económico, se evaluaron las respuestas morfo-fisiológicas en rebrotes nuevos y vástagos remanentes, según intensidad de corta, en la Comuna de Olmué, Región de Valparaíso. Se establecieron tres parcelas de 0,2 hectáreas cada una, donde se midieron: número de vástagos por cepa, DAP de los vástagos por cepa y área basal a nivel de cepa. De las tres parcelas, una corresponde a una parcela control y las dos parcelas restantes fueron cosechadas parcialmente. Se seleccionaron 12 cepas control y 12 cepas intervenidas. Las variables hídricas medidas fueron: potencial hídrico de la hoja (a pre-alba (Ψ_A) y al mediodía (Ψ_{MD})) y contenido hídrico relativo de la hoja (a pre-alba (CHR_A) y al mediodía (CHR_{MD})). Para la caracterización del crecimiento de rebrotes se midieron el DAC y altura, y para la evaluación del crecimiento de los vástagos remanentes se midió el DAP de todos los vástagos por cepa. Para estimar la biomasa de rebrotes, se construyeron modelos de regresión utilizando el peso seco de 20 rebrotes y las variables predictoras DAC y altura. Para estimar la biomasa de los vástagos remanentes, se emplearon funciones de biomasa determinadas por Durán (2005). Por último, se analizó la acumulación de biomasa aérea total de boldo en cepas control y cepas intervenidas para un período de evaluación de un año. Los resultados muestran que el bosque con presencia de boldo presentó una densidad promedio de 207 cepas/ha correspondientes a un Gha inicial de 5,06 m²/ha. Las cepas presentaban en promedio nueve vástagos que, en su mayoría eran menores a 5 cm de DAP. Luego de la cosecha, Gha se redujo a 4,45 m²/ha. El potencial hídrico a pre-alba (Ψ_A), mostró diferencias significativas entre el tratamiento control y el tratamiento intervención (vástagos y rebrotes). A su vez el potencial hídrico a mediodía (Ψ_{MD}) siguió la misma tendencia presentada en Ψ_A . Al comparar el potencial hídrico dentro de los tratamientos, se observaron diferencias significativas en los tres casos estudiados. Con respecto al contenido hídrico relativo (CHR), se observaron diferencias significativas para el tratamiento control y el de intervención de vástagos tanto en pre-alba como en mediodía. Dentro del tratamiento sólo se observaron diferencias significativas en el tratamiento de intervención de vástagos, en donde en la medición del mediodía se presenta un CHR menor al observado a pre-alba. En el crecimiento de rebrotes el DAC y la altura presentaron un promedio de 4,8 mm y 34,1 cm respectivamente. El diámetro a la altura del cuello (DAC) tuvo una variación entre 1,1 mm y 15,1 mm, mientras que la altura presente en los rebrotes tomó valores entre los 0,40 cm y los 168 cm. En el crecimiento de vástagos remanentes las cepas control presentaron un incremento en DAP de 0,1 cm mientras que las cepas intervenidas presentaron un incremento de 1,1 cm. Para estimar la biomasa aérea de rebrotes, se estableció el DAC como la mejor variable predictora y se obtuvo una producción de biomasa aérea total de rebrotes de 1,03 kg y por componente (hojas y tallo) de 0,187 kg y 0,523 kg respectivamente a nivel de individuo. Para la biomasa aérea de vástagos remanentes, el componente más representativo fue el fuste, seguido por la biomasa foliar. El crecimiento inicial de boldo mostró una baja recuperación de la biomasa total en cepas con cosecha parcial al final del primer año de crecimiento, por lo que la sostenibilidad de la producción de hoja de boldo no se encontraría asegurada.

Palabras claves: *Peumus boldus*, rebrote, vástago remanente, potencial hídrico, contenido hídrico relativo, biomasa.

ABSTRACT

Peumus boldus Mol. (Boldo), is an endemic species characteristic of the sclerophyllous forest. Its economic potential is related to the commercialization of its leaves. However, the problem associated with this market has to do with the sustainability of the resource over time. Considering its economic potential, the morpho-physiological responses in new shoots and remaining stems were evaluated, according to the intensity of cutting, in the Olmué Commune, Valparaíso Region. Three plots of 0,2 hectares each were established, where they were measured: number of stems per strain, DBH of stems per strain and basal area at strain level. Of the three plots, one corresponds to a control plot and the remaining two plots were partially harvested. Were selected 12 strains control and 12 partial harvest. The water variables measured were: leaf water potential (pre-dawn (Ψ_A) and noon (Ψ_{MD})) and relative leaf relative water content (pre-dawn (RWC_A) and noon (RWC_{MD})). For the characterization of the growth of sprouts, the DRC and height were measured, and for the evaluation of the growth of the remaining shoots the DBH of all the shoots per strain was measured. To estimate the biomass of sprouts, regression models were constructed using the dry weight of 20 sprouts and the predictor variables DRC and height. To estimate the biomass of the remaining shoots, the biomass functions determined by Durán (2005) were used. Once the total aerial and component biomass was determined, the accumulation of total aerial biomass of boldo in control strains and strains intervened for an evaluation period of one year. The results showed that the forest with presence of boldo had an average density of 207 strains/ha corresponding to an initial basal area per hectare of 5,06 m²/ha. The strains showed on average nine stems, which were mostly smaller than 5 cm of DBH. After harvest, basal area per hectare was reduced to 4,45 m²/ha. The pre-dawn water potential (Ψ_A) showed significant differences between the control treatment and the intervention treatment (stems and sprouts). In turn the water potential at noon (Ψ_{MD}) followed the same trend presented in Ψ_A . When comparing the water potential within the treatments, significant differences were observed in the three cases studied. Regarding the relative water content (RWC), significant differences were observed for the control treatment and for the intervention of stems in both pre-dawn and noon. Within the treatment only significant differences were observed in the intervention treatment of stems, where in the noon measurement a lower RWC is present compared to pre-dawn. In the growth of sprouts the DRC and height presented an average of 4,8 mm and 34,1 cm respectively. The diameter at root collar height (DRC) had a variation between 1,1 mm and 15,1 mm, while the height present in the sprouts took values between 0,40 cm and 168 cm. In the growth of remnant stems the control strains had an increase in DBH of 0,1 cm while the intervened strains showed an increase of 1,1 cm. To estimate the aerial biomass of sprouts, DRC was established as the best predictor variable and a total aerial biomass production of 1,03 kg and per component (leaf and stem) of 0,187 kg and 0,523 kg respectively at the individual level. For the aerial biomass of remnant stems, the most representative component was the stem, followed by the leaf biomass. The initial growth of boldo showed a low recovery of the total biomass in strains with partial harvest at the end of the first year of growth, reason why the sustainability of the production of boldo leaf would not be assured.

Key words: *Peumus boldus*, sprouts, remnant stem, water potential, relative water content, biomass.

1 INTRODUCCIÓN

El bosque nativo, desde épocas antiguas ha estado ligado al desarrollo del país, siendo este aprovechado por la población, principalmente por sus características de proveedor de bienes y servicios (INFOR, 2009). En la actualidad sigue cumpliendo un rol fundamental, especialmente para comunidades campesinas y pequeños propietarios forestales, en donde el bosque nativo se convierte en unos de sus principales medios de sustento (INFOR, 2009).

El tipo forestal esclerófilo, con un 2,0% de la superficie de bosques del país, se encuentra presente en 9 de las 13 regiones (exceptuando la II, III, XI y XII) (CONAF-CONAMA-BIRF, 1999). Ha sido cosechado intensamente debido a que la mayoría de las especies que lo componen presentan algún grado de interés comercial, ya sea por la extracción de productos maderables o no maderables (PFNM). Estos últimos han presentado un aumento en su demanda principalmente por otros países que valoran considerablemente las características que poseen y los efectos que producen (CONAF, 1997).

Sin embargo, este aprovechamiento no sustentable, ha provocado que las formaciones nativas presenten algún tipo de degradación, generando un grave problema ambiental, social y económico, afectando directamente la productividad de este (Donoso y Durán, 2007).

Boldo (*Peumus boldus* Mol.), es una especie endémica y característica del bosque esclerófilo de la zona mediterránea de Chile. Pertenece a la familia *Monimiaceae*. Posee una amplia distribución geográfica, encontrándose presente entre las Regiones IV y X, teniendo como límite norte la bahía de Tongoy (30° 20' latitud sur) y el río Damas en Osorno, como límite sur (41° 20' latitud sur) (Doll *et al.*, 2005).

Es una especie con escasa exigencia de humedad y puede crecer bajo diversas condiciones. Es poco resistente a las heladas y su condición semi-xerófila le permite adecuarse a períodos largos de sequía (Homann, 1967; Schneeberger, 2001). Por lo general, en el tipo forestal esclerófilo crece en tierras bajas y medias, además de valles y quebradas con presencia de neblina costera, logrando mayores coberturas en zonas de exposición sur (Pizarro, 1989).

Puede alcanzar hasta los 20 metros de altura. Sin embargo, lo más frecuente es encontrar individuos con hábito arbustivo ramificados desde la base de alturas entre 3 y 6 metros, producto principalmente, de las continuas cortas a las que han sido sometidos. Su tronco es corto y puede alcanzar hasta 1 metro de diámetro. Posee un follaje denso y siempreverde, con una copa globosa compuesta por abundantes ramas cilíndricas y ramillas con hojas dispuestas en forma opuesta (Rodríguez *et al.*, 1983; Doll *et al.*, 2005; Durán, 2005).

Sus hojas son simples, aromáticas, con la cara superior de color verde oscuro, brillante y áspera al tacto, envés pálido, pubescente y nervadura hundida en la lámina, midiendo entre 3 y 7 centímetros (Navas, 1976).

La propagación natural de la especie potencialmente se realiza mediante semillas, específicamente por polinización cruzada, principalmente por dípteros y algunos coleópteros (Roach, 2001). Sin embargo, existe poco rejuvenecimiento de la especie en poblaciones naturales, lo que puede ser afectado por factores ambientales adversos como la exposición a

prolongados períodos secos o al pastoreo (Vogel *et al.*, 2005). Otro factor importante es el largo período requerido por la semilla para germinar. La presencia de aceites esenciales (terpineol y eugenol) que causan un efecto inhibitor del pericarpio, provocan dificultades en la germinación de la semilla, determinando un bajo porcentaje de germinación natural y una viverización compleja (Muñoz, 1986; Rodríguez, 1997). Otro aspecto que contribuye a la latencia de las semillas es la resistencia mecánica del pericarpio al crecimiento del embrión y el escaso desarrollo morfológico de éste (Muñoz, 1986).

Actualmente, cabe mencionar que la regeneración de la especie es mayoritariamente vegetativa, compuesta principalmente por retoños de árboles explotados para el autoconsumo como leña y/o carbón, venta de hojas, así como también, para destinar tierras a la agricultura o al establecimiento de plantaciones forestales (Rodríguez, 1997). Las cepas de boldo presentan yemas subterráneas en receso vegetativo, ubicadas en un órgano denominado lignotúber, que permite una regeneración vigorosa después de un incendio o de una tala (Montenegro, 2000).

En general, se puede señalar que boldo presenta un crecimiento lento, pudiendo alcanzar cerca de 50 cm en vivero luego de dos años, y 1 a 2 m de altura a los 5 años (Roach, 2001). Vogel *et al.* (2005), señalan que los árboles menores de 10 años presentan los crecimientos más vigorosos tanto en diámetro como en altura.

Vogel *et al.* (2005) investigaron plantaciones establecidas en invernadero durante cuatro años, aplicándole podas y exponiéndolas a diferentes niveles de luz. De acuerdo a sus resultados, señalan que boldo demora casi un año en iniciar su crecimiento aéreo, teniendo al segundo año un gran porcentaje de sobrevivencia (95%), y tamaños entre los 14 y 68 cm. Además, señalan que el crecimiento en primavera (noviembre-diciembre) es el más vigoroso y se diferencia según el tipo de plantas. En plantas pequeñas, el crecimiento es mayor proporcionalmente y generan más brotes que las plantas más grandes (61% y 33% respectivamente).

El uso más común del boldo, en Chile, corresponde a las infusiones; sin embargo, el mayor valor económico es referido a la exportación de sus hojas, que corresponde principalmente a hojas secas, enteras y trituradas. Además, en Europa, se comercializa una variada gama de productos que se obtiene mediante el procesamiento de sus hojas (INFOR, 2009). Esto debido a la presencia de aceites esenciales y alcaloides con propiedades medicinales. El alcaloide boldina presenta propiedades antioxidantes y citoprotectoras, dando a las hojas y los otros componentes propiedades coleréticas, analgésicas y diuréticas lo que genera una alta importancia científico-económica para la especie (CONAF, 1997). Por lo que su principal interés radica en los principios activos sintetizados en sus hojas (Roach, 2001).

Es por estas propiedades que su potencial económico está relacionado con la comercialización de sus hojas. Sin embargo, el problema asociado a este incipiente mercado, tiene relación con la sostenibilidad del recurso en el tiempo, debido a que la demanda es superior a su capacidad de producción natural. Esta cosecha del boldo ha aumentado el riesgo de agotar el recurso, llevando a cambios importantes en la composición y estructura de las poblaciones naturales de la especie (INFOR, 2009).

Considerando el potencial económico que presenta boldo, es necesario desarrollar estudios que evalúen la producción de hojas, ver las respuestas que tiene en distintos tratamientos silvícolas, sobre todo en aquellas áreas donde la especie se encuentre presente como una alternativa de producción.

En el contexto anterior, el presente estudio, tiene como objetivo general evaluar respuestas morfo-fisiológicas de rebrotes nuevos y vástagos remanentes, en cepas de *Peumus boldus*, según intensidad de corta, en la Comuna de Olmué, Región de Valparaíso.

Los objetivos específicos son:

- Caracterizar dasométricamente las cepas antes y después de la cosecha.
- Evaluar las respuestas hídricas, a través del potencial hídrico y contenido hídrico relativo puntual, en dos momentos del día (prealba y mediodía), de los rebrotes nuevos y vástagos remanentes en cepas de boldo, según intensidad de corta.
- Caracterizar el crecimiento en diámetro a la altura del cuello (DAC) y longitud de los rebrotes nuevos, y en DAP de los vástagos remanentes en cepas de boldo, según intensidad de corta.
- Estimar la biomasa aérea total y por componente para los rebrotes nuevos y vástagos remanentes en cepas de boldo.
- Evaluar el crecimiento inicial en biomasa aérea de rebrotes y vástagos remanentes de boldo durante el primer año de crecimiento.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Materiales

2.1.1 Área de estudio

El área de estudio se ubica en la Quebrada Alvarado, Comuna de Olmué (33° 01' S / 71° 15' O), ubicada en la Región de Valparaíso (Figura 1), la cual se encuentra emplazada en el valle del estero de Limache y se extiende por un sector montañoso correspondiente a una seccional de la Cordillera de la Costa de Chile central (IGM, 1983).

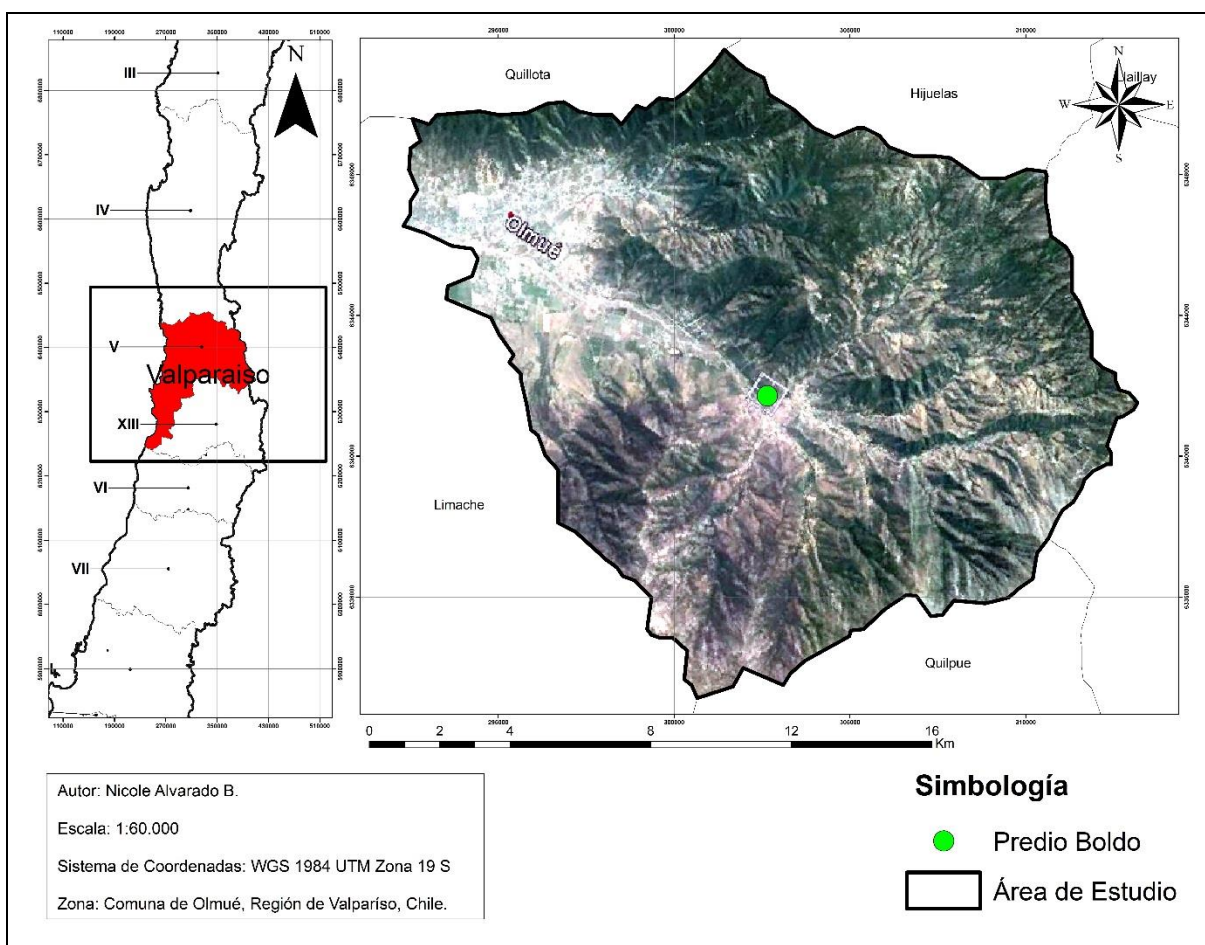


Figura 1. Localización del área de estudio.

2.1.1.1 Clima

Según el sistema de clasificación de Köppen (1948) el área de estudio se clasifica como templada mediterránea con verano seco y de acuerdo a Di Castri y Hajek (1976), correspondería a la región mediterránea semiárida, la que se caracteriza por tener cuatro estaciones bien diferenciadas durante el año.

2.1.1.2 Suelo

Según Roberts y Díaz (1949-1950) los suelos son principalmente de origen granítico, aunque secundariamente se encuentran formados por rocas volcánicas y sedimentarias marinas.

Las características principales de estos suelos son mala estructura del horizonte superficial, escasez de nitrógeno y fósforo; gran susceptibilidad a la erosión (Valenzuela, 1971).

2.1.1.3 Vegetación

Las formaciones vegetales en Chile central constituyen un recurso escaso y progresivamente experimentan una disminución, acompañado de un deterioro considerable de su estado de conservación (Gajardo, 1981). La vegetación de los matorrales y bosques esclerófilos se encuentra restringida a lomajes y quebrada de la Cordillera de Los Andes (Teillier et al., 1994).

Considerando la clasificación de Gajardo (1994), la vegetación del área de estudio corresponde a la región del Matorral y del Bosque Esclerófilo, subregiones del Bosque Esclerófilo, del Matorral y del Bosque Espinoso, región del Bosque Caducifolio, subregión del Bosque Caducifolio Montano y región de la Estepa Altoandina, subregión de los Andes Mediterráneos.

En cuanto a los pisos vegetacionales, según Luebert y Pliscoff (2006), corresponden al Bosque Caducifolio Mediterráneo Costero de Roble (*Nothofagus macrocarpa*) y Ribes (*Ribes punctatum*), Bosque Esclerófilo Mediterráneo Costero de Peumo (*Cryptocarya alba*) y Boldo (*Peumus boldus*) y Matorral Bajo Mediterráneo Costero de Chuquiragua (*Chuquiraga oppositifolia*) y *Mulinum spinosum*.

La vegetación del sector, está compuesta principalmente por boldo, peumo, litre (*Lithraea caustica* Mol.), espino (*Acacia caven* Mol.), quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), maitén (*Maytenus boaria* Mol.), molle (*Schinus latifolius* Gill. ex Lindl.), tevo (*Retanilla trinervia*), huingán (*Schinus polygamus* Cav. Cabrera), colliguay (*Colliguaja odorífera*) y bollén (*Kageneckia oblonga* Ruiz & Pav).

2.1.2 Información

2.1.2.1 Unidades muestrales

Se establecieron tres parcelas de 0,2 hectáreas cada una, donde se midieron pre y post-cosecha: número de vástagos por cepa, diámetro a la altura del pecho (DAP) de los vástagos por cepa y área basal a nivel de cepa. Luego de establecidas las parcelas, se marcaron los vástagos a ser intervenidos en cada zona.

De las tres parcelas, una de estas corresponde a una parcela control (P1), donde no se intervinieron las cepas y las dos parcelas restantes (P2 y P3), fueron cosechadas parcialmente y se extrajo aproximadamente el 30% del área basal a nivel de cepa, según plan de manejo.

Para el estudio, se seleccionaron 12 cepas control pertenecientes a la parcela control y 12 cepas intervenidas distribuidas en las dos parcelas de cosecha.

Cabe destacar que en el presente estudio se ocupa el término rodal para designar una porción del bosque definida sobre la base de un conjunto de criterios asociados a uno o más objetivos de manejo. Cepa es utilizado para referirse a los ejemplares de boldo que poseen uno o más vástagos, cuyos troncos están directamente unidos a las raíces y que, a su vez, mantienen la capacidad de rebrotar. El término vástago corresponde a los retoños presentes en las cepas antes de la cosecha y el término rebrote representa a la aparición de retoños posterior a la cosecha del 30% del área basal a nivel de cepa.

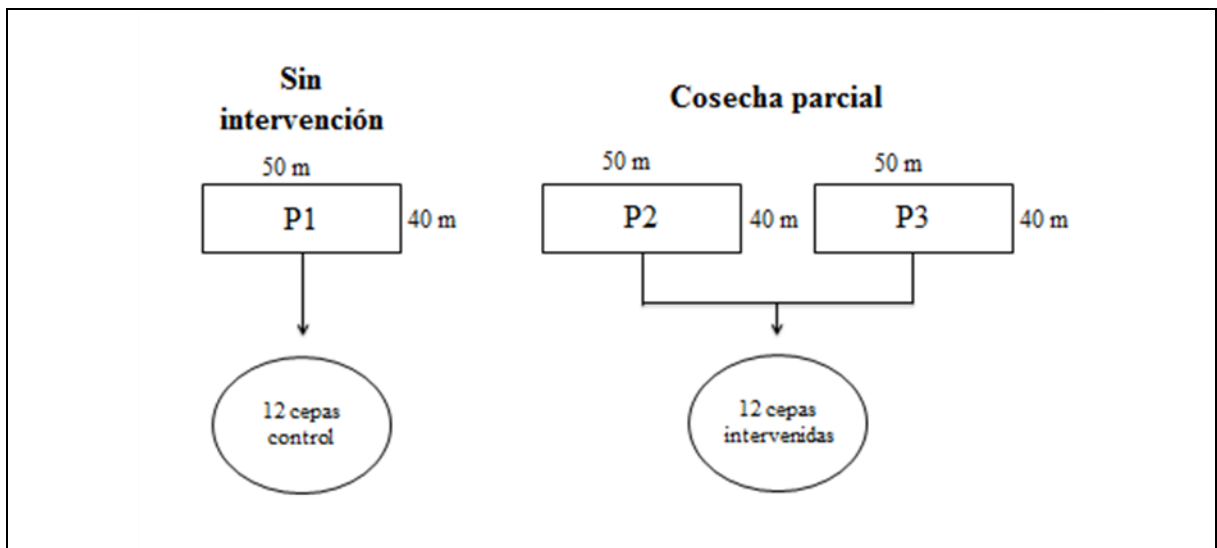


Figura 2. Diseño de parcelas y cepas muestreadas.

2.1.2.2 Variables hídricas

Las variables hídricas puntuales que se analizaron en base a datos medidos en cada una de las parcelas fueron: potencial hídrico de la hoja (a pre-alba (Ψ_A) y al mediodía (Ψ_{MD})) y contenido hídrico relativo de la hoja (a pre-alba (CHR_A) y al mediodía (CHR_{MD})). Para estas mediciones se utilizó una bomba de presión (Scholander *et al.*, 1965), modelo PMS Instrument modelo 1000 y una balanza de precisión.

Tanto para las mediciones de potencial hídrico y contenido hídrico de la hoja, se tomó una muestra (brote o ramilla) en cada cepa control (proveniente de vástagos remanentes) y dos en cada cepa intervenida (una proveniente de rebrote y la otra de los vástagos remanentes). En total se colectaron 12 muestras en las cepas control y 24 en las cepas intervenidas (12 rebrote y 12 vástagos), por cada momento del día (a pre-alba y al mediodía). Éstas fueron colectadas de manera aleatoria del tercio superior de los rebrotes y vástagos, las hojas estaban completamente desarrolladas y sanas, y tenían características morfológicas similares.

En cada momento de medición, una vez recolectadas las muestras se procedió con la medición del potencial hídrico y posteriormente se obtuvo el peso fresco (PF) de la muestra. A continuación, las muestras fueron introducidas en potes con agua destilada a 4°C durante

24 horas en oscuridad, con el fin de rehidratar los tejidos y obtener el peso hidratado (PH). Por último, se determinó el peso seco (PS) de las muestras, para ella las muestras fueron introducidas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C hasta que alcancen un peso constante.

En base a los pesos obtenidos se calculó el contenido hídrico relativo en porcentaje (%CHR) a pre-alba y al mediodía, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{CHR} = ((\text{PF} - \text{PS})/(\text{PH} - \text{PS})) \times 100$$

2.1.2.3 Medición del crecimiento de rebrotes y vástagos remanentes

Para la caracterización del crecimiento de rebrotes, se midieron las siguientes variables al final del período de crecimiento: diámetro a la altura del cuello (DAC, mm) y altura (cm) de los rebrotes, la medición del DAC, se hizo con un pie de metro digital y la medición de la altura de los rebrotes se realizó con una cinta métrica. Para ello, se seleccionaron 12 cepas intervenidas, cada una de estas cepas se dividió en ocho secciones similares, luego se seleccionó la primera sección al azar y las otras tres en forma alternada a la primera. En cada una de las cuatro secciones seleccionadas por cepa se midieron tres rebrotes (uno grande, uno mediano y uno pequeño), con un total de 12 rebrotes por cepa. Siendo la muestra total de 144 rebrotes.

Para el caso de la evaluación del crecimiento de los vástagos remanentes, se seleccionaron 12 cepas control y 12 cepas intervenidas, donde se marcó y midió, el diámetro a la altura del pecho (DAP, cm) de todos los vástagos por cepa, a través de una cinta diamétrica.

La densidad de rebrotes se estimó contando el número de rebrotes en 1/8 de la sección basal de las 12 cepas intervenidas y luego se ponderó este valor por las ocho secciones para estimar el total a nivel de cepa.

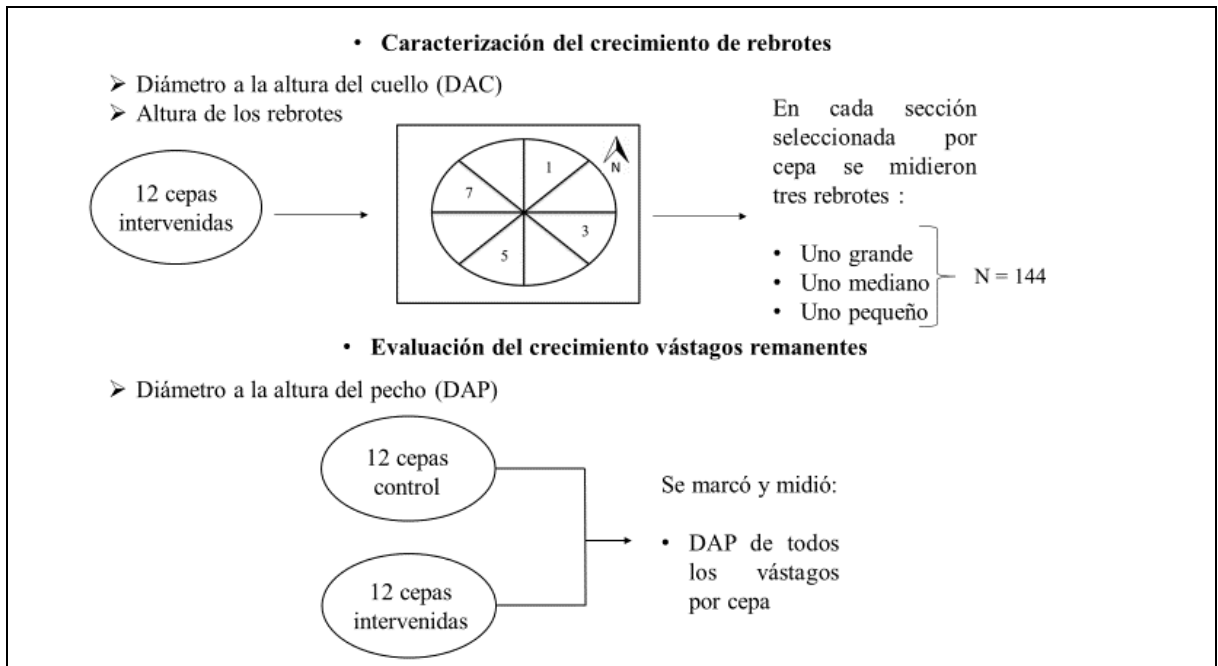


Figura 3. Esquema de crecimiento de rebrotes y vástagos remanentes.

2.1.2.4 Determinación del crecimiento en biomasa de rebrotes y vástagos remanentes

Las muestras que se utilizaron para determinar la biomasa aérea total y por componente (hoja y tallo) de los rebrotes se seleccionaron de forma proporcional a la frecuencia de las clases de DAC de los rebrotes medidos en el punto anterior.

Se cosechó la parte aérea de 20 rebrotes, provenientes de diferentes cepas intervenidas y que no pertenecen a las 12 cepas que fueron monitoreadas sus variables hídricas y de crecimiento.

Cada rebrote muestreado, se le midió el DAC (mm) y la altura (cm), y luego fue rotulado. Posteriormente se procedió a separar sus componentes en hojas y material leñoso y se secaron en una estufa de aire forzado a 65°C hasta alcanzar un peso constante.

Para el caso de la biomasa aérea total y por componentes (hoja y fuste) de los vástagos remanentes, se utilizaron los datos obtenidos para la evaluación del crecimiento de los vástagos remanentes en el punto 2.1.2.3.

2.2 Métodos

2.2.1 Caracterización dasométrica de las cepas antes y después de la corta

Con los datos obtenidos en el inventario se construyeron tablas de rodal pre y post cosecha, donde las variables analizadas fueron el número de cepas por hectárea, número de vástagos por hectárea (Nha) y el área basal por hectárea (Gha) de boldo presente en el área de estudio.

2.2.2 Evaluación de las variables hídricas

El efecto del tratamiento se verificó en todas las variables, mediante un análisis de varianza (ANDEVA) de un factor, con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$. Para potencial hídrico (Ψ) y contenido hídrico relativo (CHR), se verificaron las diferencias producidas dentro del tratamiento, producto de los diferentes momentos de medición (pre-alba y mediodía), y entre los distintos tipos de tratamientos (control, intervención (vástagos) e intervención (rebrotos)).

Cuando se verificó la existencia de diferencias estadísticas, estas se analizaron con una prueba de comparación múltiple de Bonferroni ($p < 0,05$).

2.2.3 Caracterización del crecimiento de rebrotos y vástagos remanentes

Para la caracterización del crecimiento de los rebrotos se realizó una tabla descriptiva y un análisis de regresión lineal entre las variables DAC y altura. Por otra parte, para la evaluación del crecimiento de los vástagos remanentes, se realizó una comparación del promedio de los DAP inicial y DAP final para el tratamiento control y el de intervención.

2.2.4 Determinación de crecimiento en biomasa

2.2.4.1 Estimación de la biomasa aérea de los rebrotos

Con respecto a la biomasa de rebrotos se hizo un análisis de regresión, donde se procesó la información obtenida y se generaron funciones estimadoras de biomasa para los componentes hojas, tallos y total.

Los modelos que se utilizaron para el desarrollo de las ecuaciones de biomasa fueron del tipo lineal, exponencial y potencial, descritos por Prado (1988) y empleados también por Durán (2005), los cuales se muestran a continuación:

- Lineal: $y = a + b_i * x_i$
- Exponencial: $y = a * e^{bx}$
- Potencial: $y = a * x_i^{b_i}$ (Prado *et al.*, 1988)

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

$n =$ Número de variables

Cada componente se seleccionó con la función que se ajustó de mejor manera a los pesos secos obtenidos, usando como criterios de selección: el coeficiente de determinación (R^2), el error estándar de estimación (S_{yx}) y el análisis de los residuos (Durán, 2005).

Para la validación de los modelos se consideró el 10% de la muestra, que no fue empleada en la construcción de las funciones. A partir de la muestra se determinó el error cuadrático medio (Caldentey, 1990).

Finalmente, para determinar la producción de biomasa de rebrotes se utilizó la función seleccionada y se estimó la biomasa total y por componente de rebrote a nivel de cepa.

2.2.4.2 Estimación de la biomasa aérea de los vástagos remanentes

La biomasa aérea total y por componente (hojas y fuste) de los vástagos remanentes, de las cepas control y las cepas intervenidas, se estimaron mediante la aplicación de las funciones de biomasa determinadas por Durán (2005) en el estudio de la evaluación de la producción y productividad en biomasa aérea de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en un bosque esclerófilo de la comuna de María Pinto, Región Metropolitana (Cuadro 1).

Cuadro 1. Funciones de biomasa aérea de vástagos de boldo.

Componente	Función estimadora de biomasa	Función linealizada
Hojas	$Y = 22,9438 * X^{1,90447}$	$\text{Ln } Y = 3,133 + 1,90447 * \text{Ln } X$
Fuste	$Y = 32,2899 * X^{2,67985}$	$\text{Ln } Y = 3,475 + 2,67985 * \text{Ln } X$
Total	$Y = 61,1665 * X^{2,3632}$	$\text{Ln } Y = 4,133 + 2,3632 * \text{Ln } X$

Fuente: Durán (2005).

Y: Biomasa del componente respectivo (g); X: Diámetro del vástago (cm).

2.2.4.3 Crecimiento inicial de biomasa de boldo

Una vez que se determinó la biomasa aérea total y por componentes de los rebrotes y vástagos remanentes, se analizó la acumulación de biomasa aérea total de boldo en las cepas control y cepas intervenidas para un período de evaluación de un año.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Caracterización dasométrica de las cepas antes y después de la corta

Al analizar el cuadro 2, se observa que, antes de la cosecha, el promedio de cepas por hectárea fue de 207 correspondientes a 5,06 m²/ha (Gha). Posterior a la cosecha, el Gha total disminuyó a 4,45 m²/ha. Mendoza (2014), realizó un estudio en la comuna de Las Cabras, Región del Libertador Bernardo O'Higgins, donde caracterizó el bosque en dos sectores, estimando un promedio de 672 cepas/ha y 444 cepas/ha y áreas basales de 12,47 m²/ha y 9,22 m²/ha, respectivamente, para cada uno de los sectores en estudio. Por otra parte, estudios realizados por Durán (2005) y Salinas (2015) en la comuna de María Pinto, Región Metropolitana determinaron densidades de 1.586 cepas/ha y 1.363 cepas/ha y áreas basales de 7,73 m²/ha y 7,37 m²/ha, respectivamente. Kannegiesser (1987) y Montecinos (2001) determinaron densidades inferiores, que variaron entre las 40 y 440 cepas/ha y 357 y 571 cepas/ha, respectivamente. Por último, González y Aguirre (2006), realizaron un estudio en la comunidad de Pullally, Región de Valparaíso, donde obtuvieron para boldo un área basal de 4,7 m²/ha, siendo similar a los resultados obtenidos en el presente estudio.

Cuadro 2. Tabla promedio para el número de cepas y área basal por hectárea de boldo antes y después de la cosecha de boldo.

Clase N° Vast/Cepa	Pre-cosecha		Post-cosecha	
	Cepas/ha	Gha	Cepas/ha	Gha
[0-10[	88	0,77	108	1,01
[10-20[	58	1,04	58	1,12
[20-30[	24	0,78	15	0,60
[30-40[	20	1,29	12	0,74
[40-50[	10	0,57	7	0,40
[50-60[	3	0,44	5	0,50
[60-70[	2	0,09	2	0,08
[70-80[	2	0,09	0	0
Total	207	5,06	207	4,45

Gha: Área basal por hectárea (m²/ha).

Además, a partir del cuadro 2 se observa que el mayor porcentaje de cepas de boldo (88 cepas/ha (42,5%), antes de la cosecha y 108 cepas/ha (52,2%), después de la cosecha) están compuestas en promedio por nueve vástagos. Salinas (2015) también determinó esto, ya que el 79% del total de las cepas de boldo antes y después de la cosecha están compuestas en promedio por nueve vástagos. La especie se encuentra con una estructura de monte bajo. Esto coincide con lo expuesto por INFOR (2009), donde se plantea que un manejo silvicultural adecuado es el de monte bajo, de manera de aprovechar la capacidad de rebrote que posee la especie, con el objetivo de la posterior recolección de hojas. Vita (1993) concuerda con esto y señala que para boldo el método más interesante con el objetivo de maximizar la producción de hojas es el de monte bajo irregular, ya que permite tener en cada tocón retoños de diferentes edades y tamaños, permitiendo una continua obtención de productos mediante entresacas. Sin embargo, Salinas (2015) señala que aún no se ha establecido como un método

silvicultural específico para la especie, porque hay aspectos como el ciclo de corta que todavía no han sido definidos.

Con respecto a los vástagos, se puede observar en el cuadro 3 que el Nha y Gha antes de la cosecha fue de 3.280 vástagos por hectárea y 5,06 m²/ha respectivamente. Posterior a la cosecha estos valores disminuyeron a 2.758 vástagos por hectárea y 4,45 m²/ha respectivamente.

Los resultados obtenidos, muestran que la intensidad de extracción del área basal para boldo fue de un 12,1%, cumpliendo con no exceder el valor máximo de 35% estipulado en el Artículo 40 DS del N°193/1998 presente en el DL N°701/1974 (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 1993).

También se observa que el 76% de los vástagos no superan los 5 cm de DAP. Esto concuerda con Salinas (2015), que señala que el 87% del total de vástagos presentes en el estudio no superan los 5 cm de DAP, pudiendo desprenderse que la formación de boldo estudiada ha sido fuertemente intervenida, ya que se encuentra dominada por un importante número de retoños jóvenes.

Cuadro 3. Tabla de rodal promedio para el número de vástagos y rebrotes y área basal por hectárea de boldo antes y después de la cosecha de boldo.

Clases DAP (cm)	Pre-cosecha		Post-cosecha	
	Nha	Gha	Nha	Gha
[0-5[	2.490	1,63	2.037	1,40
[5-10[	707	2,42	650	2,22
[10-15[	73	0,78	63	0,65
[15-20[	10	0,23	8	0,18
Total	3.280	5,06	2.758	4,45

Nha: Número de vástagos por hectárea; Gha: Área basal por hectárea (m²/ha).

En la figura 4 se observa la distribución diamétrica de los vástagos de boldo, antes y después de la cosecha. La mayor cantidad de vástagos del estudio se concentró en DAP menores a los cinco centímetros, por lo que la mayor extracción se realizó en este grupo diamétrico (0-5 cm) que, según Salinas (2015) es a través de esta práctica donde se obtendría un mayor volumen de hojas. El porcentaje de vástagos extraídos en este estudio corresponde al 16% del Nha inicial. También cabe destacar que la curva de dispersión diamétrica tanto antes como después de la cosecha permite observar que el bosque de boldo presenta un manejo de monte bajo indefinido que tiende a irregular. Esto se debe a que la mayor cantidad de vástagos se concentran entre los DAP menores, dejando a las clases diamétricas de mayor tamaño con la menor densidad de vástagos por hectárea, siendo esta aproximadamente el 2,5% del total de vástagos presente en el estudio, provocando una diferencia de estratos en las cepas, donde a pesar del menor número de vástagos con DAP superior a 10 cm, estos conforman un área basal importante, representando al 19,9% y 18,7% del total del área basal para Pre-cosecha y Post-cosecha respectivamente.

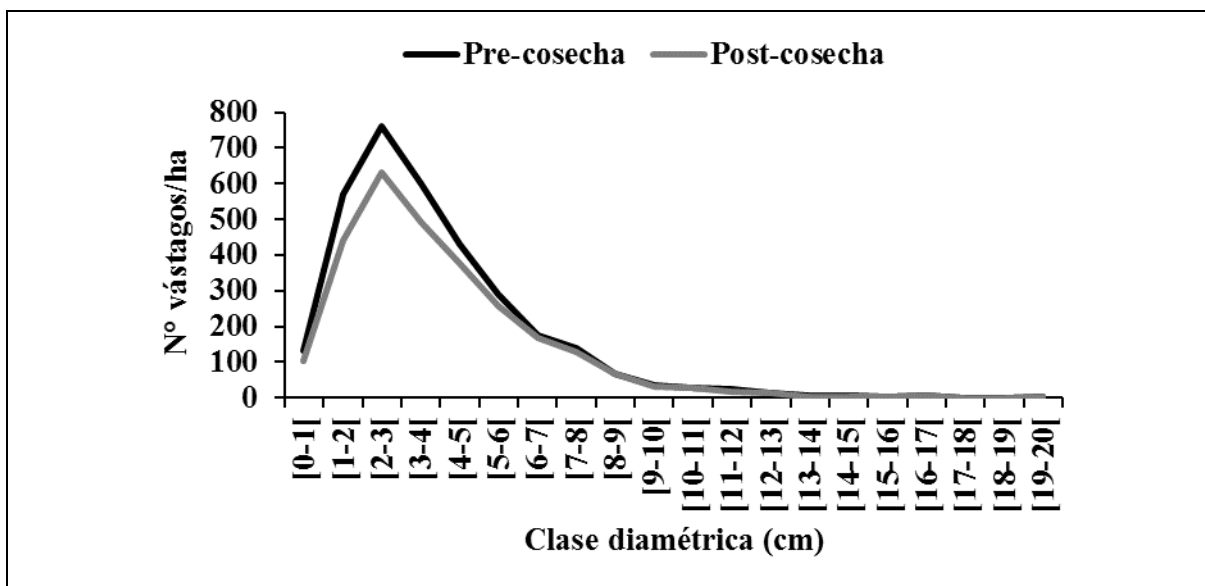


Figura 4. Dispersión diamétrica de los vástagos de boldo, antes y después de la cosecha.

3.2 Variación de variables hídricas puntuales

3.2.1 Potencial hídrico y contenido hídrico relativo a pre-alba y mediodía

El potencial hídrico a pre-alba (Ψ_A), mostró diferencias significativas entre el tratamiento control y el tratamiento intervención (vástagos y rebrotes), siendo control significativamente más negativo, con un valor de Ψ_A de -2,6 (MPa). A su vez el potencial hídrico a mediodía (Ψ_{MD}) siguió la misma tendencia presentada en Ψ_A , donde control es significativamente más negativo (-3,3 MPa) a los resultados presentados en los otros dos tratamientos. Cabe destacar que, tanto en las mediciones a pre-alba como en mediodía, el potencial hídrico de los vástagos y los rebrotes de las cepas intervenidas, no presentaron diferencias significativas entre sí (Figura 5).

Por otra parte, al comparar el potencial hídrico dentro de los tratamientos, se observaron diferencias significativas en los tres casos estudiados, donde Ψ_{MD} presentó valores significativamente más negativos a los observados en Ψ_A (Figura 5).

Con respecto al contenido hídrico relativo (CHR), se observaron diferencias significativas para el tratamiento control y el de intervención de vástagos, teniendo este último un CHR mayor al observado en control tanto en pre-alba como en mediodía (Figura 6).

Dentro del tratamiento sólo se observaron diferencias significativas en el tratamiento de intervención de vástagos, en donde en la medición del mediodía se presenta un CHR menor al observado a pre-alba (Figura 6).

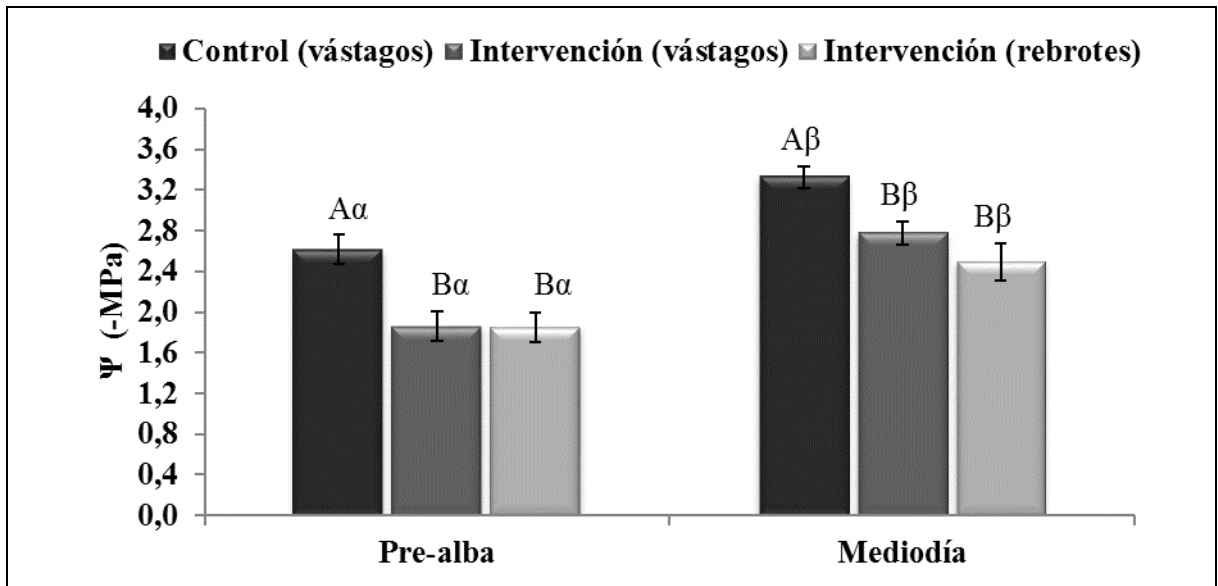


Figura 5. Variación de potencial hídrico, según tipo de tratamiento y momento de medición. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos; letras griegas distintas indican diferencias significativas dentro del tratamiento ($p < 0,05$).

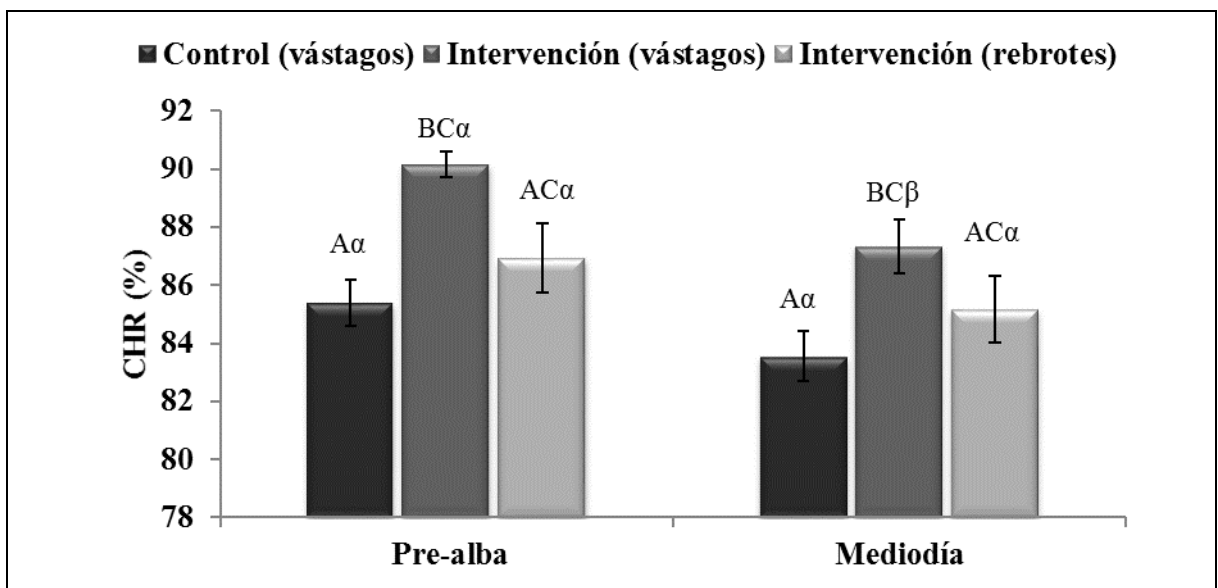


Figura 6. Variación de contenido hídrico relativo, según tipo de tratamiento y momento de medición. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos; letras griegas distintas indican diferencias significativas dentro del tratamiento ($p < 0,05$).

Los resultados indican que la reducción en el área basal en los tratamientos de intervención (vástagos y rebrotes), y como consecuencia una reducción en la biomasa foliar, tiene un efecto positivo, mejorando la disponibilidad hídrica en las cepas. Esto se puede observar en los valores de potencial hídrico menos negativo y contenidos hídricos relativos de mayor valor. Esto es consistente con lo mencionado por Fleck *et al.* (1996) y Forrester *et al.* (2012), en el sentido que la menor restricción hídrica se puede explicar por una menor masa foliar, producto de un menor número de vástagos que consume agua, junto al extenso sistema radicular preexistente, que resulta en una mejor disponibilidad de agua para los vástagos remanentes. Al respecto Donoso y Ruiz (2001), sugieren que esta mayor disponibilidad hídrica que se produce en rodales menos densos, se debe a que una baja densidad de árboles, se traduce en una menor biomasa foliar, y esta es la principal responsable de una tasa de transpiración más reducida en comparación con un rodal más denso. Además, esto se suma a lo mencionado por Ilabaca (2008), que menciona que boldo frente a una restricción hídrica es capaz de realizar ajuste elástico, para evitar la pérdida de turgencia celular, evitando de esta manera que la pérdida hídrica afecte a los procesos metabólicos, lo que causaría muerte celular.

La tendencia observada en el potencial hídrico entre los tratamientos de control e intervención, y los menores valores de contenido hídrico relativo obtenidos en el tratamiento control en los dos momentos de medición, indican la competencia por el recurso hídrico que tienen los vástagos de una misma cepa que no ha sido intervenida. Este comportamiento es concordante con lo obtenido por Pacheco (2008), que estudió las respuestas hídricas en distintos períodos de medición de *Nothofagus macrocarpa* sometido a raleo, concluyendo que la disminución del número de vástagos a nivel de cepa, disminuye la competencia por agua que existe al interior de ésta, favoreciendo un mejor estatus hídrico en los vástagos remanentes.

Por último, cabe señalar lo descrito por Donoso *et al.* (2015), que estudiaron la influencia del raleo en la condición hídrica de *Peumus boldus*, donde se aplicaron tres tratamientos (cosecha total, cosecha parcial y sin intervención). Los resultados obtenidos indican que las cepas con intervención parcial y total, presentaron potenciales hídricos significativamente menos negativos que las cepas control, mejorando la disponibilidad hídrica en las cepas intervenidas. Esto concuerda a los resultados obtenidos en el presente estudio, donde Ψ en el tratamiento control presentó siempre valores más negativos a los observados en las cepas intervenidas.

3.3 Crecimiento

3.3.1 Caracterización del crecimiento en rebrotes

De acuerdo con las mediciones realizadas al final del período de crecimiento de las cepas intervenidas, el DAC y la altura presentaron una media de 4,8 mm y 34,1 cm respectivamente. El diámetro a la altura del cuello (DAC) tuvo una variación entre 1,1 mm (valor mínimo) y 15,1 mm (valor máximo), mientras que la altura presente en los rebrotes tomó valores entre los 0,40 cm (valor mínimo) y los 168 cm (valor máximo) (Cuadro 4).

En relación a las cepas control, estas no fueron consideradas debido a la ausencia o escaso desarrollo de rebrotes, que puede ser explicada por la alta densidad de vástagos por cepa, lo que no permitiría la aparición de nuevos brotes (Reyes, 2006). De esto se infiere que, a una mayor intensidad de corta, mayor será el número de rebrotes por cepa. Por lo que la intensidad de la intervención aplicada produjo una respuesta inmediata en las cepas intervenidas, generando nuevos brotes.

Cuadro 4. Tabla descriptiva del primer año de crecimiento de los rebrotes.

Variable	Rango	Mínimo	Máximo	Media	Error típico	Desv. típ.	Varianza
DAC (mm)	14	1,1	15,1	4,8	0,3	3,1	9,6
Altura (cm)	167,6	0,40	168,0	34,1	3,8	38,3	1.463,6

Lo anterior, es consistente con lo mencionado por Donoso *et al.* (2015), donde se evaluó la respuesta de las cepas de boldo sometidas a diferentes intensidades de cosecha, durante los dos primeros años después de la corta. Para ello se monitoreó anualmente un grupo de 23 cepas con tres niveles de cosecha: total, parcial (50% del área basal) y sin intervención (control). Los resultados indicaron que el crecimiento en DAC el primer año fue de 3,2 y 3,5 mm y el segundo año fue de 4,0 y 4,3 mm, para las cepas con cosecha parcial y total. El crecimiento en altura durante el primer año fue de 17,0 cm y 14,5 cm y el segundo año de 55,8 y 67,1 cm para las cepas con cosecha parcial y total respectivamente.

Por último, en la figura 7 se observa la estrecha relación entre el DAC y la altura total de los rebrotes.

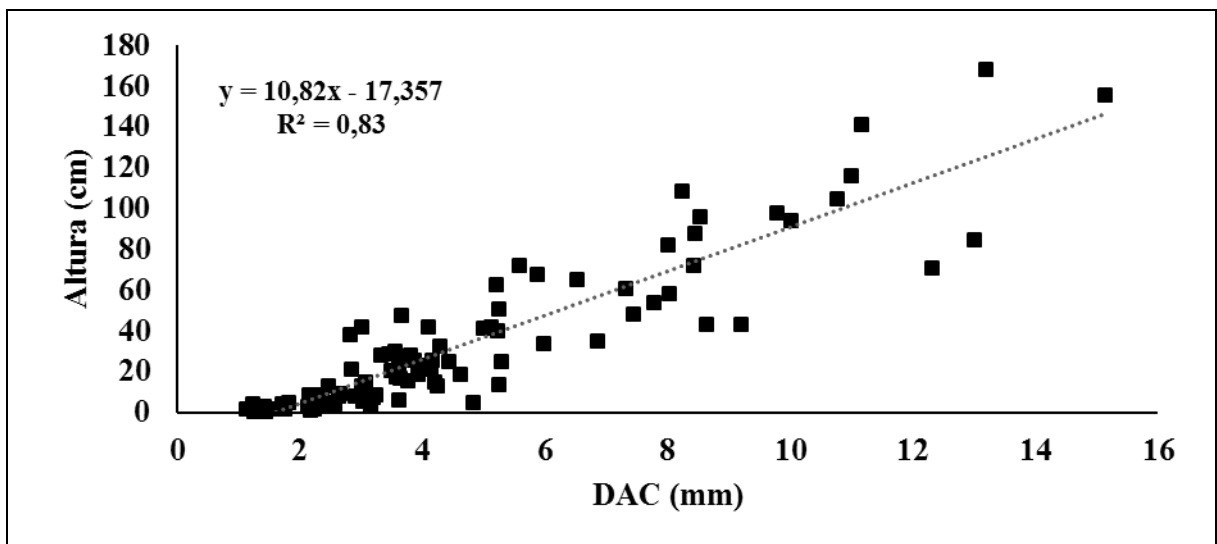


Figura 7. Regresión lineal entre DAC y altura.

3.3.2 Crecimiento en vástagos remanentes

En la figura 8 se observa que las cepas control mantuvieron el DAP en los dos momentos de medición, mostrándose un leve incremento en las cepas B054 y B056. Asimismo, las cepas

control al inicio de la evaluación presentaron un DAP promedio de sus vástagos de 3,7 cm y al final de la evaluación de 3,8 cm, incrementándose el DAP en 0,1 cm, por lo que no se observa un crecimiento significativo (Cuadro 5).

Las cepas intervenidas presentaron al inicio de la evaluación vástagos con un DAP promedio de 3,3 cm y al final de la evaluación un DAP promedio de 4,4 cm, lo que conlleva un incremento de 1,1 cm (Cuadro 5). En la figura 9 se aprecia el DAP promedio inicial y final de las cepas intervenidas. Algunas de las cepas estudiadas no presentan mayor variación entre el DAP promedio de los vástagos al inicio y al final de la medición, mientras que otras, como las cepas B017, B021, B031 y B048 presentan un incremento visiblemente mayor. En el cuadro 5 se ejemplifica esto con mayor claridad, observándose que las cepas anteriormente mencionadas presentan incrementos de 1,3 cm, 2,1 cm, 4,6 cm y 3,7 cm respectivamente, mientras que en las demás cepas este incremento es mínimo o nulo. Esto se debe principalmente a que las cepas que presentaron una mayor variación del DAP, tuvieron un mayor porcentaje de extracción de área basal y de vástagos, en contraste con el resto de las cepas del estudio, por lo que los resultados muestran una tendencia que a mayor intensidad de extracción de área basal y vástagos a nivel de cepa también existe un mayor incremento en diámetro. Estos resultados son consistentes con lo mencionado por Medhurst *et al.* (2002), donde demuestran que los raleos alteran las condiciones medioambientales necesarias para el crecimiento, incrementando la disponibilidad de agua, luz y nutrientes para los árboles remanentes. Corvalán y Hernández (2001) indican que 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. Por último, es importante mencionar que en especies que poseen como característica adaptativa la facilidad de rebrotar, 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 (Gracia *et al.*, 1999).

En un estudio similar realizado por Donoso *et al.* (2015), se evaluó la respuesta de las cepas de boldo sometidas a diferentes intensidades de cosecha durante los dos primeros años después de la corta y se obtuvo que las cepas control mantuvieron un DAP medio de sus vástagos de 2,4 cm durante los dos años de evaluación y los vástagos con cosecha parcial presentaron un incremento medio de 0,1 cm después de los dos años de evaluación, con un DAP medio de 2,9 cm. El nulo incremento en DAP de las cepas control y el reducido incremento en los vástagos remanentes de las cepas con cosecha parcial, se asoció a las adversas condiciones que se presentaron en el momento que se realizó el estudio, con un marcado déficit de precipitaciones.

Si bien para el crecimiento de boldo existen una serie de antecedentes, estos no son abundantes y no se aprecia una tendencia clara. Así, Kannegiesser (1987) y Toral *et al.* (1988), señalan que, en bosques abiertos de baja densidad, el crecimiento en diámetro (medido a nivel de DAP), de una muestra que contempló edades entre los 9 y 128 años, fluctúa de 0,16 a 0,79 cm/año respectivamente, con un promedio de 0,36 cm/año.

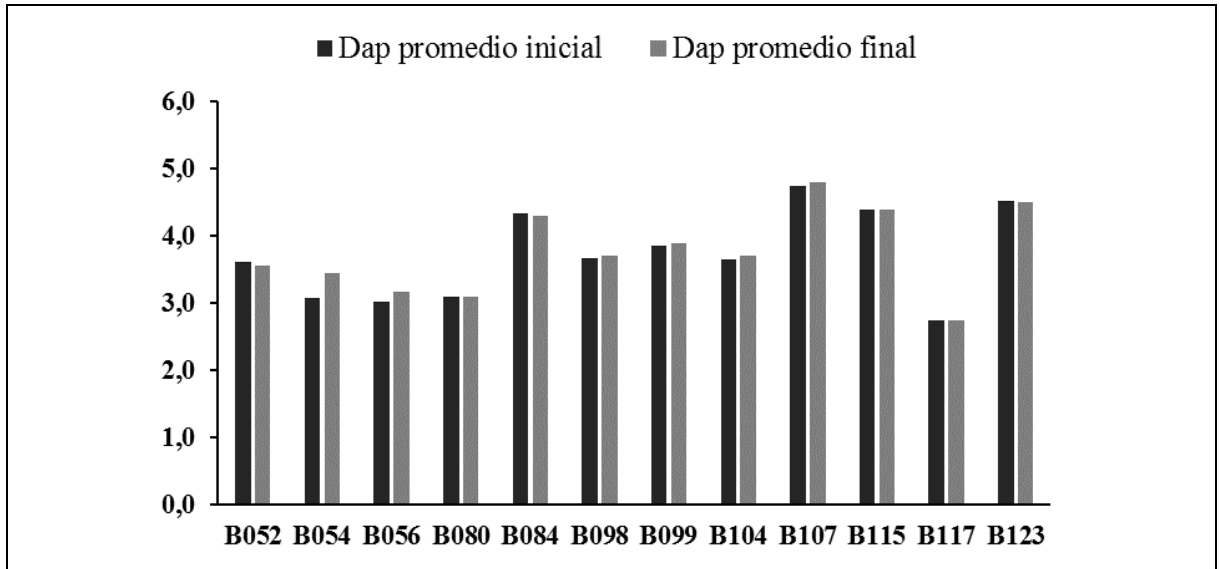


Figura 8. DAP inicial y DAP final en cm de las cepas control.

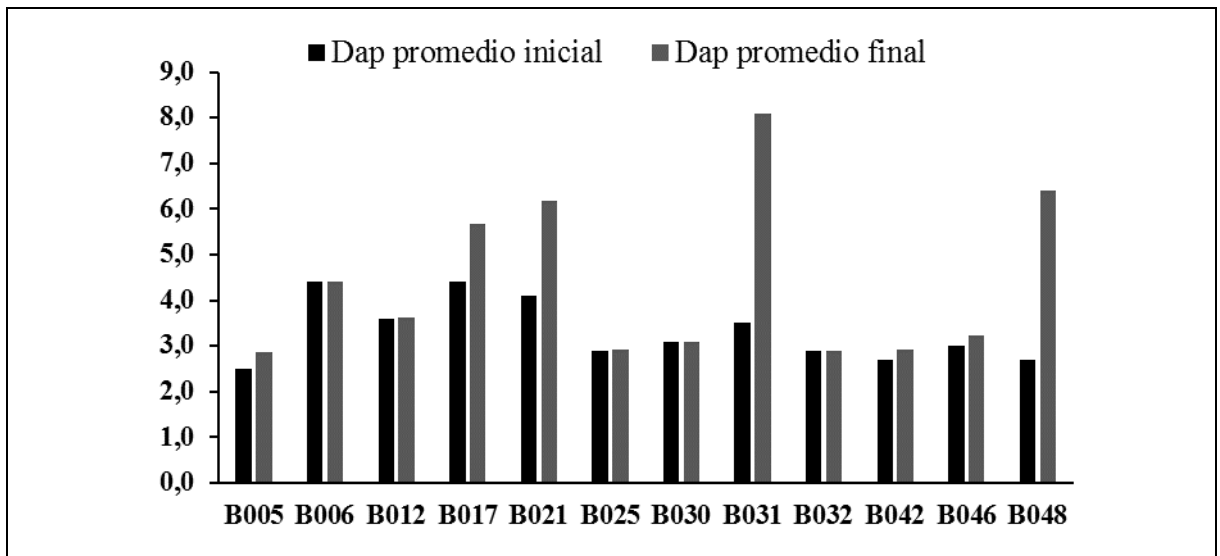


Figura 9. DAP inicial y DAP final en cm de las cepas intervenidas.

Cuadro 5. DAP promedio inicial, DAP promedio final e incremento de las cepas control y cepas intervenidas.

Cepas control	DAP inicial	DAP final	Incremento	Cepas intervenidas	DAP inicial	DAP final	Incremento
B052	3,6	3,6	0	B005	2,5	2,9	0,4
B054	3,1	3,5	0,4	B006	4,4	4,4	0
B056	3,0	3,2	0,2	B012	3,6	3,6	0
B080	3,1	3,1	0	B017	4,4	5,7	1,3
B084	4,3	4,3	0	B021	4,1	6,2	2,1
B098	3,7	3,7	0	B025	2,9	2,9	0
B099	3,9	3,9	0	B030	3,1	3,1	0
B104	3,7	3,7	0	B031	3,5	8,1	4,6
B107	4,8	4,8	0	B032	2,9	2,9	0
B115	4,4	4,4	0	B042	2,7	2,9	0,2
B117	2,8	2,8	0	B046	3,0	3,2	0,2
B123	4,5	4,5	0	B048	2,7	6,4	3,7
DAP promedio	3,7	3,8	0,1	DAP promedio	3,3	4,4	1,1

DAP: Diámetro a la altura del pecho (cm).

3.4 Biomasa aérea de boldo

3.4.1 Determinación de funciones de biomasa de rebrotes de boldo

3.4.1.1 Jerarquización y análisis de correlación de variables

En el cuadro 6 se observa que la variable predictora que presentó un mayor coeficiente de correlación respecto al peso seco de hojas, tallos y total, fue el diámetro a la altura del cuello (DAC) con un valor de 0,737; 0,869 y 0,846 respectivamente. Por otra parte, la altura (H) presentó valores menores para los tres componentes.

Cuadro 6. Matriz de correlación entre las variables predictoras (DAC; H) y las variables dependientes (Peso seco hojas, tallos y total).

Variable	DAC	H	Peso seco hojas	Peso seco tallos	Peso seco total
DAC	1				
H	0,951	1			
Peso seco hojas	0,737	0,677	1		
Peso seco tallos	0,869	0,850	0,919	1	
Peso seco total	0,846	0,814	0,958	0,994	1

DAC: Diámetro a la altura del cuello (mm); H: Altura (cm).

Salinas (2015) determinó que, a nivel de rebrotes, el DAC es la variable que mejor se correlaciona con la biomasa aérea total y por componentes, mientras que la variable altura presentó una correlación negativa para los tres componentes. Por su parte, Durán (2005), estableció que, a nivel de vástagos, la variable predictora que mejor explica el comportamiento de la biomasa de hojas, de fuste y total es el diámetro. Además, concluyó que, al aumentar la altura, no necesariamente el peso seco aumenta, producto de la competencia entre los vástagos en el individuo y la competencia entre los individuos.

3.4.1.2 Ajuste de los modelos

El cuadro 7 muestra que los modelos de estimación de biomasa seleccionados presentaron para los componentes tallo y total, un buen ajuste, con un alto coeficiente de determinación (R^2) y un bajo error estándar de estimación (S_{yx}). El modelo de estimación de biomasa de tallo fue el que presentó mejores ajustes respecto a R^2 (0,95) y S_{yx} (0,43). Con respecto al componente hojas, su R^2 (0,71) presentó un menor valor y S_{yx} (0,68) fue un poco más alto a los presentados por biomasa de tallo y total. Esto se debe principalmente a una alta variabilidad asociada, las que según Crown (1978) se deben a razones como la poda, la forma y tipo de copa, entre otras. Por su parte, Pulido (2000) menciona que la biomasa foliar es uno de los componentes con mayor variación. Esto se debe a que no se incrementa necesariamente con el crecimiento del rodal.

Cuadro 7. Modelos de estimación de biomasa de rebrotes de boldo, ajustados con la variable DAC (mm). Se presenta el coeficiente de determinación (R^2) y el error estándar de estimación (S_{yx}).

Componente	Modelo	Función linealizada	R^2	S_{yx}
Hojas	$Y = 0,091 * e^{0,412X}$	$\ln Y = -2,397 + 0,412 * X$	0,71	0,68
Tallo	$Y = 0,008 * X^{3,387}$	$\ln Y = -4,828 + 3,387 * \ln X$	0,95	0,43
Total	$Y = 0,131 * e^{0,561X}$	$\ln Y = -2,033 + 0,561 * X$	0,87	0,57

Y: Peso seco del componente (g); X: DAC (mm).

La figura 10 muestra la relación entre los valores de biomasa generada por los modelos de estimación seleccionados y la distribución de los datos tomados en terreno. Como se observa, los valores estimados de biomasa de hojas, tallo y total presentan un buen ajuste con respecto a los valores reales.

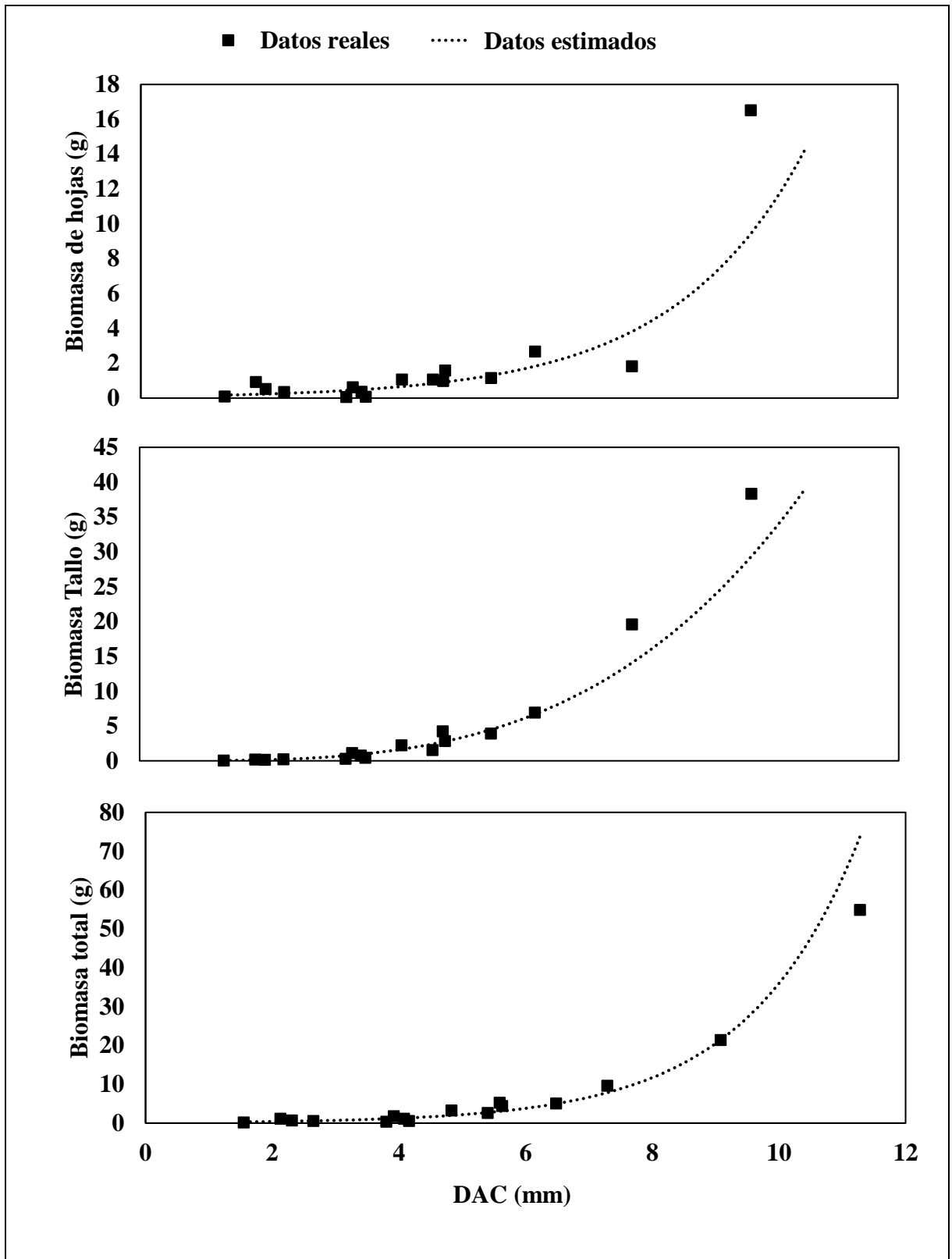


Figura 10. Biomasa real y estimada de hojas, tallo y total.

3.4.1.3 Análisis de los residuos

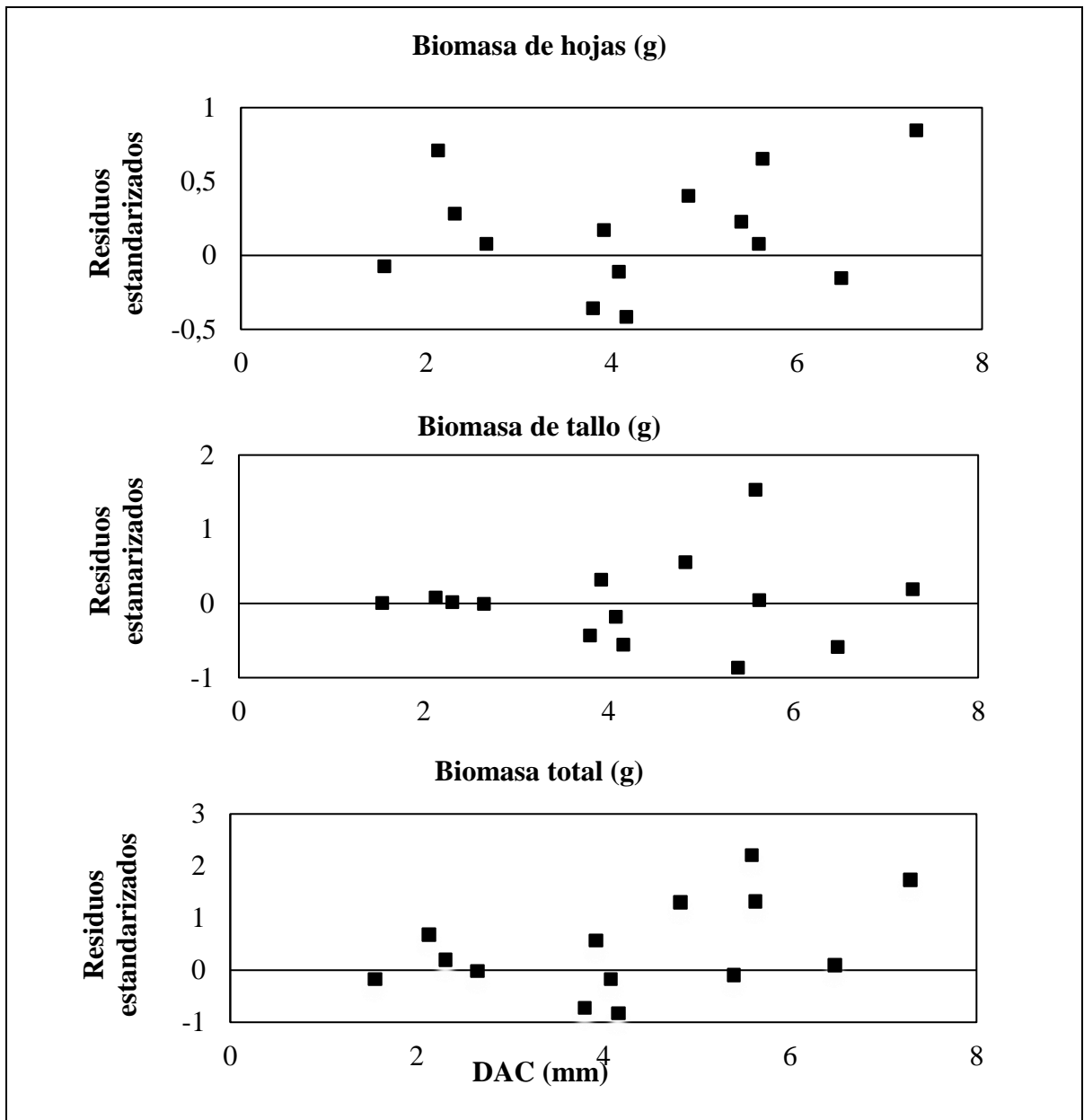


Figura 11. Residuos estandarizados para los modelos seleccionados.

En la figura 11 se muestra la distribución de los residuos, en donde se observa que estos fluctuaron en forma aleatoria alrededor de la línea base; es decir, no mostraron ningún patrón sistemático entre las variables, lo que sugiere la inexistencia de heterocedasticidad e independencia con respecto a los valores ajustados. Esto indica un ajuste no sesgado, lo que otorga consistencia a los modelos seleccionados. Aquellos puntos más alejados de la línea cero corresponden a rebrotes en el que la biomasa no era representativa del diámetro, por lo que fueron eliminados del análisis.

3.4.1.4 Validación de los modelos seleccionados

Se validaron las funciones a partir del error cuadrático medio (ECM%), cuyo valor no debía superar el 30% (Caldentey, 1990).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el error cuadrático medio para el modelo de estimación de biomasa de hoja, tallo y total fue de 18,78%, 13,98% y 13,21% respectivamente, cumpliéndose el criterio de validación, aceptándose las ecuaciones finales.

Cuadro 8. Error cuadrático medio (ECM%) de los modelos de biomasa seleccionados.

Componente	Modelo	Función linealizada	ECM%
Hojas	$Y = 0,091 * e^{0,412X}$	$\text{Ln } Y = -2,397 + 0,412 * X$	18,78
Tallo	$Y = 0,008 * X^{3,387}$	$\text{Ln } Y = -4,828 + 3,387 * \text{Ln } X$	13,98
Total	$Y = 0,131 * e^{0,561X}$	$\text{Ln } Y = -2,033 + 0,561 * X$	13,21

Y: Biomasa del componente respectivo (g); X: DAC (mm).

3.4.2 Biomasa aérea total y por componentes de rebrote.

Mediante las funciones de biomasa aérea seleccionadas, se estimó la biomasa aérea total y por componentes de los rebrotes de boldo a nivel de cepa. Es importante señalar que la biomasa aérea total estimada no corresponde a la suma de la biomasa de hojas y tallo, ya que estas funciones no son aditivas.

El cuadro 9 muestra que, para las cepas intervenidas con cosecha parcial, se obtuvo un promedio de 98 rebrotes/cepa, en contraste a lo observado por Salinas (2015) donde el tratamiento con cosecha parcial desarrolló en promedio 30 rebrotes/cepa al primer año de evaluación y 46 rebrotes/cepa al segundo año. Esta diferencia se puede deber según Vita (1996), a la sanidad, la edad o el tamaño del tocón al momento del corte, la época de intervención y las características del corte, que son los principales factores que influyen en la cantidad y vigor de la retoñación. Estévez (1994), determinó que la capacidad de rebrotar se puede ver reducida por la gran cobertura y densidad que poseen los vástagos remanentes que impide que emerjan las yemas del tocón. Asimismo, las cepas de gran tamaño generalmente son muy adultas y/o seniles, lo que conduce a que sean más propensas a sufrir enfermedades y daños, impidiendo una mayor retoñación (Estévez, 1994). También se ha observado en el bosque esclerófilo, que la capacidad de rebrote de tocón se ha asociado más con la sanidad de la cepa que con el diámetro del tocón (Reyes, 2006).

El componente tallo fue el que presentó la mayor cantidad de peso seco, representando en promedio más del 50% de la biomasa total. Esto también fue observado por Salinas (2015), donde este componente representó en promedio el 65% de la biomasa total, siendo el 35% restante correspondiente a biomasa de hojas. Cabe destacar que Reyes (2006), al caracterizar el desarrollo de rebrotes de quillay, señaló que el componente tallo fue el que presentó la mayor cantidad de biomasa, y que, si bien los rebrotes son muy jóvenes aún y no manifiestan una acumulación marcada de biomasa en los distintos componentes, esta tendencia

coincidiría con que el componente fustal es el que representa el mayor porcentaje de la biomasa aérea total.

Cuadro 9. Biomasa aérea total y por componentes de rebrotes de boldo a nivel de cepa. Se presentan los valores promedios.

N° rebrote/cepa	Biomasa de rebrotes por cepa		
	Hojas (kg)	Tallo (kg)	Total (kg)
98	0,187	0,523	1,03

3.4.3 Biomasa aérea total y por componente de vástagos remanentes

Se estimó la biomasa aérea total y por componente de los vástagos remanentes de boldo a nivel de cepa, mediante las funciones de biomasa determinadas por Durán (2005),

Los resultados muestran inicialmente (pre-cosecha), que las cepas del tratamiento control presentaron una biomasa aérea menor que las cepas intervenidas (Cuadro 10). Posterior a la cosecha las cepas intervenidas mostraron una disminución de biomasa aérea de hojas, fuste y total de un 43,2%, 42% y 41,3% respectivamente. Al primer año de evaluación tanto las cepas control como las cepas intervenidas tuvieron un leve incremento de su biomasa de hoja, fustal y total. El número promedio de vástagos remanentes por cepa correspondió a 23 para las cepas control en todos los momentos de evaluación, mientras que para las cepas intervenidas este valor fue de 28 para pre-cosecha y 14 vástagos por cepa posterior a la cosecha.

Considerando la cantidad de biomasa promedio de las cepas por componente, el material leñoso representó el 90% aproximadamente de la biomasa total y el 10% restante correspondió a biomasa de hojas, para todos los casos estudiados. Esto coincide con los valores entregados por Durán (2005) y Salinas (2015) en María Pinto (Región Metropolitana) y Mendoza (2014) en Las Cabras (Región del Libertador Bernardo O'Higgins), quienes determinaron que el componente más representativo de la biomasa aérea total de esta especie es el fuste, seguido por la biomasa foliar.

Cuadro 10. Biomasa aérea total y por componentes de vástagos de boldo a nivel de cepa. Se presentan los valores promedios.

Evaluación	Tratamiento	N° vástagos/cepa	Biomasa de vástagos por cepa		
			Hojas (kg)	Fuste (kg)	Total (kg)
Pre-cosecha	Cepas control	23	7,58	40,46	43,82
	Cepas intervenidas	28	8,55	47,70	50,45
Post-cosecha	Cepas control	23	7,58	40,46	43,82
	Cepas intervenidas	14	4,86	27,90	29,60
Año 1	Cepas control	23	8,77	41,32	44,92
	Cepas intervenidas	14	4,90	28,87	29,86

3.4.4 Crecimiento inicial de biomasa de boldo

Se observa luego de un año posterior a la cosecha, que las cepas control presentaron un incremento anual de un 2,5% (kg), respecto a la biomasa inicial (Pre-cosecha). Por otra parte, debido a la cosecha, la biomasa se redujo a un 58,7% de la biomasa inicial y al primer año de evaluación este porcentaje aumentó a un 61,2% de la biomasa inicial, por lo que al final del período de evaluación las cepas intervenidas recuperaron un 2,6% de su biomasa aérea inicial (Figura 12).

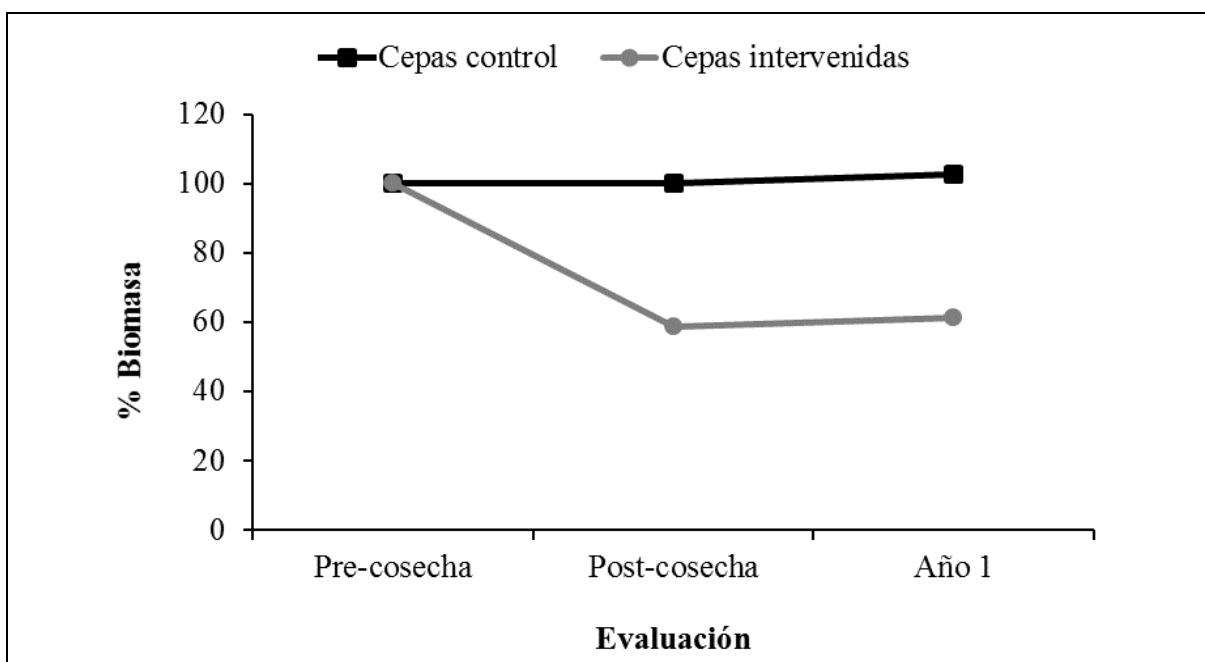


Figura 12. Acumulación de biomasa aérea total boldo en cepas control y cepas intervenidas para un período de un año.

La baja recuperación de la biomasa total, en cepas con cosecha parcial al final del primer año de crecimiento, ponen en duda la capacidad de recuperar la biomasa cosechada en ciclos de cortas de 5 años como los actualmente utilizados (Vita, 1993), por lo que la sostenibilidad de la producción no se encontraría asegurada, generando una interrogante para el ciclo de corta de boldo.

Lo anterior, concuerda con lo indicado por Donoso *et al.* (2015), donde se evaluó la acumulación de biomasa aérea de *Peumus boldus* en cepas con tres niveles de cosecha: total, parcial (50% del área basal) y sin intervención (control). Los resultados indican que, durante el primer año posterior a la cosecha, las cepas con cosecha total y parcial presentaron un incremento de 3,9% respecto a la biomasa aérea inicial, porcentaje menor al alcanzado por las cepas control que incrementaron su biomasa en 5,3%. Para el segundo año las cepas con cosecha total fueron las que presentaron un mayor incremento anual con un 14%, seguidas por las cepas con cosecha parcial con 8,3% y las cepas control con 4,6%. Al final del periodo de evaluación las cepas con cosecha total habían recuperado un 17,9% de su biomasa aérea inicial, las con cosecha parcial un 12,2% y las cepas control tuvieron un incremento acumulado de 9,9%. Esta baja recuperación de la biomasa total en cepas con cosecha total y

parcial al final del segundo año de crecimiento sugiere que la intensidad de cosecha a nivel de cepa debe ser una corta parcial y que esta debe ser inferior a 50 % de área basal. Además, es necesario efectuar estudios que permitan determinar la intensidad y periodicidad de la cosecha.

Salinas (2015), evaluó la acumulación de biomasa aérea total de boldo en cepas cosechadas y no cosechadas para un período de dos años y concluyó que la sostenibilidad de la producción no se encontraría asegurada, debido a que las proyecciones mostraron que, a nivel de cepa, un período de 4 o 5 años sería insuficiente para recuperar los niveles de biomasa inicial (Pre-cosecha).

A nivel de manejo forestal, si bien hay investigaciones que direccionan el tipo de manejo aplicable a la especie, estas son insuficientes y no específicas para el caso del boldo, careciendo además de información actualizada al respecto. Hay una falta de información a nivel territorial, que permita establecer funciones de biomasa y crecimiento específicas para las diversas zonas donde crece la especie, generando herramientas robustas para la estimación de la producción y la productividad de la especie para cada zona (INFOR, 2009).

4 CONCLUSIONES

Peumus boldus Mol., presente en el área de estudio se caracteriza por tener un manejo silvicultural de monte bajo indefinido con tendencia irregular. Este bosque secundario está compuesto por cepas que tienen en promedio nueve vástagos y el mayor porcentaje de estos vástagos no superan los cinco centímetros de DAP. Esto se debe a la fuerte intervención a la que ha sido sometida para la recolección de sus hojas.

La reducción en el área basal y como consecuencia la reducción de la biomasa foliar, tiene un efecto positivo, mejorando la disponibilidad hídrica en las cepas. A su vez la disminución del número de vástagos a nivel de cepa, disminuye la competencia por agua que existe al interior de esta, favoreciendo un mejor estatus hídrico en los vástagos remanentes.

La intensidad de la intervención aplicada produjo una respuesta inmediata en las cepas intervenidas, generando nuevos brotes. El DAC y la altura de los rebrotes presentan incrementos significativos, existiendo una correlación importante entre estas dos variables. En el crecimiento de vástagos remanentes el DAP promedio de las cepas control presenta un reducido incremento (0,1 cm), mientras que en las cepas intervenidas el DAP promedio presenta un mayor incremento (1,1 cm). Esto debido a la extracción de área basal y vástagos a nivel de cepa.

El DAC resulta ser la mejor variable predictora para la estimación de la biomasa aérea por componentes y total. El modelo que mejor se ajusta a la predicción de biomasa de hojas y total es el modelo exponencial, mientras que para el componente tallo el mejor modelo es el potencial. En promedio las cepas estudiadas presentan 98 rebrotes, donde el componente tallo es el que representa el mayor porcentaje de la biomasa aérea total.

Para la biomasa aérea total y por componente de los vástagos remanentes, las cepas control presentan en promedio 23 vástagos por cepa, mientras que las cepas intervenidas presentan en promedio 28 vástagos por cepa antes de la cosecha y 14 vástagos por cepa posterior a la cosecha. El componente más representativo de la biomasa aérea total es el fuste, seguido por la biomasa foliar.

La sostenibilidad de la producción de hojas de boldo no se encuentra asegurada, pues un período de cinco años sería insuficiente para recuperar los niveles de biomasa aérea inicial.

5 BIBLIOGRAFÍA

- CALDENTEY, J. 1990. Productividad de los bosques esclerófilos y espinosos. En: Opciones Silviculturales de los Bosques Esclerófilos Espinosos de la Zona Central de Chile. Departamento de Silvicultura. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. Apuntes Docentes N°3. 27-38 p.
- CONAF. 1997. Productos forestales no tradicionales. Documento del proyecto de conservación y manejo sustentable del bosque nativo. 58 p.
- CONAF; CONAMA; BIRF; Universidad Austral de Chile; Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco. 1999. Catastro y Evaluación de los Recursos Vegetacionales Nativos de Chile. Informe Nacional con Variables Ambientales. Santiago, Chile. 88 p.
- CORVALÁN, P. y HERNÁNDEZ, J. 2001. Análisis de Tallo. Apuntes de Dendrometría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago. 160 p.
- CROWN, 1978. Common regression to estimate tree biomass in tropical stands. Forest Science. 24(1): 110-114 p.
- DI CASTRI, F y HAJEK, E. 1976. Bioclimatología de Chile. Editorial Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 128 p.
- DOLL, U; AEDO-ORTIZ, D y LÓPEZ, P. 2005. Caracterización morfológica de tres procedencias de boldo (*Peumus boldus*) en una plantación joven de 6 años. Valdivia, Chile. Bosque 26 (3): 55-62.
- DONOSO, S y DURÁN, L. 2007. Evaluación de la producción y productividad en biomasa aérea de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en un bosque esclerófilo. Revista Ciencia e Investigación Forestal, CIFOR. Santiago, Chile. pp. 125-136.
- DONOSO, S.; PEÑA, K.; DURÁN, S.; PACHECO, C.; GALDAMES, E.; ESPINOZA, C. 2015. Influencia del raleo en el crecimiento, la condición hídrica y la respuesta fotosintética de *Peumus boldus*: pautas para la definición de su manejo silvicultural. Santiago, Chile. Bosque 36(3): 457-466.
- DONOSO, S. y RUIZ, F. 2001. Potencial hídrico y crecimiento de *Eucalyptus globulus* plantado a diferentes espaciamientos en la Provincia de Huelva, España. Bosque 22(1): 37-44.
- 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. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 65 p.

- ESTÉVEZ, J. 1994. Caracterización del rebrote en cepas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), fundo El Toyo, Región Metropolitana. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 134 p.
- FLECK, I.; GRAU, D.; SANJOSE, M. y VIDAL, D. 1996. Influence of fire and tree-fell on physiological parameters in *Quercus ilex* resprouts. *Annales des Sciences Forestieres* 53: 337-346.
- FORRESTER, D.; BERTRAM, CA.; MURPHY, S. 2012. Impact of competition from coppicing stumps on the growth of retained trees differs in thinned *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus tricarpa* plantations in southeastern Australia. *Canadian Journal of Forest Research* 42(5): 841-848.
- GAJARDO, A. 1981. Hoja Concepción-Chillán, Región del Bío Bío. Inst. Invest. Geol., Mapas Geol. Prelim. Chile. 32 p.
- GAJARDO, R. 1994. La vegetación Natural de Chile, Clasificación y Distribución Geográfica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165 p.
- GONZÁLEZ, C Y AGUIRRE, A. 2006. Diagnóstico forestal de los bienes comunes de Pullally, con énfasis en las zonas dominadas por boldo. Proyecto FIA: Producción comercial de hojas de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en los bienes comunes de Pullally. Diversificación de la base económica bajo un manejo sostenible. Santiago, Chile. 43 p.
- 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
- HOMANN, C. 1967. Para el conocimiento de la silvicultura de boldo (*Peumus boldus* Mol.). Boletín de la Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. pp 19-24.
- ILABACA, D. 2008. Respuestas ecofisiológicas desarrolladas por *Peumus boldus* Mol. Frente a condiciones de restricción hídrica. Memoria Ingeniería Forestal. Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 32 p.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO MILITAR. 1983. Atlas de la República de Chile. Santiago, Chile. 349 p.
- INFOR. 2009. Sistematización silvícola, tecnológica y comercial de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en Chile. Santiago, Chile. 218 p.
- KANNEGIESSER, U. 1987. Evaluación de la biomasa y boldina en boldo (*Peumus boldus* Mol.), VII Región. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 97 p.

- KÖPPEN, W. 1948. Climatología. México. Fondo de cultura económica. 220 p.
- LUEBERT, F y PLISCOFF, P. 2006. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. 316 p.
- MEDHURST, J.; BATTAGLIA, M.; BEADLE, C. 2002. Measured and predicted changes in tree and stand water use following high-intensity thinning of an 8-year-old *Eucalyptus nitens* plantation. *Tree Physiol.* 22:775-784.
- MENDOZA, E. 2014. Estimación de la cosecha de boldo (*Peumus boldus* Mol.) mediante funciones de biomasa, en un predio de la comuna de Las Cabras. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 39 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1993. Decreto supremo N°193. Aprueba reglamento general del decreto ley N°701/1974, sobre fomento forestal. 29 de septiembre 2008. 16 p.
- MONTECINOS, V. 2001. Influencia del hábito de crecimiento de boldo (*Peumus boldus* Mol.) sobre la producción de fitomasa foliar. Tesis ingeniería forestal. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 78 p.
- MONTENEGRO, G. 2000. Chile nuestra flora útil. Guía para uso apícola, medicinal, folclórica, artesanal y ornamental. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 267 p.
- MUÑOZ, M. 1986. Cultivo de embriones y ensayo de germinación en boldo (*Peumus boldus* Mol.). Memoria Ingeniería forestal. Facultad de ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 88 p.
- NAVAS, L. 1976. Flora de la cuenca de Santiago. Tomo I. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile. 301 p.
- PACHECO, C. 2008. Respuestas hídricas y de crecimiento en un bosque secundario de *Nothofagus macrocarpa* ((A. DC.) Vázquez & Rodríguez) sometido a raleo en el sector de cerro el roble, Región Metropolitana. Memoria Ingeniería Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 33 p.
- PIZARRO, S. 1989. Estudio fitosociológico estadístico de los bosques de la cuenca de Río Bueno (Chile). Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral. Valdivia, Chile. 80 p.
- PRADO, J. A; INFANTE, P; ARRAIGADA, M y AGUIRRE, S. 1988. Funciones de biomasa para siete especies arbustivas en la IV Región. Documento de trabajo N° 14. CONAF/FAO/PNUD. Chile. 102 p.

- PULIDO, M. 2000. Funciones de biomasa para individuos de regeneración vegetativa de la especie *Quillaja saponaria* Mol. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 63 p.
- REYES, M. 2006. Caracterización del desarrollo de rebrotes 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 de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 55 p.
- ROACH, F. 2001. Análisis prospectivo del mercado de hojas de boldo (*Peumus boldus* Mol.) y sus posibilidades de desarrollo. Tesis. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 87 p.
- ROBERTS, R y DÍAZ, C. 1949-1950. Los grandes grupos de suelos de Chile. Agricultura técnica. 36 p.
- RODRÍGUEZ, M. 1997. Efecto del ácido giberílico (GA3) y tiempo de remojo sobre la germinación de semillas de boldo (*Peumus boldus* Mol.). Tesis. Universidad de Talca. Talca, Chile. 87 p.
- RODRÍGUEZ, R; MATTHEI, O y QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408 p.
- SALINAS, M. 2015. Evaluación del desarrollo inicial de rebrotes de *Peumus boldus* Mol. En cepas intervenidas en la comuna de María Pinto, Región Metropolitana. Memoria para optar el título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile. Santiago, Chile. 29 p.
- SCHNEEBERGER, R. 2001. Efecto de poda invernal e intensidad de luz sobre el crecimiento y concentración de principios activos en boldo (*Peumus boldus* Mol.) bajo cultivo. Memoria de título. Universidad de Talca. Talca, Chile. 54 p.
- SCHOLANDER, P; HAMMEL, H; BRADSTREET, E y HEMMINGSEN, E. 1965. Sappressure in vascular plants. Science. pp. 339-346.
- TEILLIER, S; HOFFMANN, A y SAAVEDRA, F; PAUCHARD, L. 1994. Flora del Parque Nacional El Morado. Región Metropolitana, Chile. Gayana, Bot. pp. 13-47.
- TORAL, M; KANNEGIESSER, U; ROSENDE, R. 1988. Biomasa y boldina en Boldo (*Peumus Boldus* Mol.). Ciencia e Investigación Forestal (Chile). Vol. 4: 15-25.
- VALENZUELA, L. 1971. Quebrada Alvarado una entidad rural al interior de Olmué. Tesis Lic. His. Y Geo. Universidad Católica de Valparaíso. Instituto de Historia y Geografía. Valparaíso, Chile. 75 p.

VITA, A. 1993. Ecosistemas de bosques y matorrales mediterráneos y sus tratamientos silviculturales en Chile. CONAF, PNUD, FAO. Investigación y Desarrollo de Áreas Silvestres en Zonas Áridas y Semiáridas de Chile. Documento de trabajo N°21. Santiago, Chile. 243 p.

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

VOGEL, H; RAZMILIC, I; SAN MARTIN, J; DOLL, U Y GONZÁLEZ, B. 2005. Boldo. En: Plantas medicinales chilenas. Experiencias de domesticación y cultivo de boldo, matico, bailahuén, canelo, peumo y maqui. Editorial Universidad de Talca. Talca, Chile. 23-54 p.