

CAPÍTULO 4

Manejo de formaciones naturales

Juan Carlos Pinilla S.¹⁴
Patricio Parra S.¹⁵

¹⁴ Ingeniero Forestal. Investigador Sede Bio Bio INFOR jpinilla@infor.cl

¹⁵ Ingeniero Forestal. Investigador Sede Metropolitana INFOR.



ANTECEDENTES

Durante décadas, las formaciones nativas han sido objeto del aprovechamiento por parte de la población para su desarrollo, situación que se mantiene en la actualidad y se refleja en que la vegetación presente algún grado de degradación, que modifica el paisaje y la ecología interna de aquellos bosques, generando un efecto directo sobre la productividad (Durán, 2005).

En la actualidad los recursos forestales son una preocupación constante para todos los organismos relacionados con el cuidado del medio ambiente. Por ello es necesario que constantemente se estén realizando nuevos estudios relacionados con el tema de manera de ir renovando los procedimientos aplicados, tanto legales como técnicos, y que vayan adaptándose siempre al estado actual de los recursos. Esto último adquiere mucha importancia cuando se trata de estimar la producción de un determinado sitio, según el producto que se desee obtener, de manera de no sobre explotar los recursos y en consecuencia degradar el área en un corto plazo (Montecinos, 2001).

El bosque, en toda su riqueza y variedad biológica, es fuente de innumerables productos, no necesariamente madereros. Dentro de estos, existe una amplia gama de productos medicinales, provenientes de hojas, cortezas, frutos o raíces. Su explotación ha sido básicamente artesanal y basada en antiguas tradiciones orales. Sin embargo, existen buenas razones para pensar que se trata de un área interesante, como futura línea de aprovechamiento integral del recurso forestal. Las tendencias internacionales y la experiencia con algunas especies chilenas tales como el boldo y quillay así lo indican. Roach (2001) señala que la competitividad de los productos derivados del boldo y de otras plantas medicinales es altamente dependiente de la investigación científica. Mejoras en la calidad del producto, a través de cambios en cuanto a técnicas de cultivo y manejo, en las técnicas de post-cosecha y del procesamiento industrial del producto, asegurarían la consolidación y apertura de nuevos mercados.

Medianos y pequeños propietarios entre las regiones de Valparaíso y Maule, cuentan con pequeños rodales, bosquetes o árboles aislados de boldo, quienes requieren información precisa de cómo obtener una mayor rentabilidad de estos. Acortar el período de rotación y mejorar la productividad de la biomasa aérea significaría importantes ingresos, actualmente no percibidos, o que si bien existen, no son los óptimos. Junto con ello, es indispensable conocer el efecto de una serie de factores que están asociados a la generación de la biomasa foliar, como la edad del árbol, la edad al momento de las podas, el número de fustes por tocón, la altura del árbol, la época del año para las intervenciones, el efecto de la fertilización sobre la biomasa, el diámetro a la altura del pecho, entre otros.

Algunas consideraciones de interés son:

Lo ideal sería que los individuos se encuentren agrupados, para evitar¹⁶ recorridos, traslados de hojas y tiempo de exposición del trabajador a las condiciones climáticas.

El año del último corte; como materia prima son mejor las hojas nuevas entre cero y cinco años, pues son más fáciles de trabajar.

¹⁶ Sin embargo, lo habitual es que exista una densidad homogéneamente distribuida.

En el caso de boldo, y de muchas otras especies nativas en Chile, no se han desarrollado estudios sistemáticos del crecimiento y rendimiento y no se cuenta con resultados validados, faltando ampliar la base geográfica de estudio, los esquemas de manejo más eficientes y los factores que afectan el rendimiento de esta especie, para en el largo plazo intentar modelar el crecimiento de estos rodales. De igual forma, existen limitadas y puntuales herramientas de apoyo y modelos matemáticos que permitan estimar rendimientos volumétricos y de biomasa foliar para boldo.

En este contexto, el presente capítulo pretende entregar una revisión de la información existente en cuanto al uso y manejo de formaciones naturales de boldo, así como también, presentar los primeros resultados en la investigación que INFOR está desarrollando para estudiar el manejo eficiente de este recurso.

PRODUCCIÓN DE HOJAS

La producción de boldo está orientada directamente a la extracción de las hojas. Sin embargo, los procedimientos de cosecha presentan una desventaja y es que el producto obtenido generalmente es muy heterogéneo, dado por la diferencia en los tiempos de acopio para un mismo lote del producto, lo que genera un material con distintos estados de degradación al momento de la venta (Roach, 2001). Este aspecto puede ser mejorado con ayuda de silvicultura y manejo adecuados, de modo que junto con generar una mayor cantidad de biomasa de hojas, sea posible obtener materia prima de mayor calidad y en turnos de cosecha más reducidos.

Actualmente, la mayor parte de las hojas que se comercializan, tanto en el mercado externo como interno, provienen de recolección silvestre de ramas y ramillas del árbol. Las actividades de cosecha se realizan generalmente en renovals jóvenes, de entre 4 y 5 años, seleccionándose los individuos por edad y cantidad de hojas. En promedio se extraen 6 a 7 retoños por cepa, los que se cortan a una altura de 10 a 15 cm del suelo (Roach, 2001).

Diversas son las recomendaciones que existen en la literatura con respecto a los tratamientos silvícolas aplicados a boldo. El Cuadro N° 15 presenta las propuestas de algunos autores.

Cuadro N° 15
MÉTODOS SILVICULTURALES APLICADOS AL BOLDO SEGÚN DIVERSOS AUTORES

Autor	Método Silvicultural	Observaciones
Homman y Matte (1967)	Monte bajo	Ya que se corta casi la totalidad de las ramas dejando un tocón que regenera vegetativamente.
Vita (1993)	Monte bajo irregular	Consiste en mantener retoños de diferentes clases de edad y diámetro sobre la cepa a lo largo del tiempo, justificado por la obtención de productos de pequeñas dimensiones en menor tiempo y con costos más bajos respecto al monte alto. Se estima una rotación de 35 años para alcanzar un DAP medio de 28 cm.

Aguilera y Benavides (2005)	Cortas sucesivas (cortas de protección)	Se puede aplicar en aquellos bosques densos o abiertos, característicos de estados sucesionales o comunidades clímax. Tales situaciones pueden ser encontradas con mayor frecuencia en formaciones esclerófilas costeras. Dicho método tiene la característica de producir regeneración bajo la cubierta de copas del dosel superior.
Jordán (2009)	Monte bajo	De manera de aprovechar la capacidad de rebrote que posee la especie. Para este manejo se estima cortar las ramas y dejar 2 - 4 brotes en pie, con un periodo mínimo de rotación de 5 años, que contempla la ley.
www.gestionforestal.cl	Raleos	Cortando alternadamente los pies de boldos que existen y sólo entresacando en el caso de zonas escarpadas y accidentadas, dejando una densidad conveniente que le permita realizar función de protección del suelo.

(Fuente: Durán, 2005, Jordán, 2009).

CRECIMIENTO

Respecto al crecimiento de la especie, se sabe que éste es lento y que se asemeja al de peumo y quillay. Posee un incremento medio anual en diámetro a la altura del pecho (DAP), de 0,36 cm (Duran, 2005).

Vogel *et al.* (2005), citados por Jordán (2009), señalan que los árboles menores a 10 años presentan los crecimientos más vigorosos, tanto en diámetro como en altura, alcanzando a los 100 años DAP cercanos a las 27 cm. La especie posee un incremento medio anual en diámetro de 0,8 cm, mientras que posee un crecimiento en volumen de madera entre 0,8 y 6,2 m³/ha/año para una densidad media de 45 y 100 individuos por hectárea (www.gestionforestal.cl).

Kannegiesser (1987) y Toral *et al.* (1988), señalan que en bosques abiertos de baja densidad, el crecimiento en diámetro (medido a nivel del 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. A su vez, el crecimiento en altura oscila entre 0,04 y 0,54 m/año, con un promedio de 0,17 m/año, presentando los mayores incrementos en la etapa juvenil de la especie.

Toral *et al.*, (1988) presentan funciones de crecimiento de la especie para altura, diámetro y volumen para la zona de Sagrada Familia en la región de Maule.

$$HT = 7,4666 \cdot (1 - 0,9173 \cdot e^{-0,0266 \cdot E})$$

$$D = -1,5703 + 0,4450 \cdot E - 0,0018 \cdot E^2$$

$$\ln V = -10,9138 + 2,0145 \ln E$$

Donde:

HT: Altura total (m) / D: Diámetro del árbol a 1,3 m de altura (cm) / V: Volumen total (m³) / E: Edad (años) / Ln: Logaritmo natural

BIOMASA

Biomasa corresponde a la cantidad total de materia viva presente en un momento dado para un sistema biológico, expresada en unidades de peso seco por unidad de superficie (Newbould, 1967, cit. por Espic, 2007), pudiendo ser utilizada para determinar por medio de inventarios la cantidad de materia biológica que se encuentra disponible en un momento y ambiente definido, así como para determinar la distribución de materia orgánica de dicho sistema (Bown, 1992, cit. por Durán, 2005).

Pardé (1980) cit. por Montecinos (2001), señala que los porcentajes de ramas, hojas y raíces en el total de la biomasa varían considerablemente y su distribución depende fundamentalmente de la especie, edad, sitio, tratamiento silvicultural y otros aspectos. Además, menciona que las estimaciones de medición de biomasa difieren mucho y establecen problemas distintos si se trata de árboles caducos o perennes. Por lo tanto, la evaluación de la biomasa presente en los distintos componentes de un individuo, es importante para permite estimar el potencial productivo de un sistema boscoso.

El estudio de la biomasa junto con el desarrollo de modelos o funciones de estimación de biomasa en boldo, ha permitido determinar:

La distribución de los componentes,

Las variables de estado que mejor explican el desarrollo del individuo,

Estimaciones de la producción en biomasa por superficie.

Distribución de la Biomasa por Componentes

El Cuadro N° 16 muestra los resultados obtenidos de diferentes autores con respecto a la distribución de biomasa.

Cuadro N° 16

DISTRIBUCIÓN DE BIOMASA POR COMPONENTES DEL ÁRBOL PARA BOLDO

Componentes	Distribución de Biomasa (%)				
	Kannegiesser (1987)	Aguirre e Infante (1988)	Durán (2005)	Espic (2007)	Ilabaca (2008)
Ramas	34,8	-			-
Fuste	51,6	-		86,8	-
Corteza	4,1	-		0,2	-
Total	90,5	84,0	75,0	87,0	28,8
Hojas	9,5	16,0	25,0	13,0	45,1
Raíces	-	-			26,1

(Fuente: Durán, 2005, Jordán, 2009).

Durán (2005) generó funciones para determinar biomasa por componente para la región Metropolitana, concluyendo que las variables área basal, diámetro mayor de copa y altura, corresponden a las de mayor relación con la biomasa. Este estudio determinó además la producción de biomasa aérea para distintas densidades, 1.420, 580 y 480 árboles por hectárea, en 2,22, 1,29 y 1,22 toneladas de hojas por hectárea

y 8,7, 6,30 y 6,26 toneladas de fuste por hectárea, respectivamente. Lo que arroja una productividad media por individuo de 160 g de hoja y 300 g de fuste al año.

Variables de Estado que Mejor Explican el Desarrollo del Individuo

Mediante diferentes estudios ha sido posible establecer aquellas variables que explican la producción en biomasa, apreciando una gran variedad de variables, y algunas de ellas operacionalmente difíciles de medir en terreno (Durán, 2005). A continuación se detallan algunas funciones de estimación de biomasa en boldo en diferentes regiones del país.

Valparaíso (Espic, 2007)

Modelos estimadores de biomasa a nivel de vástagos (pesos secos)

Hojas	$\ln Y = 4,215 + 1,5584 * \ln X$	0,90 r^2
Ramilla	$\ln Y = 1,719 + 1,6994 * \ln X$	0,92 r^2
Fuste	$\ln Y = 5,363 + 1,9912 * \ln X$	0,97 r^2
Corteza	$\ln Y = -4,163 + 3,4881 * \ln X$	0,92 r^2
Total	$\ln Y = 5,669 + 1,9159 * \ln X$	0,98 r^2

Donde:

Y: Peso seco del componente (g)

X: DAP (cm)

R²: Coeficiente de determinación

O'Higgins (Montecinos, 2001)

VástagoLn	$(PSV) = 1,971 + 1,688 \text{ DBV} - 0,233 \text{ DBV}^2 + 0,012 \text{ DBV}^3$	0,79 r^2
Árbol Completo	$\ln (PSAC) = 5,043 + 0,294 \ln NV^2 + 0,228 \ln DMAC^2 + \ln Ht$	0,78 r^2

Donde:

PSV: Peso seco del vástago

PSAC: Peso seco hojas árbol completo

DBV: Diámetro basal del vástago (cm)

DMAC: Diámetro mayor de la Copa (cm)

Ht: Altura Total (m)

R²: Coeficiente de determinación

Región Metropolitana (Durán, 2005)

Modelos estimadores de biomasa a nivel de vástagos (pesos secos)

Hojas	$\ln Y = 3,133 + 1,90447 * \ln X$	0,95 r^2
Fuste	$\ln Y = 3,475 + 2,67985 * \ln X$	0,98 r^2
Total	$\ln Y = 4,133 + 2,3632 * \ln X$	0,98 r^2

Donde:

Y: Peso seco del componente (g)

X: Diámetro del vástago (cm)

R²: Coeficiente de Determinación

Modelos estimadores de biomasa Individuo completo (pesos secos)

Hojas	$LN Y = 12,1201 + 0,9403 * LN (AB) + 0,0406 * LN (Dmay*H)$	0,99 r ²
	$LN Y = 12,2904 + 0,9592 * LN (AB)$	0,99 r ²
Fuste	$LN Y = 15,298 + 1,3032 * LN(AB) + 0,0012 * LN (Dmay*H)$	0,97 r ²
	$LN Y = 15,303 + 1,3037 * LN (AB)$	0,97 r ²
Total	$LN Y = 14,7317 + 1,1499 * LN (AB) + 0,0179 * LN (Dmay*H)$	0,98 r²
	$LN Y = 14,8071 + 1,1583 * LN (AB)$	0,98 r²

Donde:

AB: Área basal por individuo (m²)

D may: Diámetro mayor de copa (m)

D men: Diámetro menor de copa (m)

H: Altura (m)

Maule (Toral *et al.*, 1988)

Biomasa Total

Total	$LnPTOT = -0,0837 + 0,7657 * Ln(DMAC * DMEC * H) + 0,1638 * Ln (H2 * DMEC * NR)$
Hojas	$LnPHOJ = -0,2379 + 1,2412 * LnDMEC + 0,2627 * Ln (NR * H)$

Donde:

DMEC: Diámetro menor de copa (m)

DMAC: Diámetro mayor de copa (m)

NR: Número de vástagos por individuo

H: Altura (m)

Modelos estimadores de biomasa de individuo completo (pesos secos)

Corteza	$Ln PSC = 2.2784 + 0.5681 Ln DAP + 0.5215 Ln DAP2 HT$	0,92 r ²
Ramas	$Ln PSR = 2.2100 - 0.3300 Ln DAP + 1.1500 Ln DAP2 HT$	0,91 r ²
Hojas	$Ln PSH = 3.6100 + 0.7500 Ln DAP + 0.7870 Ln DAP2 HT$	0,78 r ²
Fuste	$Ln PSF = 4.0710 - 0.0937 Ln HT + 0.8610 Ln DAP2 HT$	0,96 r ²
Total	$Ln PST = -2.3523 + 0.1866 Ln DAP + 0.7952 Ln DAP2 HT$	0,95 r²

Donde:

Ln: Logaritmo natural

DAP: Diámetro altura del pecho (cm)

HT: Altura Total (m)

Maule (Rodríguez y Vergara, 2002) (Fuente: Jordán, 2009)

Hojas

Hojas	$Bf = 0,02849 * (Nr * DM) + 0,009021 (DM * Ht * Dm)$	0.77 r ²
-------	--	---------------------

Donde:

Bf: Biomasa foliar del Boldo (Kg)

Nr: N° de retoños con diámetros basales > 0.5 (cm)

DM: Diámetro basal del retoño de mayor diámetro (cm)

Ht: Altura del retoño más alto (m)

Dm: Diámetro basal del retoño de menor diámetro (cm)

Casablanca, Región de Valparaíso y Sagrada Familia, Región del Maule

(Aguirre e Infante (1988))

Ramas	$Ln (PRAM) = -0.1403 + 1.0276 Ln (DMAC * DMEC * HT)$	0,92 r ²
Hojas	$Ln (PHOJ) = -0.2379 + 1.2412 Ln (DMEC) + 0.2627 Ln (NR * HT)$	0,78 r ²
Total	$Ln (PTOT) = -0.0837 + 0.7657 Ln (DMAC * DMEC * HT) + 0.1638 Ln (HT2 * DMEC * NR)$	0,92 r²

Donde:

Ln: Logaritmo natural

DMEC: Diámetro menor copa (m)

PHOJ: Peso seco hojas (kg)

N: Número de retoños mayores de 1 cm

PRAM: Peso seco ramas (kg)

HT: Altura total (m)

PTOT: Peso seco total (kg)

DMAC: Diámetro mayor de copa (m)

R2: Coeficiente de determinación

Estimaciones de la Producción de Biomasa por Superficie

Los estudios de biomasa se han desarrollado preferentemente entre las regiones de Valparaíso y del Maule. En este contexto el Cuadro N° 17 indica algunas de las experiencias recopiladas en distintas regiones del país.

Cuadro N° 17

ESTIMACIONES DE BIOMASA FOLIAR Y TOTAL DE BOLDO REALIZADAS EN DIFERENTES LOCALIDADES

Estimación	Región	Densidad (árb/ha)	Biomasa Foliar (t/ha)	Biomasa de Fuste (t/ha)	Biomasa Total (t/ha)
Kannegiesser(1987)	Maule	440	0,42	-	4,4
Montecinos (2001)	O'Higgins	462	1,2	-	-
Durán (2005)	Metropolitana	480 – 1.420	1,2 – 2,2	6,3-8,8	6,8 – 10,6
Espic (2007)	Valparaíso	1.440*-3.856*	0,797-1,891	5,334- 12,586	6,312-14,83

*(Vástagos/ha)

EXPERIENCIAS E INVESTIGACIONES DE INFOR

En términos de aprovechamiento de la masa foliar y de los métodos o herramientas disponibles para realizar estimaciones de la productividad de hojas a una edad determinada, aún no existen antecedentes que permitan establecer conclusiones. Se señala por ejemplo, que sería aconsejable mantener un número elevado de retoños por tocón (cepa), pero también se menciona que incluso hasta realizar tala rasa promovería una mayor producción de hojas. Se requiere entonces generar bases de datos y modelos de apoyo para definir esquemas de manejo apropiados, y entregar mayor información para la toma de decisiones en el proceso productivo.

Dado que para la recolección de hojas es necesaria la corta de individuos adultos y rebrotes de tocón, con intervenciones en verano, entre diciembre y marzo, único periodo permitido por la ley, fue necesario abordar estos factores al momento del

diseño e instalación de los ensayos. Los factores corresponden a la edad de los individuos y porcentaje de extracción (árboles, retoños), intentando identificar los factores que afectan la productividad en biomasa de la especie y aquel nivel de intervención que afecta negativamente el incremento en biomasa foliar disponible para una siguiente extracción.

Entre los factores a considerar se cuentan:

- Edad del rodal
- Origen (tocón o semilla)
- Diferentes niveles de extracción de área basal foliar
- Época de cosecha
- Número de cosechas anuales
- Espaciamiento de tocones

Para boldo se ha recomendado el manejo del monte bajo, de manera de aprovechar la capacidad de rebrote que posee la especie, y se ha señalado también que para la obtención de biomasa foliar se debería beneficiar una mayor cantidad de vástagos por ejemplar, aunque las diferencias en las densidades de individuos pueden ser un factor importante en los montos de producción de hojas a obtener, tanto a nivel de vástagos como a nivel de árboles. Se ha establecido que a mayor densidad mayor sería la producción en biomasa, lo que implicaría la necesidad de incrementar la productividad por individuo.

En relación con los factores claves para la productividad, estos se basan en:

- Edad del árbol
- Corta de ejemplares adultos y rebrotes de tocón.
- Cosecha en verano, entre diciembre y marzo, único periodo permitido por la ley. Máximo de 35 % de área basal.
- Intervenciones cada 5 años (la cosecha se realiza generalmente en renovales jóvenes de entre cuatro y cinco años)
- Selección de los individuos a cosechar por edad y cantidad de hojas.
- En promedio se extraen 6 a 7 retoños por cepa, los que se cortan a una altura de 10 a 15 cm del suelo
- Promoción del crecimiento en altura y largo de copa.

Se debería privilegiar una mayor cantidad de vástagos por ejemplar, para así aumentar la biomasa foliar y, además, es posible identificar otros factores que serían de interés para analizar, como época del año para las intervenciones y efecto de la fertilización sobre la biomasa.

Ensayos de Manejo en Formaciones Naturales

La investigación llevada a cabo por INFOR ha generado nueva información a partir de ensayos de manejo en formaciones naturales de boldo. Estos ensayos se ubican en la Unidad Experimental Integral San Lucas, en la región de Valparaíso, y en la Unidad Los Vascos, en la región de O'Higgins.

Los ensayos consisten en intervenciones silviculturales de clareos a nivel de individuo, tomando como base la normativa existente para el aprovechamiento del tipo forestal

esclerófilo, la cual considera la extracción máxima del 35 % del área basal total por hectárea, entre diciembre y marzo. De acuerdo a ello, y con la experiencia adquirida en las visitas a terreno previas, se planificaron intervenciones con el fin de evaluar la respuesta en crecimiento de biomasa de la especie boldo. En el Cuadro N° 18 se presentan los tratamientos evaluados.

Cuadro N° 18

TRATAMIENTOS APLICADOS EN CADA ENSAYO

N°	Tratamiento	Periodicidad Medición
1	Extracción del 30 % según Normativa vigente (máximo 35% del área basal, entre Diciembre-Marzo)	Anual
2	Extracción del 50 a 60 % del área basal en invierno (Julio)	Anual
3	Extracción del 100 % del área basal en invierno (Julio)	Anual

Ambos ensayos de manejo tienen una superficie de 9.600 m², dado por 9 parcelas de aproximadamente 1.066 m² cada una. La Figura N° 14 muestra el diseño de los ensayos.

Testigo	30% AB - Verano
Manejo invierno	100% AB
Manejo invierno	50-60% AB
Testigo	30% AB - Verano
Manejo invierno	100% AB
Manejo invierno	50-60% AB
Testigo	30% AB - Verano
Manejo invierno	100% AB
Manejo invierno	50-60% AB

Figura N° 14

Diseños ensayos manejo unidades San Lucas y Los Vascos

Los ensayos fueron establecidos en un diseño experimental completamente aleatorizado, con 3 repeticiones. Dadas las características de crecimiento de la especie, y de los requerimientos de biomasa para la actividad comercial, se ha estimado un mínimo de 0,5 ha cubiertas con boldo o asegurar un número mínimo de 60 individuos por hectárea.

Las parcelas son rectangulares (1000 m²) con una franja de aislamiento. En cada ensayo se instaló un mínimo de 9 parcelas; 2 tratamientos, 1 testigo, 3 repeticiones.

Dentro de los ensayos se caracterizaron los individuos según su arquitectura (hábito); ubicación espacial (coordenadas X-Y); diámetro(s), número de fustes, edad, altura, clase, longitud, forma y diámetro de copa (Norte – Sur).

En cada parcela se usó anualmente:

- Supervivencia
- Diámetro de copa principal y de fustes
- Largo de copa
- Diámetro a la altura de tocón y del pecho del retoño principal
- Número de fustes secundarios
- Altura total
- Diámetro inicio de copa
- Estado del árbol (sanidad, forma)

Los Cuadros N° 19 y N° 20 indican el número de individuos por parcela y por clase de tamaño en cada uno de los ensayos.

Cuadro N° 19

NÚMERO DE INDIVIDUOS DE BOLDO POR PARCELA ENSAYO DE MANEJO
UNIDAD EXPERIMENTAL SAN LUCAS, PAPUDO, REGIÓN DE VALPARAÍSO

	SAN LUCAS			
	Árboles según Tamaño (N°)			Total
PARCELA	Pequeño	Mediano	Grande	
1	19	8	2	29
2	18	17	3	38
3	28	9	2	39
4	15	15	5	35
5	12	10	4	26
6	18	12	4	34
7	35	8	0	43
8	42	12	1	55
9	41	5	1	47
Total	228	96	22	346

Se aprecia una mayor cantidad de árboles presentes en el predio Los Vascos, además de cierta homogeneidad en el número de árboles por parcela, debido en gran medida a que este rodal ha sido manejado extractivamente en forma periódica, lo que origina un constante rebrote de las cepas (tocones). Esta situación no ocurre en el rodal del predio San Lucas, en donde no se ha registrado explotación comercial del bosque en los últimos años y esto se traduce en un menor número de árboles (menos retoños originados por la cosecha) (Figura N° 15) lo que se asocia a una mayor frecuencia de árboles en las clases de diámetro inferiores.

Cuadro N° 20

NÚMERO DE INDIVIDUOS DE BOLDO POR PARCELA ENSAYO DE MANEJO
UNIDAD EXPERIMENTAL LOS VASCOS, PERALILLO, REGIÓN DE O'HIGGINS

PARCELA	LOS VASCOS			
	Árboles según Tamaño (N°)			Total
	Pequeño	Mediano	Grande	
1	382	8	12	402
2	551	10	13	574
3	438	7	12	457
4	371	5	12	388
5	355	5	10	370
6	311	17	9	337
7	321	15	8	344
8	215	14	3	232
9	273	28	12	313
Total	3.217	109	91	3417

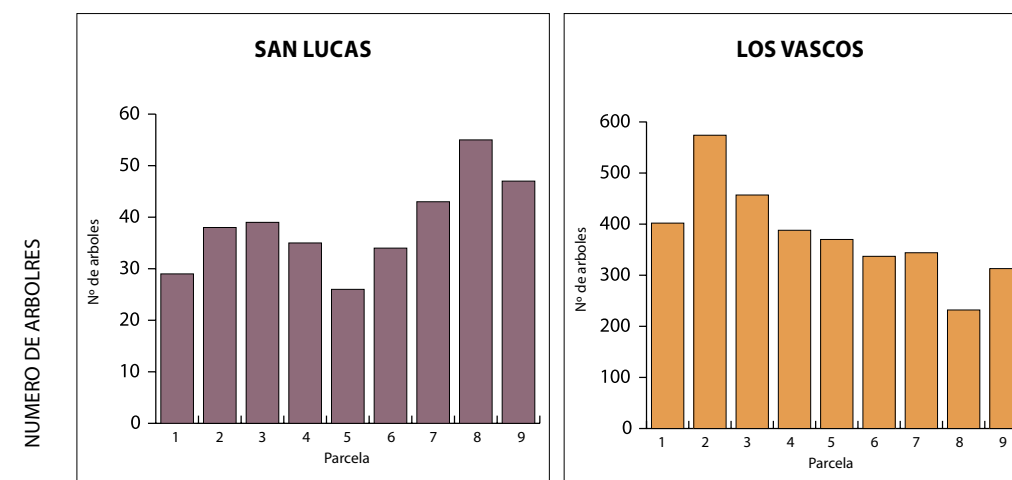


Figura n° 15
Número de árboles presentes unidades San Lucas y Los Vascos

Análisis Ensayo San Lucas

La información obtenida en cada ensayo fue procesada para generar las principales variables medidas en cada rodal. Un ejemplo de la base generada para el ensayo de San Lucas, región de Valparaíso se presenta en el Cuadro N° 21.

El análisis de estos datos se muestra gráficamente la Figura N° 16, de la cual es posible concluir que existe una relación exponencial entre los diámetros observados y el Índice de Biomasa, situación común en este tipo de formaciones vegetales. La curva obtenida refleja la alta concentración de biomasa en las clases inferiores de diámetro para ir disminuyendo a medida que aumenta el DAP. Ello también señala el efecto de las intervenciones silvícolas realizadas en los rodales, lo que ha generado

la presencia de un mayor número de individuos de bajo diámetro asociados a la retoñación de la especie.

Cuadro N° 21

EJEMPLO BASE DE DATOS PARA ANÁLISIS DE ENSAYO DE MANEJO SAN LUCAS, PAPUDO, REGIÓN DE VALPARAÍSO (*): Índice de Biomasa, utilizado para estimación y comparación de volúmenes

Medicion bloque	parcela	arbol	X	Y	d copa menor	d copa mayor	Altura (m)	N° vástago	Dcuello (cm)	DAP (cm)	BIOMASA (*) (DAP2*Altura)
1	6	25	21,5	38,0	3,7	4,1	5,1	10	6,4	37,0	6.981,9
1	6	45	25	45,0	5,2	5,5	5,9	3	35,2	26,6	4.174,6
1	10	11	8	14,0	3,1	3,4	4,4	17	6,2	30,0	3.960,0
1	8	38	3	22,5	2,1	2,2	5,5			24,0	3.168,0
1	10	11	8	14,0	3,1	3,4	4,4	11	3,0	25,0	2.750,0
1	8	3	9,6	7,2	3,9	4,7	7,6			18,9	2.714,8
1	6	49	17,5	54,0			6,1	12	24,3	15,7	1.503,6
1	8	7	20	8,2	4,7	5,1	6,5			14,0	1.274,0
1	7	8	3,4	18,3	3,4	3,6	4,8	6	19,4	15,4	1.138,4
1	7	20	23	18,6	4,3	4,6	5,6			14,1	1.113,3
1	6	2	13,4	6,0	3,7	4,2	6,0			12,4	922,6
1	5	6	11,7	8,4	3,9	4,7	5,9	5	9,0	11,7	807,7
1	4	28	7,9	32,0	4,9	5,6	7,7	3	11,7	10,1	785,5
1	7	33	5,2	25,5	3,1	3,9	5,4	4	15,7	11,7	739,2
1	5	1	4,8	0,5	4,2	4,6	5,8	3	14,4	11,2	727,6
1	7	64	4,8	56,0	1,5	1,7	7,2			10,0	720,0
1	9	36	12,3	24,0	2,7	2,9	6,0	13	11,0	10,5	661,5
1	9	9	20,2	5,5	3,3	4,6	5,0			11,5	661,3
1	4	28	7,9	32,0	4,9	5,6	7,7			9,2	651,7
1	6	45	25	45,0	5,2	5,5	5,9	30	12,9	10,4	638,1
1	3	4	22,5	7,0	5,5	6,1	7,2			9,4	636,2
1	8	22	18,2	19,0	2,3	2,9	5,7			10,5	628,4
1	6	29	5,6	42,0	3,9	4,0	6,2	17	13,1	10,0	620,0
1	8	62	15	36,0	4,1	4,1	6,2			10,0	620,0
1	6	2	13,4	6,0	3,7	4,2	6,0	4	19,4	9,7	564,5
1	6	49	17,5	54,0			6,1	5	10,4	9,5	550,5
1	6	8	8,2	14,3	3,5	3,9	5,3			10,0	530,0
1	9	4	23,8	1,5	3,7	4,1	4,9	4	11,1	10,4	530,0
1	10	2	8	2,0	5,1	5,8	5,7	7	10,4	9,6	525,3
1	5	1	4,8	0,5	4,2	4,6	5,8			9,5	523,5
1	9	1	1	6,0	4,7	6,1	5,8	4	11,6	9,4	512,5
1	8	65	1,2	30,4	2,5	3,8	5,0	3	13,7	10,0	500,0
1	8	82	25	43,0	2,9	3,3	5,5	8	10,3	9,5	496,4

(*): Índice de Biomasa, utilizado para estimación y comparación de volúmenes

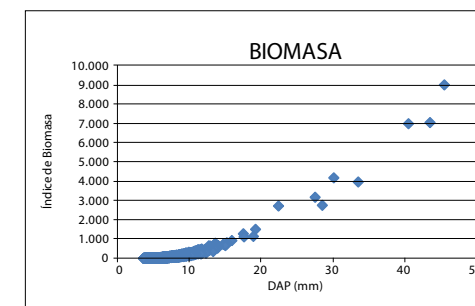


Figura N° 16

Análisis de biomasa, ensayo San Lucas, Papudo, región de Valparaíso

En las Figuras N° 17 y N° 18 se presenta las relaciones DAP-Altura y DAP-Diámetro de Copa.

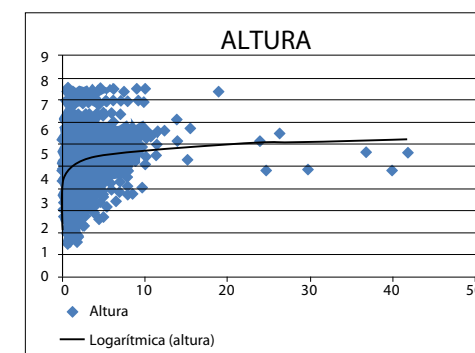


Figura N° 17

Descripción DAP-altura ensayo San Lucas, Papudo, región de Valparaíso

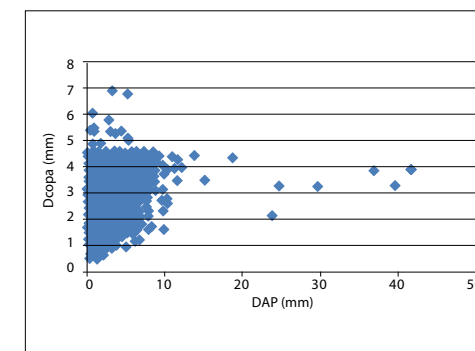


Figura N° 18

Descripción DAP-diámetro de copa ensayo San Lucas, Papudo, región de Valparaíso

Se aprecia una alta presencia de árboles o retoños jóvenes de una mayor altura, la que al ir aumentando el valor del DAP, y con ello la edad de rodal, se estabilizan.

En los diámetros de copa de los árboles, en tanto, variable de gran relevancia relacionada con la biomasa de hojas, también se observa que presentan una estabilización a medida que aumenta el DAP.

La base de datos permite también graficar la distribución espacial de los árboles, tal como se presenta en la Figura N° 19 con un ejemplo de la distribución de los árboles de boldo en una parcela en el ensayo San Lucas.

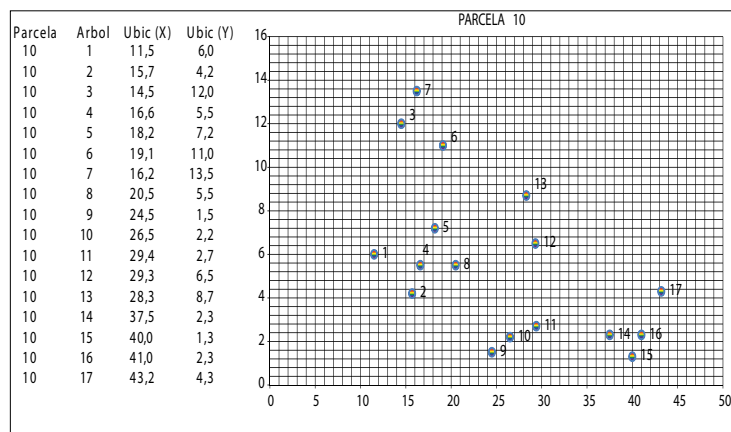


Figura N° 19

Distribución espacial de los árboles en una parcela del ensayo San Lucas

A partir del análisis de la información de la base de datos, se realizaron análisis como los observados en la Figura N° 20, en donde se presenta la relación DAP/Altura árbol, incluyendo la medición de todos los retoños. Los valores observados en terreno son los esperables para formaciones vegetales de este tipo y no presentan mayores desviaciones que requieran la corroboración o eliminación de datos. Se observa que a medida que aumenta el DAP aumenta la altura de los árboles. Otra conclusión que se puede obtener es que los árboles no superan los 6 centímetros de diámetro y los 4 metros de altura, algo frecuente en las formaciones xerofíticas.

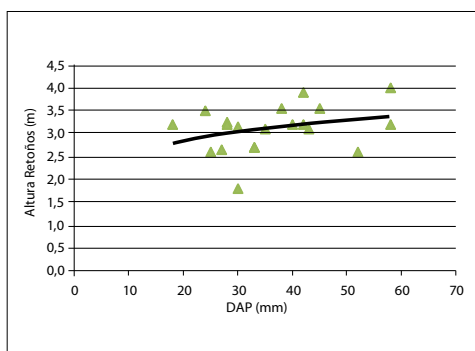


Figura N° 20

Descripción DAP-altura retoños de un tocón (cepa)

Nuevamente los valores observados son los esperables para formaciones vegetales de este tipo y no presentan mayores desviaciones que requieran la corroboración o eliminación de datos.

Análisis Ensayo Los Vascos

En el Cuadro N° 22 se presenta un ejemplo de la Base de Datos para estudios de manejo y biométricos para este ensayo.

Cuadro N° 22

EJEMPLO BASE DE DATOS PARA ESTUDIOS BIOMÉTRICOS, ENSAYO LOS VASCOS

Parcela	Arbol	Ubic (X;Y)	Dcopa1	Dcopa2	Altura	Vastago	Dcuello	DAP
1	1	11,5;06,0	9,2	6,8	5,5	1	3,4	3,0
1	1	11,5;07,0	9,2	6,8	5,5	2	11,8	6,5
1	1	11,5;08,0	9,2	6,8	5,5	2	11,8	4,8
1	1	11,5;09,0	9,2	6,8	5,5	3	5,3	3,5
1	1	11,5;10,0	9,2	6,8	5,5	4	7,6	7,2
1	1	11,5;11,0	9,2	6,8	5,5	5	2,9	1,8
1	1	11,5;12,0	9,2	6,8	5,5	6	6,8	5,0
1	1	11,5;13,0	9,2	6,8	5,5	7	3,1	1,7
1	1	11,5;14,0	9,2	6,8	5,5	8	9,8	8,0
1	1	11,5;15,0	9,2	6,8	5,5	9	3,1	1,9
1	1	11,5;16,0	9,2	6,8	5,5	10	2,3	0,8
1	1	11,5;17,0	9,2	6,8	5,5	11	7,4	5,0
1	1	11,5;18,0	9,2	6,8	5,5	12	8,7	6,5
1	1	11,5;19,0	9,2	6,8	5,5	13	9,1	7,6
1	1	11,5;20,0	9,2	6,8	5,5	14	9,4	8,5
1	1	11,5;21,0	9,2	6,8	5,5	15	4,2	2,3
1	1	11,5;22,0	9,2	6,8	5,5	16	4,3	3,2
1	1	11,5;23,0	9,2	6,8	5,5	17	4,3	2,2
1	1	11,5;24,0	9,2	6,8	5,5	18	3,7	1,8
1	1	11,5;25,0	9,2	6,8	5,5	19	2,5	1,9
1	1	11,5;26,0	9,2	6,8	5,5	20	3,2	1,9
1	1	11,5;27,0	9,2	6,8	5,5	21	3,1	1,8
1	1	11,5;28,0	9,2	6,8	5,5	22	2,2	1,8
1	1	11,5;29,0	9,2	6,8	5,5	23	1,8	1,1
1	1	11,5;30,0	9,2	6,8	5,5	24	1,9	1,0
1	1	11,5;31,0	9,2	6,8	5,5	25	4,7	2,8
1	1	11,5;32,0	9,2	6,8	5,5	26	1,7	1,4
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	1	4,5	3,2
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	2	2,5	1,4
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	3	4,5	3,4
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	4	2,4	1,6
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	5	2,2	1,5
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	6	1,8	1,2
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	7	3,8	2,6
1	2	15,7;04,2	3,5	2,0	3,0	8	3,9	2,2
1	3	14,5;12,0	5,5	4,6	5,2	1	10,0	6,8

En este ensayo, el sector seleccionado presenta una formación adulta con manejo de boldo. Se observan árboles de baja altura y abundante retoñación. Además se observa el efecto positivo del manejo de formaciones adultas sobre la retoñación y la producción de biomasa. Se destaca la reacción de los árboles a la poda, raleo y cosecha de los árboles.

En el Cuadro N° 23 se presenta un resumen de los tratamientos planificados, de acuerdo al un diseño experimental completamente aleatorizado con 3 repeticiones, caracterizando cuantitativamente las cepas y los rebrotes, al cabo de 19 meses para

el tratamiento 1 a partir del clareo, realizado en enero 2010, considerando lo estipulado en la normativa que reglamenta la corta y explotación de las hojas de boldo, únicamente ente los meses de diciembre a marzo de cada año (Decreto, N°251/1955 del Ministerio de Tierras y Colonización) y de 24 meses para los tratamientos 2 y 3, intervenidos en invierno.

Cuadro N° 23
RESUMEN TRATAMIENTOS DE MANEJO

Tratamiento	Fecha de Intervención	Fecha Medición	Período de Evaluación (meses)
T1: clareo de 30% de área basal	Enero 2010	Agosto 2011	19
T2: clareo de 60% de área basal	Julio 2009	Agosto 2011	24
T3: corta de 100% de área basal	Julio 2009	Agosto 2011	24

En la Figura N° 21 se describe la relación diámetro-altura y en la Figura N° 22 se presenta como ejemplo la distribución espacial de una parcela del ensayo.

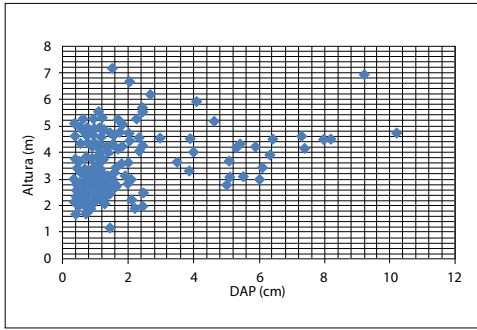


Figura N° 21

Descripción DAP-altura ensayo Los Vascos, Peralillo, región de O'Higgins

Se aprecia una alta concentración de individuos de diámetro reducido presentes en el rodal, asociado nuevamente a valores en altura que no sobrepasan los 6 a 7 m. Esta situación refleja las intervenciones anteriores (la última ocurrió 5 años antes de la aplicación de los tratamientos) a que sido sometido el rodal, las cuales han originado una alta tasa de regeneración, cuyo crecimiento y competencia intraespecífica aún no ha llegado a su estabilización. La continua medición de este tipo de ensayo, permitirá observar el dinamismo de crecimiento del rodal y de los árboles. En el Cua-

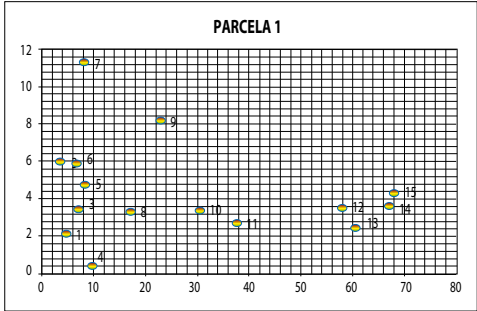


Figura N° 22

Ejemplo distribución árboles de boldo en una parcela del ensayo Los Vascos

dro N° 24 se indican los parámetros de los árboles, vástagos y rebrotes de boldo por parcela. El área basal corresponde a un bosque de baja producción, que varía entre 1,39 a 3,31 m²/ha, debido al gran número de intervenciones de que fueron objeto los individuos en el pasado.

Cuadro N° 24
PARÁMETROS DE LOS ÁRBOLES, VÁSTAGOS Y REBROTES DE BOLDO POR PARCELA ENSAYO DE MANEJO LOS VASCOS

Parcela	Tratamiento	CEPAS							
		Árboles (N°)	Densidad (Arb/ha)	Vástagos (N°)	Densidad (Vástagos/ha)	DCM (cm)	Área Basal Total (m ² /ha)	Área Basal Extraída (m ² /ha)	Rebrotes (N°)
1	2	15	141	481	4.512	2,8	2,720	1,693	1.077
2	1	17	159	692	6.492	2,5	3,309	1,295	266
3	3	20	188	782	7.336	2,2	2,821	2,823	4.115
4	2	21	197	591	5.544	2,3	2,306	1,391	710
5	3	16	150	498	4.672	2,4	2,046	2,043	3.215
6	1	24	225	503	4.719	2,4	2,160	0,492	69
7	2	34	319	664	6.229	2,1	2,201	1,233	475
8	3	16	150	430	4.034	2,1	1,389	1,390	2.930
9	1	26	244	589	5.525	2,3	2,382	0,636	159

Respecto de la frecuencia y dispersión diamétrica de los vástagos de boldo, en todas las parcelas sobre el 83 % de los vástagos están clasificados en diámetros no superiores a 3 cm (Figura N° 23).

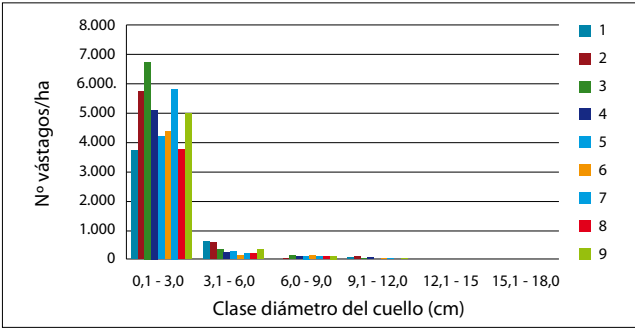


Figura n° 23

Frecuencia de diámetros representados
(N° de vástagos/ha/parcela)

El resultado del análisis de varianza de los tratamientos de niveles de intervención silvícola, para las variables número, diámetro del cuello y altura de los rebrotes, indica que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos (Cuadro N° 25).

De acuerdo al test de Tukey, los resultados indican preliminarmente que el mayor número de rebrotes se genera en el tratamiento 3 (corta de 100% de vástagos por árbol) como efecto de la intervención silvícola, presentando diferencias estadísticamente significativas respecto al resto de los tratamientos evaluados.

Cuadro N° 25

ANÁLISIS DE VARIANZA Y TEST DE TUKEY

Tratamiento	Media de Rebotes (N°)	Diámetro Medio Cuello (mm)	Altura Media (cm)
T3: corta de 100% de área basal	205,2 A	8,05 A	93,49 A
T2: clareo de 60% de área basal	35,9 B	4,67 B	66,28 B
T1: clareo de 30% de área basal	16,5 B	3,00 C	41,98 C

(Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$ y $p \leq 0,01$))

La cantidad de rebrotes fue muy superior en el tratamiento 3, concentrando el 79 % del total, comparativamente a los tratamientos 1 y 2 (clareo de 30 % y 60 % de área basal de los vástagos por árbol, respectivamente) que no presentaron diferencias estadísticas (Figura N° 24).

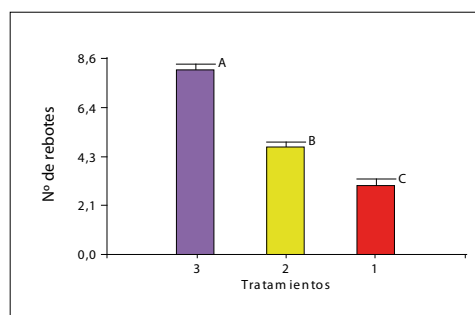


Figura N° 24
Número de rebrotes por tratamiento

En cuanto a las variables de crecimiento del diámetro del cuello y altura de los rebrotes, los resultados del análisis de varianza y test de Tukey, indican que existen diferencias estadísticas entre los tratamientos 1, 2 y 3. El mayor crecimiento medio de los rebrotes se logra con el tratamiento 3, en diámetro del cuello con 8,05 mm y en altura 93,5 cm, que superan 1,7 y 1,4 veces, respectivamente, al crecimiento obtenido en el tratamiento 2 (Figura N° 25).

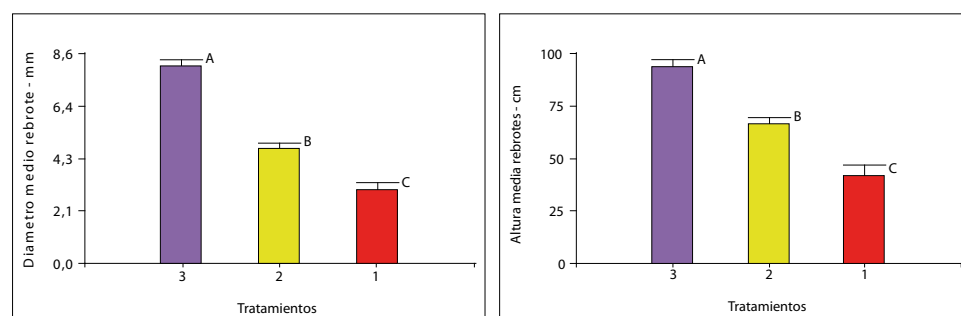


Figura N° 25
Crecimiento de rebrotes en diámetro de cuello y altura

Estos resultados indican que el número de rebrotes y su crecimiento está influenciado por la intensidad de clareo aplicado, en este sentido en los tratamientos 1 y 2

la potencialidad de crecimiento de las cepas además de retoñar, esta supeditada a mantener el crecimiento y desarrollo de los vástagos residuales.

Respecto de la época de intervención, los rodales presentan hasta el momento un mejor desarrollo cuando son cortados durante el otoño o el invierno, en el período de menor crecimiento de los árboles. Si esta operación se realiza en verano, los rebrotes resultantes son débiles, las cepas pierden mucha savia y la temporada de crecimiento se acorta (Daniel *et al.*, 1982; INFOR, 2004), resultado que se confirma a través de esta nueva investigación.

Las brechas de crecimiento aumentan al comparar el tratamiento 3 y el tratamiento 1 debido en parte a que la intervención de manejo en el último se efectuó en verano, 6 meses después que el realizado al resto de los tratamientos.

Asimismo, la intensidad de corta influye en la retoñación de los árboles; el análisis inicial indica una alta correlación entre el porcentaje de clareo y las variables número de brotes, diámetro de cuello y altura media. Los resultados muestran una tendencia que a mayor intensidad de clareo o corta de vástagos por árbol, es más abundante la retoñación, y que en términos de crecimiento en diámetro y altura, también existe un incremento en su valor.

Un rodal reproducido por el método del monte bajo regular es, necesariamente, de edad uniforme, ya que todos los rebrotes se forman al mismo tiempo y a que son más intolerantes que las plantas de la misma especie. Al aplicar un sistema de monte bajo en comunidades jóvenes e incluso maduras, se asegura una alta densidad del rebrote y un gran potencial de los rebrotes vigorosos (Daniel *et al.*, 1982; Nyland, 1996; Matthews, 1998).

Si bien los resultados son preliminares, se puede inferir que la aplicación de clareos más intensivos permitiría a futuro mejorar la estructura del rodal y favorecer el crecimiento y productividad de las formaciones naturales de boldo, y con ello, la biomasa y calidad de hojas, objetivo principal del manejo.

Un clareo de baja intensidad tiene por efecto una menor capacidad de retoñación, crecimiento y calidad de rebrotes de la cepa. Al efectuar la cosecha y clareo en invierno, período no contemplado en la normativa vigente, se estaría obteniendo una mejor respuesta en la capacidad de retoñación, crecimiento y calidad de los rebrotes.

Otros Ensayos de Manejo

Junto con los ensayos anteriores, se están evaluando otros dos ensayos similares de manejo en formaciones naturales de boldo. Estos corresponden a los instalados en el Fundo Esperanza, Comuna de María Pinto, región Metropolitana, y en el sector de Tuniche, Comuna de Las Cabras en la región de O'Higgins.

En la Figura N° 26 se presenta la relación Diámetro de cuello-Altura de retoños en el ensayo Esperanza.

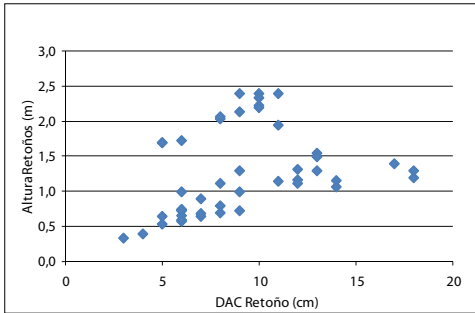


Figura N° 26

Descripción diámetro retoños-altura retoños ensayo Esperanza

La Figura N° 26 refleja la situación de una formación de boldo de menor edad, en donde claramente se observan dos estratos o curvas de desarrollo, que indican la coexistencia de 2 generaciones de árboles, de mayor y menor altura. Esta situación se origina en el manejo comercial realizado al rodal, el cual es rejuvenecido periódicamente, lo que se manifiesta en menores valores del diámetro y escasa altura de los árboles (2,5 m).

El crecimiento y competencia intraespecífica parece no haberse iniciado aún, y la medición en el tiempo de esta situación permitirá observar el dinamismo de crecimiento del rodal y los árboles.

La Figura N° 27 muestra la relación DAP-Altura en el caso del ensayo Tuniche y los valores observados en terreno son los esperables para formaciones vegetales de este tipo. A medida que aumenta el valor del DAP lo hace también la altura de los árboles. Otra conclusión que se puede obtener es que los árboles no superan los 8 centímetros de diámetro y los 6 metros de altura, situación que es superior a otras situaciones de boldo registradas.

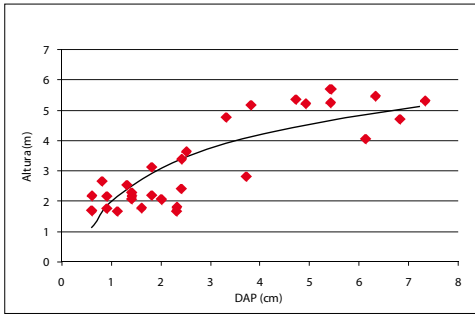


Figura N° 27

Descripción diámetro retoños-altura retoños ensayo Tuniche

En el Cuadro N° 26 y en las Figuras N° 28 y N° 29 se muestra un resumen comparativo de los ensayos analizados en el proyecto de investigación "Innovación silvícola e industrial del boldo en la zona central".

Cuadro N° 26

RESUMEN COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS INSTALADOS

Ensayo	Región	Diámetro Copa (m)	Altura (m)	Retoños (N°)	DAC (cm)	DAP (cm)	AB (m2/ha)	Biomasa	Tipo Ensayo
San Lucas	Valparaíso	3,1	4,7	13,0	4,7	2,3	14,9	60,3	Manejo
Los Vascos	O'Higgins	2,0	3,6	20,0	2,2	1,7	3,1	25,9	Manejo
Esperanza	Metropolitana	2,9	4,7	40,0	---	7.9	3,5	143,8	Biometría
Tuniche	O'Higgins	3,4	5,1	25,0	1,3	5,4	3,5	170,0	Biometría

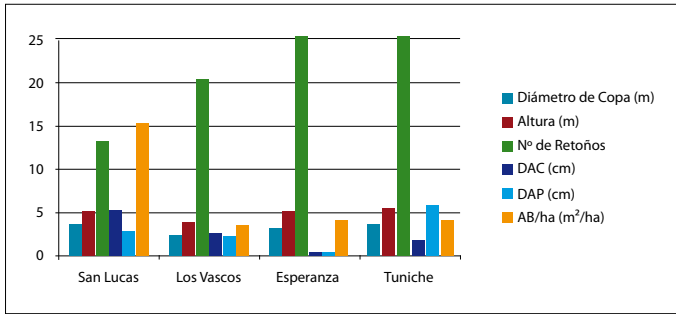


Figura N° 28

Variables comparativas entre ensayos

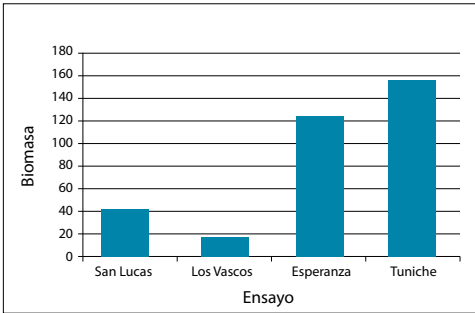


Figura N° 29

Biomasa por árbol comparativa entre ensayos

La información anterior refleja claramente las diversas situaciones que es posible observar en formaciones naturales de boldo. Desde rodales que debido a la explotación comercial que se ha mantenido en ellos presentan una alta tasa de retoñación y diámetros y alturas menores, hasta aquellos otros donde no se ha realizado una intervención permanente del rodal y se exhiben diámetros superiores y un menor número de fustes.

Las figuras anteriores señalan los rendimientos alcanzados por los rodales evaluados e indican las perspectivas que representa esta especie. Estas cifras señalan además el efecto del sitio y del estado actual de los rodales (densidad, manejo), lo que influye sobre las variables de estado más relevantes, como son los diámetros y el área basal, siendo esta última la que refleja la ocupación del sitio por parte de la especie.

El mayor valor del área basal se relaciona directamente con el diámetro de copa y con ello, el área foliar y la cantidad de hojas que podría producir cada rama y el árbol en particular. Por ello, estas variables son importantes para su inclusión en esquemas y objetivos de manejo. Además, es una variable relevante para el desarrollo de modelos de estimación de biomasa foliar.

Se aprecia una asíntota en altura dominante cercana a los 5 metros, lo que confirma los estudios en tal sentido realizados en Chile. Además, la altura de una presentación de la calidad de cada sitio, no así el diámetro que está más afectado por la densidad del rodal.

Una mejor calidad de sitio se denotaría a través de una mayor altura de los árboles. En este análisis el ensayo de Tuniche estaría ubicado un mejor sitio, lo que se debería además reflejar en una mayor biomasa. Este análisis debe además ser correlacionado con la edad, evaluación que se continuará realizando.

Es interesante determinar los volúmenes de hojas o fustes de esta especie en sus condiciones actuales, si se considera que la mayoría de las formaciones evaluadas corresponden a bosques sin ninguna mejora genética, siendo una base o piso para obtener ganancias en volumen al momento de utilizar material con algún grado de mejoramiento genético y con adecuadas medidas de establecimiento.

Biometría de Rodales

La bibliografía consultada indica que boldo es una especie de crecimiento lento, típica de formaciones mediterráneas, con incrementos medios anuales que no llegan al centímetro.

Diversos autores han intentado estimar el peso seco total y el de componentes para boldo, construyendo para ello diferentes funciones de biomasa y considerando como factores de estimación diversas variables del árbol, como por ejemplo, Diámetro de Copa, Altura Total, Número de Retoños mayores a 1 cm (densidad de árboles) y Diámetro en la Base, entre otros. Un componente común de estos modelos es que si bien generan una adecuada correlación entre los valores observados y los estimados, los errores son de una magnitud importante. Por ello, se requiere de estudios para generar nuevas funciones de biomasa, en especial de hojas, para cada zona del país o área de concentración de producción de hojas de boldo.

Este tipo de análisis es importante para medianos y pequeños propietarios que cuentan con pequeños bosquetes o árboles aislados de boldo, quienes requieren información precisa de cómo obtener una mayor rentabilidad de sus bosquetes y a la vez asegurar su sostenibilidad. Acortar el período de rotación y mejorar la productividad de la biomasa aérea significaría importantes ingresos para ellos.

Por lo anterior se inició un estudio biométrico acerca del crecimiento y productividad de hojas en distintos sitios, rodales, árboles, a fin de desarrollar modelos de biomasa para generar herramientas de apoyo a la gestión asociada a la extracción, comercialización y uso de hojas de boldo.

La investigación consistió en mediciones de variables biométricas que caracterizan al individuo; altura, diámetros de copa, diámetro de pecho, diámetro de cuello, número

de vástagos, volumen de las componentes foliar y ramas entre otras, con el objetivo de generar funciones matemáticas que permitan estimar la biomasa boldo, tanto a nivel de árbol completo como de los distintos componentes de éste (ramas, hojas, vástagos).

Estos modelos están siendo desarrollados a partir de árboles actualmente existentes sin manejo y sin grado alguno de mejoramiento genético, lo que permitirá obtener rendimientos que pueden ser considerados como límites inferiores de la biomasa a obtener desde árboles de boldo.

La información se está obteniendo de parcelas permanentes de medición instaladas en los lugares de investigación antes mencionados y en uno adicional en la zona de Parral, región del Maule (Cuadro N° 27). En cada uno de ellos se ha marcado y medido 10 individuos sobre los cuales se hará un seguimiento posterior mediante mediciones periódicas.

Cuadro N° 27

PARCELAS PERMANENTES DE BIOMETRÍA

Predio	Comuna	Región	Altitud (msnm)	Establecimiento (año)
San Lucas	Papudo	Valparaíso	68	2009
La Esperanza	Maria Pinto	Metropolitana	223	2009
Tuniche	Las Cabras	O'Higgins	180	2010
La Balsa	Parral	Maule	567	2010



Figura N° 30

Árboles de boldo incluidos en parcelas permanentes de biometría

La base de datos originada por la medición de estas parcelas permanentes ha permitido determinar diferentes funciones biométricas.

Las muestras foliares obtenidas desde un determinado número de árboles, identificados en sus dimensiones para los análisis requeridos, se procesaron en laboratorio de INFOR hasta obtener el peso seco de las hojas (Figura N° 31).



Figura N° 31
Procesamiento de hojas de boldo para obtención de peso seco

Con la información obtenida se elaboró una base de datos (Ejemplo en Cuadro N° 28) a partir de la cual se ajustaron diversos modelos matemáticos estadísticos para determinar biomasa total a partir del DAP principal de cada árbol y de otras variables de fácil medición (área de copa, largo de copa, altura, edad, etc.) o alguna de sus transformaciones. Este trabajo permitió determinar funciones o modelos que estimen el peso seco total y de componentes para boldo.

Con la información de biomasa aprovechable por árbol, se confeccionó una base de datos para análisis y desarrollo de modelos. Para el caso de hojas, ramas y ramillas se ajustó un modelo inicial para determinar biomasa de hojas a partir del peso verde.

Los modelos han resultado ser estables y con adecuadas capacidades de estimación.

Cuadro N° 28
EJEMPLO BASE DE DATOS PARA ESTUDIOS BIOMÉTRICOS DE BOLDO

ARBOL	RETOÑO	PESO VERDE (kg)	PESO SECO (kg)	(%)
9	5	0,31	0,082	26,5
2	2	0,36	0,144	40,0
3	7	0,47	0,162	34,5
4	16	0,48	0,183	38,1
3	4	0,64	0,218	34,1
2	3	0,69	0,324	47,0
6	8	0,69	0,281	40,7
5	1	0,71	0,293	41,3
6	7	0,76	0,297	39,1
7	2	0,83	0,352	42,4
4	2	0,91	0,408	44,8

2	6	0,93	0,436	46,9
2	9	0,96	0,442	46,0
5	4	1,00	0,48	48,0
4	15	1,10	0,469	42,6
7	4	1,12	0,517	46,2
2	7	1,13	0,533	47,2
2	5	1,15	0,552	48,0
2	4	1,27	0,587	46,2
6	5	1,34	0,596	44,5
6	12	1,46	0,736	50,4
2	1	1,62	0,799	49,3
4	4	1,89	0,792	41,9
2	8	2,27	1,038	45,7
4	7	2,31	1,032	44,7
1	3	1,31	0,620	47,2
1	4	2,12	1,020	48,0
1	4	2,12	0,980	46,2
4	6	2,58	1,150	44,5
4	3	2,09	1,050	50,4
6	7	3,34	1,650	49,3
8	3	3,53	1,480	41,9
9	1	2,64	1,210	45,7
6	14	4,73	2,110	44,7

Relación Peso Verde- Peso Seco Hojas

La relación obtenida de peso verde de hojas una vez cosechadas y el valor correspondiente en peso seco luego del proceso de secado se presenta en la Figura N° 32 y la correspondencia de valores entre peso verde y peso seco de hojas, en términos de porcentaje, se presenta en la Figura N° 33.

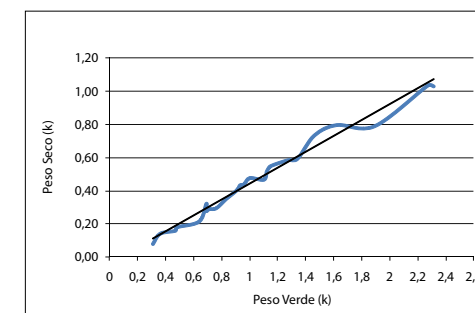


Figura N° 32
Relación peso verde/peso seco hojas de boldo

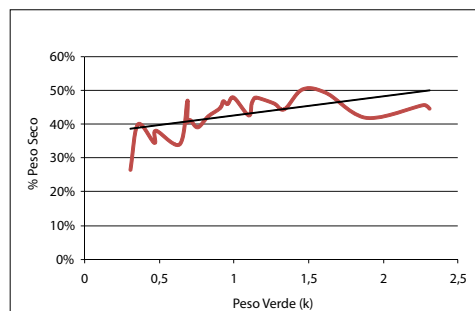


Figura N° 33

Relación porcentual peso verde/peso seco hojas de boldo

Las figuras indican que en general el peso seco de las hojas corresponde a alrededor del 50 % en relación al peso en verde. Estos datos una vez analizados permitieron generar un modelo para estimación de peso seco de hojas a partir del peso verde.

$$P_{\text{Seco}}(k) = 0,004 + 0,48 \cdot P_{\text{Verde}}(k) \quad R = 0,98$$

La Figura N° 34 muestra la relación entre los valores reales y los estimados a partir de esta función. Es posible observar la alta correlación entre los valores observados y estimados.

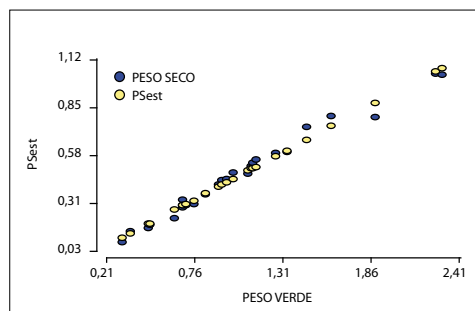


Figura N° 34

Relación datos reales de peso seco versus datos estimados

Relación Peso Verde - Peso Seco Ramas y Ramillas

Con la información disponible fue posible construir un nuevo modelo de estimación del peso seco de ramas y ramillas, utilizando el mismo procedimiento anterior. La relación obtenida se presenta en la Figura N° 35.

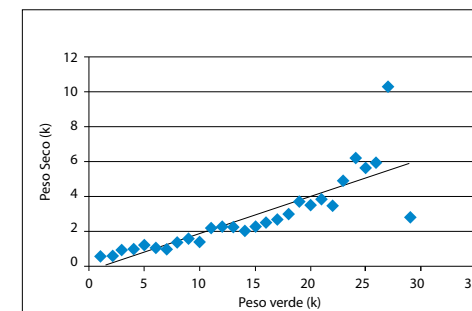


Figura N° 35

Relación peso verde/peso seco en ramas y ramillas de boldo

Las figuras señalan que en general el peso seco obtenido de las ramas y ramillas de boldo corresponde al 60 % en relación al peso en verde (Figura N° 36).

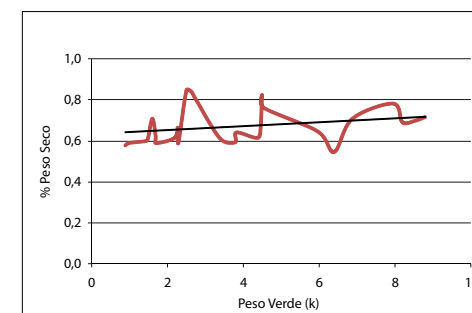


Figura N° 36

Relación porcentual peso verde/peso seco en ramas y ramillas de boldo

El modelo generado para estimación del peso seco de ramas y ramillas de boldo es:

$$P_{\text{Seco}}(k) = -0,44 + 0,84 \cdot P_{\text{Verde}}(k) \quad R = 0,86$$

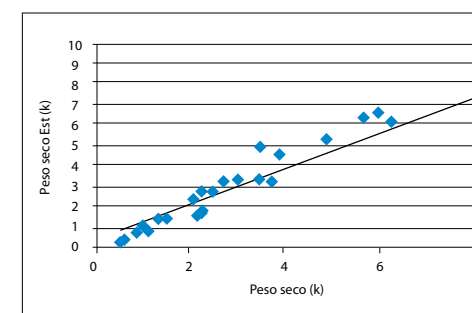


Figura N° 37

Relación datos reales de peso seco versus datos estimados

Modelo de Biomasa Foliar a Partir del Diámetro a la Altura de la Cepa (DACE)

El análisis de la información disponible permitió generar un modelo para el Peso seco de hojas y que sólo utiliza el DACE como variable predictora.

$$\text{LN Peso seco} = 1,828999 + 0,000000647 * \text{DACE}^3 \quad R = 0,88$$

En este modelo, a partir del DACE en centímetros es posible recuperar el peso seco total utilizando el exponencial al valor resultante.

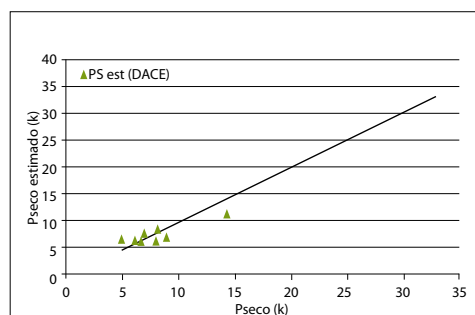


Figura N° 38
Relación peso seco utilizando modelo de DACE

REFERENCIAS

Aguirre, S. e Infante, P., 1988. Funciones de biomasa para boldo (*Peumus boldus* Mol.) y espino (*Acacia caven* Mol.) de la Zona Central de Chile. En Ciencia e Investigación Forestal. 2(3): 45- 50.

Daniel, P., Helms, U. y Baker, F., 1982. Principios de silvicultura. Mc Graw-Hill. México. 492p.

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.

Espic, M., 2007. Evaluación de la producción de biomasa aérea y del rendimiento en aceite esencial y boldina, de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en la comuna de Papudo, V región. 33 p.

Ilabaca, D., 2008. Respuestas ecofisiológicas desarrolladas por *Peumus boldus* Mol. frente a condiciones de restricción hídrica. Tesis. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 32 p.

INFOR, 2004. Incremento del negocio forestal a través de modelos de manejo y de gestión innovativa para la pyme forestal: La opción del monte bajo de *Eucalyptus globulus*. Proyecto FONDEF D02I1117. [En línea].

Jordán, C., 2009. Capítulo I. Línea base de silvicultura y manejo en boldo. En: Sistematización silvícola, tecnológica y comercial de boldo (*Peumus boldus* Mol.) en Chile. Consultado el 9 de Septiembre 2011.

En http://www.gestionforestal.cl:81/boldo/publicaciones/informe_tecnico_boldo.pdf

Kannegiesser, U., 1987. Evaluación de 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.

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

Montecinos, V., 2001. Influencia del habito de crecimiento del boldo (*Peumus boldus* Mol.), sobre la producción de fitomasa foliar. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 78 p.

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

Roach, F., 2001. Análisis prospectivo del mercado de hojas de boldo (*Peumus boldus* Mol.) y sus posibilidades de desarrollo. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 87 p.

Toral, M.; Kannegiesser, U. y Rosende, R., 1988. Biomasa y boldina en boldo (*Peumus boldus* Mol.) VII región. En: Ciencia e Investigación Forestal Vol. 2, N° 4. NFOR. 15-25 p.