

## BIOMASA Y BOLDINA EN BOLDO (*Peumus boldus* MOL) VII REGION

Manuel Toral Ibáñez\*  
Ute Kannegiesser Schuh\*\*  
Ramón Rosende Beytía\*\*\*

### RESUMEN

Se evalúa la producción en biomasa, el contenido de Boldina y el crecimiento de la especie Boldo, en la VII Región.

Para cumplir con estos tres objetivos se efectuó un muestreo destructivo de 25 árboles, correspondientes a distintas clases de diámetro.

Se concluye que el incremento medio en diámetro para Boldo es 0,36 cm/año y en altura 0,17 m/año.

El componente principal de la biomasa es el fuste con 51,6% del peso seco total, las ramas aportan un 34,8%; las hojas participan en un 9,5% y la corteza sólo en un 4,1%.

Todo el árbol contiene boldina, encontrándose el mayor porcentaje (3,7%) en la corteza y el menor en las hojas (0,03%).

### ABSTRACT

*This paper evaluates the biomass production, the boldine content and the growth of the chilean species **Peumus boldus** in the VII Region.*

*To reach these three goals, a destructive sampling of 25 trees, corresponding to different diameter classes, was carried out.*

*It is deduced that the average annual growth for boldo in diameter is 0,36 cm/year and 0,17 m/year in height.*

*The main biomass component is stem with 51,6% of the total dry weight, followed by branches with 34,8%; leaves represent 9,5% and bark only 4,1%.*

*The whole tree contains boldine, the main percentage (3,7%) being found in bark and the lowest percentage in leaves (0,03%).*

\* Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal, Huérfanos 554, Piso 4°, Santiago-Chile.

\*\* Ingeniero Forestal, División Regional, Instituto Forestal, Barros Arana 121, Piso 3°, Concepción.

\*\*\* Ingeniero Químico, Departamento Tecnología de la Madera, Universidad de Chile, Santa Rosa 11315, Santiago-Chile. Proyecto D.I.B., U. de Chile. A 2279-8734.

## INTRODUCCION

El boldo, *Peumus boldus* Mod, se distribuye entre la IV y X Región (DONOSO, 1981), formando parte del bosque esclerófilo y de otros tipos forestales. Es una especie endémica de Chile y de él es posible extraer una serie de alcaloides, entre los cuales figura la boldina, cotizada desde el siglo XIX por sus propiedades medicinales (RUEGGER, 1959).

En la actualidad su principal aprovechamiento es la cosecha de sus hojas y corteza con el objeto de comercializarlas, principalmente hacia el exterior. Durante los últimos años se han exportado en promedio 786 ton. de hojas y 6 ton. de corteza hacia Países Europeos, Argentina y Brasil entre otros con un precio nominal promedio de US\$ 300/ton y US\$ 500/ton respectivamente (INFOR, 1986).

Considerando la importancia económica y ecológica del boldo para la zona semiárida y la falta de información sobre el tema, este trabajo pretende aportar antecedentes básicos sobre crecimiento, producción de boldina y biomasa para los principales componentes del árbol.

## MATERIAL Y METODO

### Area de Estudio

El trabajo se desarrolló en el fundo "Los Quillayes de Peteroa" ubicado en la localidad de Sagrada Familia, Curicó, VII Región.

### Método

Para cumplir con los objetivos de esta investigación se realizó un muestreo destructivo de 25 árboles seleccionados en forma tal, que se distribuyeran en 25 clases de diámetro. A cada árbol se le midió las siguientes variables de estado: DAP, Diámetro Altura del Pecho 1,30 m; DAT, Diámetro Altura del Tocón a 30 cm desde el suelo; DC, Diámetro de Copa midiendo dos diámetros opuestos en 90; HF, Altura Fustal, desde los 30 cm hasta la primera rama viva en la base de la copa y cuyo diámetro basal sea similar a 1/3 del diámetro del fuste en la bifurcación; HT, Altura Total, desde los 30 cm sobre el suelo hasta el ápice del árbol; LC, Largo de Copa, desde la primera rama viva en la base de la copa hasta el ápice del árbol; LR, Largo de las Ramas Principales; DBR, Diámetro Basal Ramas.

### Análisis de Crecimiento

El crecimiento de boldo se evaluó por medio del método de análisis de tallo (BRUCE y SCHUMACHER 1965). Los fustes libres de ramas de los 25 árboles seleccionados se trozaron en secciones iguales de 50 cm. De sus extremos superiores se extrajeron rodela y una en la base de cada árbol, es decir, a 30 cm del suelo. En laboratorio fueron secadas y cepilladas, a fin de contabilizar los anillos de crecimiento.

Para cada árbol se obtuvo una tabla de doble entrada de diámetros acumulados por edad y por altura a la que se extrajo la rodela.

En base a estos datos se ajustaron los siguientes modelos de crecimiento:

$$\text{Función monomolecular} \quad Y = a(1 - be^{-cx})$$

$$\text{Curva logística} \quad Y = a/(1 - be^{-cx})$$

Curva de Gompertz	$Y = ae^{-be^{-cx}}$
Curva parabólica	$Y = a + bx + cx^2$
Curva exponencial	$Y = ae^{bx}$

### **Determinación de la Biomasa**

En terreno cada uno de los 25 árboles seleccionados fue separado en su biomasa de fuste, corteza, ramas y hojas obteniéndose su peso fresco. En laboratorio, utilizando submuestras de cada componente, se determinó su peso seco.

Luego se relacionaron los pesos secos totales por componente y árbol con las variables de estado DAP, DAT, DC, HF, HT, LC y combinación de éstas a través de análisis de regresión.

Basándose en la literatura sobre biomasa se seleccionaron y ensayaron los siguientes modelos (CROW, 1978; CLARK, 1982; NEWBOULD, 1970):

Lineal	$Y = a + bx$
Exponencial	$Y = ae^{bx}$
Alométrico	$Y = ax^b$
Potencial	$Y = ax_1^b x_2^c$

Los modelos se seleccionaron en base a su coeficiente de determinación y el error standard de estimación.

### **Contenido de Boldina**

El contenido de boldina para los distintos componentes de la biomasa, se evaluó por el método desarrollado y descrito por GENEST y HUGHES (1968), HUGHES, GENEST y SKAKUM (1968).

De cada árbol se obtuvieron muestras de fuste, corteza, ramas y hojas. Todas fueron secadas y molidas, formando así el material inicial para la extracción. Cada muestra (10 g de peso seco) se humedeció con ácido cítrico al 3%. Para alcalinizar se agregó una solución de carbonato de sodio al 10%. La extracción propiamente tal se realizó con cloroformo en dos lavados. Los componentes del extracto se separaron por cromatografía de placa fina. En cada placa, preparada con Silica Gel G, se colocaron dos gotas de estándar de boldina "sigma", de concentraciones conocidas. Por comparación de estos estándares con los componentes del extracto se identificó y cuantificó la boldina. Es preciso mencionar que esta metodología entrega valores estimativos del contenido de boldina, existiendo otros métodos analíticos de mayor precisión.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

Para facilitar la comprensión de los resultados, éstos se presentan separados según objetivos del estudio.

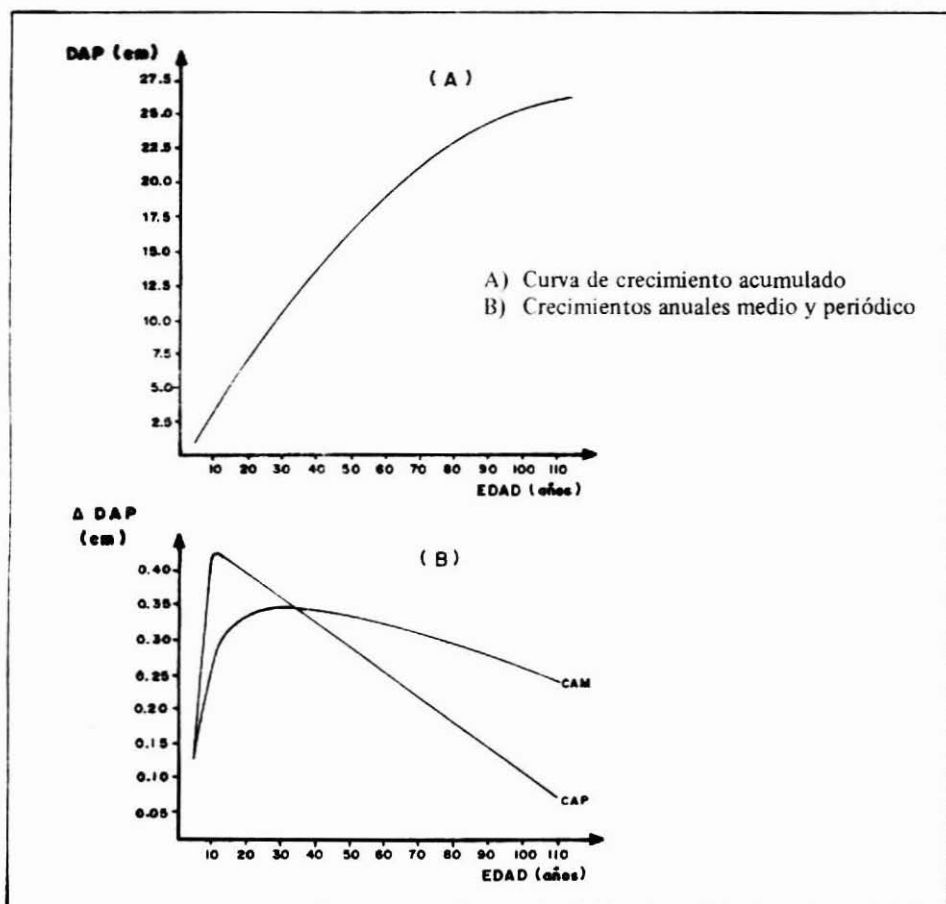
### **Crecimiento**

#### **Crecimiento en diámetro**

En la Figura 1 se presenta la curva parabólica de la distribución promedio de crecimiento acumulado. A partir de esta curva se obtuvieron los crecimientos anuales medios (CAM) y perió-

dico (CAP). Estas curvas se interceptan a los 33 años de edad, cuando el diámetro a la altura del pecho mide 11,5 cm. En este momento se alcanza la máxima producción física en el tiempo mínimo. A partir de este punto el crecimiento medio anual (CMA) disminuye y el árbol incrementará cada año menos en diámetro.

FIGURA 1  
CRECIMIENTO EN DIAMETRO



Para el crecimiento diametral el modelo con la mejor bondad de ajuste es el parabólico, y se puede expresar como:

$$D.A.P. = -1.5703 + 0.4450E - 0,0018E^2$$



Donde:

D.A.P. = Diámetro Altura del Pecho 1,30 (cm)

E = Edad del árbol (años)

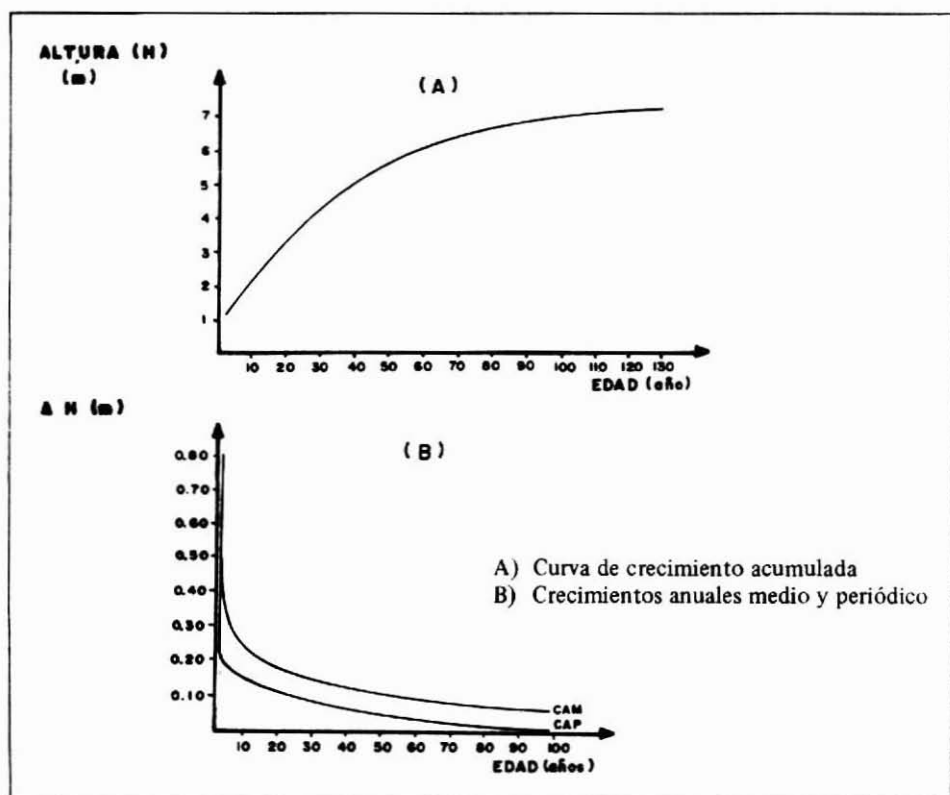
n = 25;  $S_{yx} = 0,6313$ ;  $R^2 = 0,98$

### Crecimiento en Altura

En la Figura 2 se presenta la curva de la distribución promedio de crecimiento en altura. A partir de esta curva se obtuvieron los crecimientos anuales medios (CAM) y periódico (CAP). Estos son decrecientes presentando ambos una fuerte disminución hasta los 10 años. A partir de esa edad ambas tasas decrecen cada vez en menores proporciones haciéndose constante después de los 90 años.

A medida que el árbol envejece, la tasa anual de crecimiento en altura es cada vez menor y, en este caso (Figura 2), se observa que desde los 5 años, la curva del crecimiento anual periódico es menor que la del crecimiento anual medio.

FIGURA 2  
CRECIMIENTO EN ALTURA



Para el crecimiento en altura el modelo seleccionado fue el monomolecular, que puede expresarse como:

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

Donde:

HT = Altura total a la edad E (m)

E = Edad (años)

n = 25;  $S_{xyz} = 0,9045$ ;  $R^2 = 0,79$

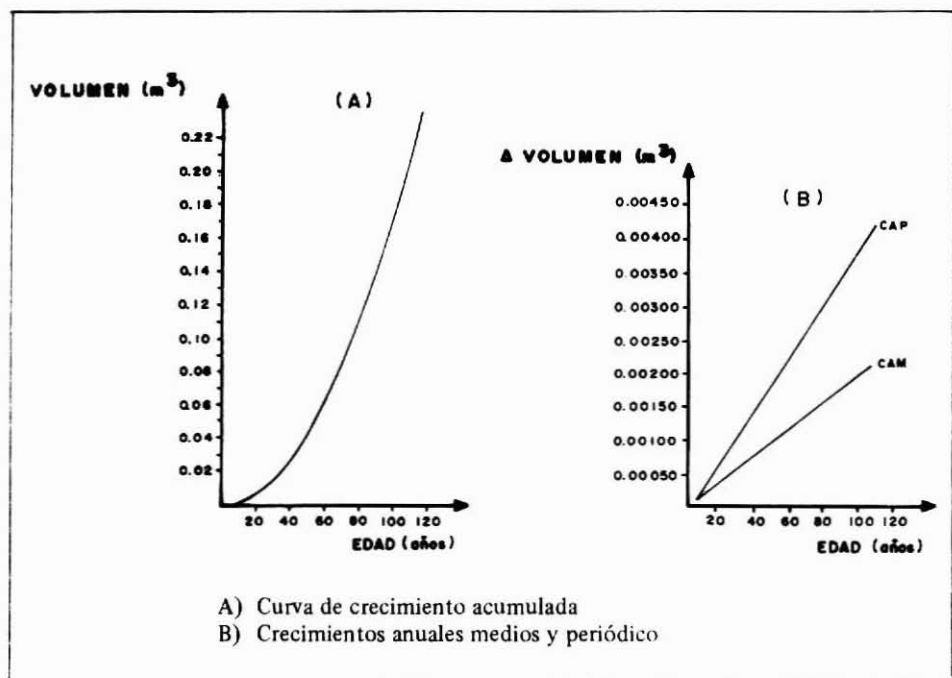
### Crecimiento en Volumen

En la Figura 3 se presenta la curva exponencial de la distribución promedio de crecimiento en volumen. La tendencia de los valores promedios es creciente y no presentan punto de inflexión. A partir de esta curva se obtuvieron los crecimientos anuales medios (CAM) y periódicos (CAP).

Las curvas de crecimiento unitario presentan pendientes positivas y su tendencia es creciente. Aún no han alcanzado su punto máximo y se podría decir que en relación al volumen, el boldo todavía se encuentra en etapa de crecimiento juvenil.

FIGURA 3

### CRECIMIENTO EN VOLUMEN



Para el crecimiento en volumen el modelo seleccionado fue el exponencial, que linealizado puede expresarse como:

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

Donde:

V = Volumen (m<sup>3</sup>)

E = Edad (años)

Ln = Logaritmo natural

### Biomasa

#### Modelos Seleccionados

El Cuadro 1 muestra los modelos seleccionados para estimar la biomasa de los distintos componentes de Boldo.

**CUADRO 1**  
**MODELOS ESTIMADORES DE BIOMASA**  
**(Pesos Secos)**

Componente	Ecuación	R <sup>2</sup>
Corteza	$\ln \text{PSC} = 2,2784 + 0,5681 \ln \text{DAP} + 0,5215 \ln \text{DAP}^2 \text{ HT}$	0,92
Ramas	$\ln \text{PSR} = 2,2100 - 0,3300 \ln \text{DAP} + 1,1500 \ln \text{DAP}^2 \text{ HT}$	0,91
Hojas	$\ln \text{PSH} = 3,6100 + 0,7500 \ln \text{DAP} + 0,7870 \ln \text{DAP}^2 \text{ HT}$	0,78
Fuste	$\ln \text{PSF} = 4,0710 - 0,0937 \ln \text{HT} + 0,8610 \ln \text{DAP}^2 \text{ HT}$	0,96
Total	$\ln \text{PST} = -2,3523 + 0,1866 \ln \text{DAP} + 0,7952 \ln \text{DAP}^2 \text{ HT}$	0,95

donde:

Ln = Logaritmo natural; DAP = Diámetro altura del pecho (cm)

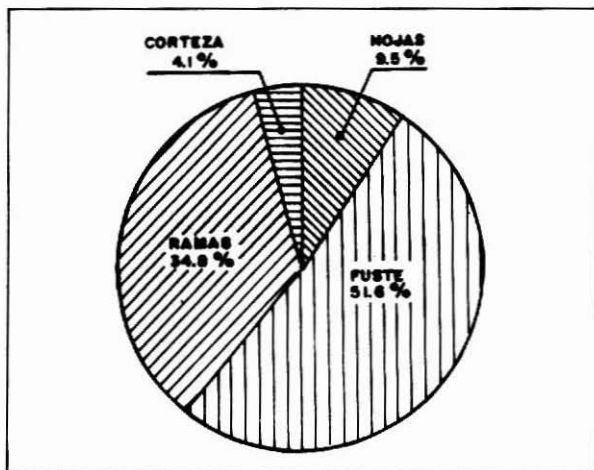
HT = Altura total (m)

Aunque el modelo básico seleccionado es el alométrico, éste difiere en la función de fuste. Este hecho impide que exista aditividad de los pesos estimados por las diferentes funciones (KOZAK, 1970). Esto significa que el peso seco total estimado por las diferentes funciones por adición de los componentes no es igual a la estimación realizada con la función de peso seco total, que sobreestima el peso en un 6% en relación a la adición de las funciones parciales.

A partir de las funciones presentadas en el Cuadro 1, se estimó el porcentaje promedio de participación por componente de la biomasa en el peso total del árbol. Los resultados de esta estimación se presentan en la Figura 4.

FIGURA 4

PORCENTAJES PROMEDIOS DE PARTICIPACION POR COMPONENTE EN EL PESO TOTAL DEL ARBOL



*Contenido de Humedad*

Los contenidos de humedad promedio para los distintos componentes de la biomasa son: fuste 73,3%; corteza 98,5%; ramas 77,5% y hojas 117,4%.

*Producción en Biomasa*

A fin de estimar la producción en biomasa, se muestrearon tres situaciones de densidad de árboles: alta, media y baja densidad.

Para cada situación se calculó la biomasa por hectárea de cada componente, utilizando las ecuaciones anteriormente seleccionadas.

Los resultados de esta estimación se presentan en el Cuadro 2.

CUADRO 2

BIOMASA DE BOLDO POR HECTAREA

Parcela	N° Arb/ha Boldo	Biomasa por ha (kg) en:				Biomasa Total/ha
		Fuste	Corteza	Ramas	Hojas	
Alta densidad	440	2.279	194	1.318	428	4.219
Media densidad	146	413	39	173	99	724
Baja densidad	40	107	10	47	25	189



**Boldina**

El Cuadro 3 muestra los contenidos de boldina por componente según fecha de explotación del árbol, diámetro y edad.

Como se puede observar en el Cuadro 3 la boldina está presente en mayor o menor cantidad en todos los componentes aéreos de la planta. No existe una relación clara entre los contenidos de boldina, según época de explotación, diámetro y edad del árbol.

El mayor porcentaje de boldina se obtuvo de muestras secas de corteza, con 3,73% promedio. Las hojas, conocidas por su contenido de sustancias químicas y comercializadas para extraerlas, sólo contienen en promedio 0,03%.

CUADRO 3

**CONTENIDO DE BOLDINA POR COMPONENTE, SEGUN FECHA DE EXPLOTACION DEL ARBOL, DIAMETRO Y EDAD**

(Porcentaje en Relación a Peso Seco)

Arbol N°	Epoca de Extracción	Diámetro DAP	Edad (años)	Porcentaje de Boldina en:			
				Fuste	Corteza	Ramas	Hojas
1	Julio	4,5	17	0,05	3,5	0,26	0,05
2		3,6	17	0,09	5,0	0,24	0,06
3		22,0	128	0,11	7,0	0,28	0,02
4		6,5	18	0,05	2,0	0,20	0,02
5		7,5	46	0,09	6,0	0,16	0,02
6		10,5	43	0,03	2,0	0,17	0,02
7	Agosto	14,0	33	0,11	4,0	0,14	0,02
8		11,5	54	0,11	5,0	0,19	0,03
9		49,2	-	0,09	4,0	0,22	0,02
10		19,6	86	0,05	3,0	0,18	0,02
11		18,1	26	0,08	3,0	0,13	0,03
12		33,4	69	0,08	2,5	0,14	0,03
13		19,9	91	0,08	4,0	0,20	0,05
14		2,4	9	0,10	2,5	0,16	0,03
15		26,4	68	0,09	1,5	0,12	0,14
16		27,3	85	0,09	3,0	0,14	0,03
17		35,4	110	0,08	3,0	0,20	0,02
18		24,6	94	0,09	4,6	0,12	0,02
19	Noviembre	38,2	76	0,10	5,0	0,27	0,03
20		29,3	63	0,08	4,6	0,29	0,03
21		23,1	54	0,15	3,6	0,29	0,02
22		27,5	53	0,08	5,0	0,24	0,02
23		18,0	50	0,10	3,0	0,16	0,02
24		22,0	28	0,15	4,0	0,18	0,02
25		12,1	28	0,10	2,4	0,22	0,03
<b>Promedio Boldina</b>				<b>0,09</b>	<b>3,73</b>	<b>0,20</b>	<b>0,03</b>

Los materiales leñosos presentan una pequeña diferencia entre los contenidos de boldina, debido a que las ramas se molieron con corteza, extrayéndose de estas últimas un 0,20% y 0,09% del fuste. Cabe mencionar que la boldina sólo constituye una fracción de los 17 alcaloides actualmente identificados (HUGHES y GENEST, 1968).

## **DISCUSION**

Hasta la fecha el componente del árbol que se ha comercializado en mayores cantidades ha sido la hoja.

La participación del peso seco de hojas en la biomasa total es de 9,5% promedio. En cuanto a la boldina, las hojas son las que tienen menor contenido.

Considerando las parcelas de muestreo en distintas densidades, la producción de hojas secas varía entre 25 y 428 kg por hectárea, de las que se puede extraer aproximadamente entre 7,5 y 13 g de boldina. Básicamente, lo que cambia los montos de boldina por hectárea es la edad del rodal, ya que aumenta la cantidad de hojas manteniéndose el contenido de boldina casi constante.

Por otra parte, la corteza es el componente que contiene el mayor porcentaje de alcaloide, pero su participación en la biomasa total es la menor con un 4,1% de promedio. Por lo tanto, de las parcelas se puede obtener entre 10 y 194 kg de corteza/ha, que son materia prima para producir aproximadamente entre 0,4 y 7,5 kg de boldina por hectárea. Por lo tanto la producción de boldina es mayor que en el caso de las hojas.

La boldina que se puede obtener de los materiales leñosos, fuste y ramas, se encuentra entre 190 g/ha y 2,4 kg/ha.

Así, a partir de una parcela con una densidad de 440 árb/ha se podría extraer del árbol completo aproximadamente 13,5 kg de boldina por hectárea.

Durante los últimos años se ha exportado en promedio 786 toneladas de hojas y 6 toneladas de corteza por año. Considerando que de una hectárea con densidad alta se puede obtener 428 kg de hojas, para cubrir las exportaciones se requiere explotar 1.836 ha. Por otra parte, a partir de la cantidad de hojas y corteza exportada se pueden producir 460 kg de boldina, cantidad que se podría obtener sólo de 34 ha, si se utilizara todo el árbol.

De la producción total por hectárea actualmente se aprovecha un 15% de la biomasa, el resto se subutiliza o se pierde. Por lo tanto es necesario estudiar y encontrar otros usos de la especie paralelos a la extracción de hojas y corteza como alternativa para el pequeño propietario.

## **CONCLUSIONES**

Del trabajo realizado se pueden concluir los siguientes puntos:

- El crecimiento medio en diámetro fluctúa entre 0,16 y 0,79 cm/año, con un promedio de 0,36 cm/año, para el sector "Los Quillayes de Peteroa, Curicó".
- A la edad de 33 años se intersectan las curvas de crecimiento unitario en diámetro y el árbol ha alcanzado un DAP de 11 cm. Estas cifras pueden considerarse como criterios para cosechar el árbol.

Los crecimientos en altura oscilan entre 0,04 y 0,54 m/año, con un promedio de 0,17 m/año.

Los principales incrementos en altura se observan en la etapa juvenil, hasta los 30 años.

El principal componente de la biomasa es el fuste, aportando un 51,6% al total. En segundo lugar, se encuentran las ramas con un 34,8%. El porcentaje restante se divide entre las hojas y la corteza con un 9,5% y 4,1%, respectivamente.

- En todos los componentes aéreos del árbol se constató la presencia de boldina. La mayor concentración de este alcaloide se encuentra en la corteza del fuste, con un promedio de 3,73%. Los componentes leñosos, fuste y ramas contienen 0,09% y 0,2%, respectivamente. En último lugar se sitúan las hojas con un 0,03%.
- De 100 kg de peso seco de un árbol se puede obtener un total ponderado de 0,3 kg de boldina.
- No existe una clara relación entre los contenidos de boldina con respecto a la edad, el diámetro y la época de extracción. Las edades muestreadas fluctúan entre 9 y 128 años.

#### AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Sociedad Forestal "Quillayes de Peteroa", VII Región, en la persona del Sr. Fernando Julio Tagle, por proporcionar la posibilidad de realizar el estudio en dicha región y los recursos humanos y logísticos.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. BRUCE, D. y SCHUMACHER, F. 1965. Medición Forestal. México, Herreros. 474 p.
2. CLARK, A.M. 1982. Predicted weights and volume of Firewood Trees in the Southeast. USDA Forest Service. Research Paper. SE - 226. 28 p.
3. CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION - INSTITUTO FORESTAL. 1986. CORFO-INFOR Exportaciones Forestales Chilenas. Enfoque analítico. Productos de la Silvicultura y Extracción. Informe N° 31. 42 p.
4. CROW, T.R. 1978. Common Regression to Estimate Tree Biomass in Tropical Stands. Forest Science 24 (1): 110-114.
5. DONOSO, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Documento de Trabajo N° 38. Santiago, FAO/PNUD/CONAF (Fo: DP/CHI/76003) 82 p.
6. GENEST, K. y HUGHES, D.W. 1968. Natural Products in Canadian Pharmaceuticals. I. Alkaloids Methods of Identification. II. *Peumus boldus*. Canadian Journal of Pharmaceutical Sciences 3 (4): 77-90.
7. HUGHES, D.W.; GENEST, K. y SKAKUM, W. 1968. Alkaloids of *Peumus boldus*. Isolation of (+) - Reticuline and Isoboldine. Journal of Pharmaceutical Sciences 57 (6): 1023-1025.
8. ———, 1968. Alkaloids of *Peumus boldus*. Isolation of Laurotetanine. Journal of Pharmaceutical Sciences. 57 (9): 1619-1620.
9. KOZAK, K.A. 1970. Methods of Ensuring Additivity of Biomass Components by Regression Analysis. The Forestry Chronicle 46 (5): 402-404.
10. NEWBOULD, P.S. 1970. Methods of Estimating the Primary Production of Forest. Oxford, Blackwell. 70 p.
11. RUEGGER, A. 1959. Neue Alkaloide aus *Peumus boldus* Mol. Helvetica Chimica. Acta 42 (2): 754-762.