

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES**

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

**EVALUACION DE LA FITOMASA Y METABOLITOS  
DE INTERES COMERCIAL EN BOLDO (*Peumus boldus*  
Mol), QUILLAY (*Quillaja saponaria* Mol) Y EUCALIPTOS  
(*Eucalyptus* spp.) EN LA VII REGION**

Memoria para optar al Título Profesional  
de Ingeniero Forestal

**JOSE LUIS SFEIR MUJAS**

Profesores Guías Ing. For. Sr. Manuel Toral ;  
Ing. Elec. en Química Sr. Ramón Rosende

SANTIAGO - CHILE

1990

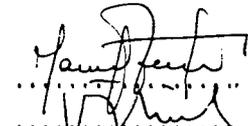
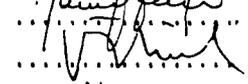
UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES  
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES  
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

EVALUACION DE LA FITOMASA Y METABOLITOS  
DE INTERES COMERCIAL EN BOLDO (*Peumus boldus* Mol),  
QUILLAY (*Quillaja saponaria* Mol) Y EUCALIPTOS  
(*Eucalyptus* spp.) EN LA VII REGION

Memoria para optar al Titulo Profesional  
de Ingeniero Forestal

JOSE LUIS SFEIR MUJARES

PROFESORES GUIAS:

ING. FOR. SR. MANUEL TORAL I.	6.0	
ING. QCO. SR. RAMON ROSEMDE B.	6.5	

PROFESORES CONSEJEROS:

ING. FOR. SR. MANUEL IBARRA M.	5.0	
ING. FOR. SR. JORGE GILCHRIST M.	6.5	

Santiago, Chile - 1990

## RESUMEN

El presente trabajo consiste en la evaluación de la fitomasa y concentración de metabolitos de interés comercial en Peumus boldus Mol. (boldo), Quillaja saponaria Mol. (quillay) y siete especies del género Eucalyptus.

El propósito de este estudio fué obtener funciones de fitomasa en plantaciones jóvenes de alta densidad (1 año de edad), y también determinar la variación estacional en la concentración de boldina, saponina y cineol en cada una de las especies analizadas, respectivamente.

Además, como resultado adicional, se determinó la variación del contenido de humedad para cada especie a través del año, tanto para el total de la planta como para sus componentes (hojas, ramas y tallo).

## ABSTRACT

This Thesis consists in the evaluation of the biomass and concentration of chemical compounds of commercial interest in Peumus boldus Mol. (boldo), Quillaja saponaria Mol. (quillay) and seven species of the genus Eucalyptus.

The purpose of this study was accomplished through the development of biomass equations on young high density, one year old plantations. In the other hand, it was also desired to determine the seasonal variation in the concentration of boldine, saponin and cineole for each of the respectively analyzed species.

In addition, as a secondary result, the variation of the moisture content for each species through the year, for the whole plant and for its separate components (leaves, branches and stems), was determined.

# I N D I C E

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
3.1 Peumus boldus Mol.....	3
3.1.1 Descripción general de la especie.....	3
3.1.2 Distribución geográfica.....	4
3.1.3 Antecedentes de crecimiento y fitomasa..	4
3.1.4 Boldina (alcaloide del boldo).....	7
3.1.5 Mercado y exportaciones.....	9
3.2 Quillaja saponaria Mol.....	12
3.2.1 Descripción general de la especie.....	12
3.2.2 Distribución geográfica.....	12
3.2.3 Antecedentes de crecimiento y fitomasa..	14
3.2.4 Saponina (triterpeno).....	15
3.2.5 Mercado y exportaciones.....	17
3.3 Género Eucalyptus.....	20
3.3.1 Antecedentes generales del género.....	20
3.3.2 Distribución geográfica.....	21
3.3.3 Antecedentes de crecimiento y fitomasa..	21
3.3.3.1 Crecimiento.....	21
3.3.3.2 Fitomasa.....	23
3.3.4 Aceite esencial de Eucalyptus.....	26
3.3.5 Mercado y exportaciones.....	30
IV. MATERIAL Y METODO.....	32
4.1 Material.....	32
4.1.1 Características climáticas y meteoroló- gicas del sector.....	33
4.1.2 Características edáficas del área.....	34
4.2 Método.....	36
4.2.1 Labores realizadas en terreno.....	38
4.2.2 Metodología utilizada en laboratorio....	39
4.2.2.1 Determinación del contenido de humedad y peso seco.....	39
4.2.2.2 Obtención de las funciones de fitomasa por componente y total.....	40

4.2.2.3	Análisis químico de las muestras.....	42
V.	RESULTADOS.....	49
5.1	Boldo.....	49
5.1.1	Fitomasa.....	49
5.1.2	Contenido de humedad.....	50
5.1.3	Variación mensual de la concentración de boldina.....	51
5.2	Quillay.....	53
5.2.1	Fitomasa.....	53
5.2.2	Contenido de humedad.....	54
5.2.3	Variación mensual de la concentración de saponina.....	54
5.3	Eucaliptos.....	56
5.3.1	Fitomasa Eucaliptos.....	56
5.3.1.1	E. globulus.....	56
5.3.1.2	E. camaldulensis.....	59
5.3.2	Contenido de humedad.....	60
5.3.2.1	E. globulus.....	60
5.3.2.2	E. camaldulensis.....	61
5.3.3	Aceites esenciales.....	61
5.3.3.1	Rendimiento de aceite crudo.....	62
5.3.3.2	Concentración de cineol.....	62
VI.	CONCLUSIONES.....	64
6.1	Fitomasa.....	64
6.2	Contenido de humedad.....	65
6.3	Metabolitos de interés comercial.....	65
6.3.1	Boldina (boldo).....	65
6.3.2	Saponina (quillay).....	66
6.3.3	Cineol (eucaliptos).....	67
VII.	BIBLIOGRAFIA.....	69

## I. INTRODUCCION

Dentro de la amplia gama de productos que nos ofrece nuestro recurso forestal, existen algunos que no son explotados en forma adecuada, sin embargo son interesantes desde el punto de vista comercial. Un ejemplo de ello lo constituyen los metabolitos presentes en la mayoría de los vegetales leñosos.

De las especies contempladas en este trabajo, el boldo (Peumus boldus Mol.) y el quillay (Quillaja saponaria Mol.), corresponden a aquellas más importantes dentro de la formación vegetal de tipo esclerófilo de la Zona Semiárida de Chile, cuyo principal producto es la leña y el carbón. Es por este motivo que resulta interesante la realización de estudios que aporten al conocimiento cabal de este tipo de productos "no tradicionales", para así poder tener bases fundamentadas que justifiquen o desapruében el uso a que algunas especies están siendo sometidas en la actualidad.

Este trabajo en particular, contempla un análisis químico de algunos compuestos interesantes comercialmente y que en la actualidad están siendo producidos en pequeña y mediana escala. Tal es el caso de la boldina (alcaloide del boldo) y la saponina del quillay, ambas especies que podrían ser aprovechadas en mejor forma desde este punto de vista.

Por su parte, el aceite de eucalipto es un producto que presenta una demanda creciente, y por ende su precio también posee una tendencia ascendente en los últimos años. En Chile, el cineol es un producto prácticamente nuevo, sin embargo en otros países tales como China, Portugal y España, la producción de aceites ricos en cineol es un rubro que adquiere cada vez mayor importancia.

Por lo anterior, se pretende entregar un aporte, dentro del contexto de los metabolitos de interés comercial, desde el punto de vista de su cuantificación y estacionalidad. Para tal efecto, se plantearon los siguientes objetivos :

## II. OBJETIVOS

2.1 Obtener funciones de fitomasa para cada especie, para plantaciones de alta densidad y de aproximadamente un año de edad.

2.2 Cuantificar la concentración de metabolitos de interés comercial en cada una de ellas y determinar su estacionalidad.

### III. REVISION BIBLIOGRAFICA

Para efectos de ordenamiento, éste capítulo será analizado en forma separada para cada una de las especies en cuestión.

#### 3.1 Peumus boldus Mol. "Boldo"

##### 3.1.1 Descripción general de la especie

El boldo es una especie endémica de Chile y pertenece a la familia Monimiaceae. Es un árbol pequeño, siempreverde, frondoso, con una copa esférica y de follaje denso. La altura total del árbol varía entre los 3 y 6 metros, siendo factible encontrar ejemplares de hasta 20 metros (KANNEGIESSER,1987).

Sus hojas son coriáceas, de color verde oscuro en el haz y verde claro en el envés, con los bordes generalmente doblados hacia adentro. Son ásperas al tacto (HOFFMANN,1982).

Es una especie dioica, con flores unisexuales de color blanco-amarillento, dispuestas en inflorescencias terminales o axilares.

El fruto corresponde a una drupa ovoide, carnosa y jugosa de color amarillo verdoso cuando maduran. Sus semillas tienen abundante endosperma y cotiledones anchos.

La germinación de las semillas es escasa, debido principalmente al efecto inhibitor del pericarpio, el cual al

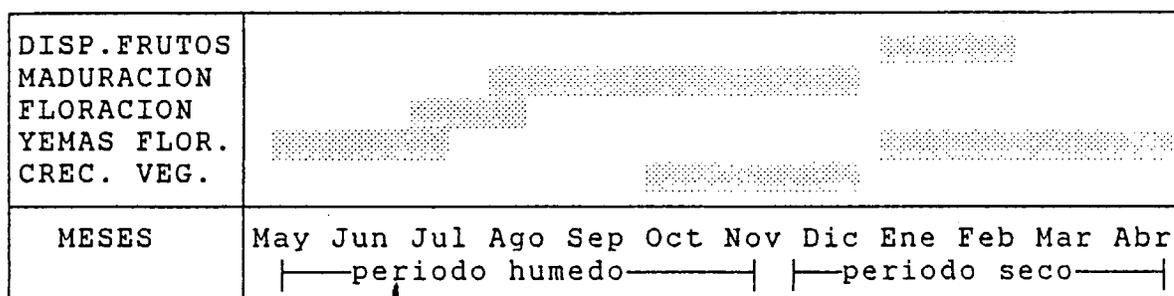
igual que la hoja, contiene aceites esenciales (Terpineol y Eugenol) causantes de este efecto (RODRIGUEZ et al., 1983).

### 3.1.2 Distribución geográfica

El boldo es una especie que se distribuye desde la IV región (Bahía de Tongoy; 30°20' LS), hasta la X región (Río Las Damas en Osorno; 41° 20' LS). Se desarrolla principalmente en laderas asoleadas bajas de ambas cordilleras y también en el valle central. La zona con mayor abundancia corresponde a las provincias centrales entre Curicó y Bío-Bío. Su distribución en altitud fluctúa entre el nivel del mar y los 1200 msnm.

### 3.1.3 Antecedentes de crecimiento y fitomasa

El período vegetativo del boldo comienza en primavera (Octubre) y finaliza a principios del verano con la diferenciación de las yemas florales, las cuales se mantienen latentes hasta mediados del invierno (Julio-Agosto) cuando se produce la floración. Los frutos drupáceos presentan un largo período de maduración y son dispersados a mediados de verano (Fig. 1).

FIGURA 1. Principales fenofases de *P.boldus*

Fuente : HOFFMANN, 1981.

Según KANNEGIESSER (1987), en bosques naturales de baja densidad, el crecimiento en diámetro de la especie (medido a nivel del DAP), de una muestra que contempló edades desde los 9 hasta los 128 años, fluctúa entre 0.16 y 0.79 cm/año. Los mayores crecimientos se obtuvieron en ejemplares jóvenes, creciendo libremente en sectores abiertos. A los 33 años, el crecimiento medio anual en diámetro se hace máximo, lo cual implica que pasada aquella edad la tasa de crecimiento de esta variable disminuye progresivamente.

Con respecto a la altura, el mismo autor afirma que el incremento promedio alcanza los 0.17 m/año. Desde los 5 años de edad en adelante, la tasa disminuye al igual que el diámetro.

En cuanto a la fitomasa de este tipo de situaciones

naturales, se han obtenido los siguientes resultados desde el punto de vista del aporte de cada uno de los componentes al total de la planta, tal como se aprecia en el Cuadro N°1.

Los resultados mostrados en dicho cuadro provienen del ajuste de una serie de modelos, siendo el alométrico el que resultó ser el más apropiado para las condiciones descritas. Esto ocurrió tanto para la fitomasa total del individuo, como para sus componentes.

CUADRO N° 1. FITOMASA POR COMPONENTE Y TOTAL EN BOSQUES NATURALES DE BOLDO.

Porcentaje de aporte al peso seco total	COMPONENTES				
	Fuste	Corteza	Ramas	Hojas	Total
	51.63	4.15	34.77	9.45	100

Fuente : KANNEGIESSER, 1987.

El modelo aludido presenta la siguiente forma general :

$$\ln Y = a + b * \ln X \quad , \quad \text{ó bien} \quad Y = a * X^b$$

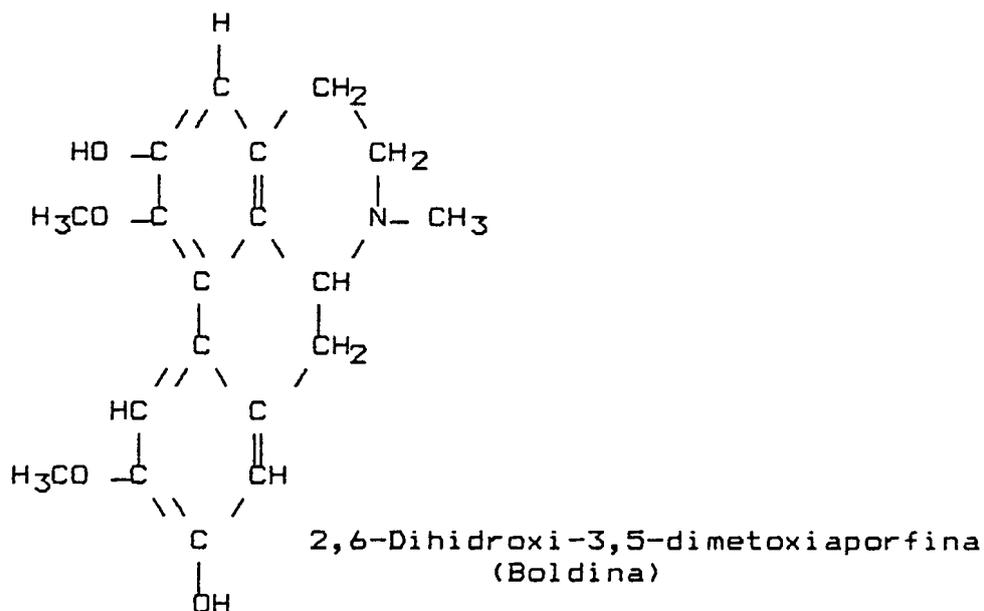
Las variables independientes (X) que mejor explican el comportamiento de la variable dependiente (Y), son las variables de estado del vegetal, tales como el DAP, altura total, diámetro de copa, o una combinación de ellas tal como el índice de crecimiento (D²H).

### 3.1.4 Boldina (alcaloide del boldo)

Los alcaloides son compuestos nitrogenados que se encuentran en los vegetales superiores, hongos, en algunos animales y microorganismos. Generalmente están constituidos por átomos de carbono, hidrógeno y nitrógeno; con frecuencia se encuentran una o más posiciones oxigenadas. Estos compuestos son en su mayoría sólidos incoloros y generalmente de naturaleza básica, encontrándose formando sales con ácidos orgánicos e inorgánicos. Esta propiedad determina el proceso a seguir para la extracción desde las plantas.

La presencia de los alcaloides en las plantas, al igual que otros metabolitos secundarios, parece estar relacionada con una función protectora frente a microorganismos, insectos y animales herbívoros (PERCIVALLE, 1978).

La boldina es un alcaloide que está presente en todos los componentes de la parte aérea del vegetal (KANNEGIESSER, 1987). Es una sustancia sólida, amorfa, de color amarillo pálido y de sabor amargo. Su fórmula molecular es  $C_{19}H_{21}NO_4$  y cuya fórmula estructural corresponde a la siguiente :



Se ha demostrado que la boldina tiene actividad diurética, aumenta la secreción del hígado, de las glándulas salivales y de la membrana mucosa. Además, estimula la secreción de ácido clorhídrico en el estómago. Realiza una acción sedante y antiparásita, es cardiotónica y hace disminuir el metabolismo. Es levemente tóxica, siendo letal sólo en cantidades exageradas, ocasionando parálisis de los nervios motores, sensoriales y de las fibras musculares, causando la muerte debido al cese de la respiración. No provoca adicción y sus efectos no son acumulativos (ESPOSITO, 1986).

Se ha determinado que las hojas de boldo, además de boldina, contienen alrededor de 17 alcaloides, algunos de los cuales se mencionan en el cuadro N°2.

CUADRO N°2. ALCALOIDES DERIVADOS DEL BOLDO.

Nombre	Fórmula molecular	Peso Molecular
Laurolitsina	C <sub>18</sub> N <sub>1</sub> O <sub>4</sub> H <sub>19</sub>	313.35
Norcoridina	C <sub>19</sub> N <sub>1</sub> O <sub>4</sub> H <sub>21</sub>	327.38
Laurotetanina	C <sub>19</sub> N <sub>1</sub> O <sub>4</sub> H <sub>21</sub>	327.38
Isoboldina	C <sub>19</sub> N <sub>1</sub> O <sub>4</sub> H <sub>21</sub>	327.38
Reticulina	C <sub>19</sub> N <sub>1</sub> O <sub>4</sub> H <sub>23</sub>	329.40
Isocoridina	C <sub>20</sub> N <sub>1</sub> O <sub>4</sub> H <sub>23</sub>	345.41

Fuente : HUGHES et al.,1968.

Con respecto a la concentración de este alcaloide en bosques naturales, KANNEGIESSER (1987) determinó que la corteza es el componente que presenta una mayor proporción, alcanzando en promedio un 3.73 %. Los componentes leñosos tanto del fuste como de las ramas, contienen 0.09 y 0.2 % respectivamente. En último lugar se encuentran las hojas con un 0.03 %.

No se demuestra una clara relación entre los contenidos de boldina con respecto a la edad, diámetro y época de extracción.

### 3.1.5 Mercado y exportaciones

Desde el punto de vista del mercado de la boldina, se aprecia que éste está constituido básicamente por Sudamérica (Argentina y Brasil) y Europa (Alemania y Francia). Sin embargo, el producto que se comercializa está representado principalmente por las hojas, a pesar de la escasa concentración del alcaloide presente en ellas. Por

otra parte, en el cuadro N° 3 se observa que la comercialización de corteza de esta especie no es muy significativa, con cantidades relativamente bajas, siendo éste el componente que presenta mayor proporción de boldina.

CUADRO N°3. EXPORTACIONES DE HOJAS Y CORTEZA DE BOLDO.

Año	HOJAS		CORTEZA	
	TONS	US\$FOB	TONS	US\$FOB
1978	665.4	148462.61	5.5	5680.03
1979	583.1	196692.64	3.0	3120.16
1980	996.1	377673.21	14.8	15921.20
1981	627.5	222690.23	1.6	891.90
1982	569.4	233611.07	5.9	5437.05
1983	752.1	270699.15	5.8	2890.00
1984	809.6	265646.17	20.7	9121.56
1985	825.0	253220.12	28.7	17590.11
1986	755.4	225045.22	7.9	3708.15
1987	795.6	239386.22	15.0	5432.07

Fuente : ODEPA-PROCHILE. Embarque de productos. 1978-86.

En el cuadro anterior se aprecia claramente que la corteza de boldo es económicamente más interesante que las hojas, sin embargo no hay que olvidar que el estado actual de la mayoría de los rodales de boldo coincide con renovales de tocón, con gran cantidad de vástagos por cepa y por ende de pequeñas dimensiones, lo cual explica la mayor explotación de las hojas.

Otro aspecto importante de considerar es el aprovechamiento integral de la planta debido a que todos los componentes contienen boldina. La obtención del alcaloide en

estado puro permitiría lo anterior y además proporcionaría un mayor valor agregado al producto de exportación. En el Cuadro N° 4 se pueden observar los precios de los derivados del boldo según dos fuentes que se indican a continuación :

CUADRO N° 4. PRECIOS DE LOS DERIVADOS DE BOLDO (84-85).

FUENTES	PRECIO SEGUN PRODUCTO (US\$)			
	Alcaloides totales		boldina	
	1 gr	5 gr	1 gr	5 gr
Según Fitoqca. Nacional (1984)	1.80	7.00	2.20	9.00
Según Catálogo Sigma (1985)	—	—	3.00	11.75

Fuente : ESPOSITO, 1986.

Tal como se observa en este cuadro, los precios de los productos mencionados son inmensamente mayores que el mismo producto "en bruto" (Cuadro N°3), sin embargo también es necesario considerar los costos de obtención de dichos productos, lo cual se encuentra fuera del alcance de este trabajo.

### 3.2 Quillaja saponaria Mol. "Quillay"

#### 3.2.1 Descripción general de la especie

El quillay es una de las especies más importantes de la zona semiárida de Chile. Pertenece a la familia de las Rosáceas y se presenta como árbol o arbusto de follaje siempreverde y corteza cenicienta. Sus hojas se disponen en forma alterna, cortamente pecioladas, son coriáceas, de borde liso y con algunos dientes. Posee flores hermafroditas, blanquecinas y de forma estrellada que dan origen al fruto tan particular denominado cápsula, formada por cinco folículos estrellados que permanecen en el árbol, secos y abiertos después de la dispersión de las semillas.

Las semillas, aladas y numerosas en cada folículo son diseminadas por el viento, y presentan fácil germinación (HOFFMANN, 1982 ; GALLARDO y GASTO, 1987).

El quillay se ha destacado entre las especies nativas de mayor consideración en la zona central del país, dada su importancia económica y ecológica (GALLARDO y GASTO, 1987). Debido a lo anterior, se ha producido una explotación indiscriminada de esta especie, lo cual está provocando su extinción en algunos sectores de su distribución.

#### 3.2.2 Distribución geográfica

El género Quillaja se distribuye únicamente en

Sudamérica, rico en saponina, de dispersión restringida y según NAVAS (1976), existen 3 especies distribuidas en Brasil, Uruguay, Perú, Argentina y Chile. BOSSE (1980), citado por GALLARDO y GASTO (1987), menciona a dos especies: Quillaja saponaria en Chile, Bolivia, Perú y Ecuador, y Quillaja brasiliensis en Brasil y Paraguay.

En Chile, Q.saponaria se encuentra tanto en el valle central como en ambas cordilleras, entre Coquimbo (30° 30' LS) y Malleco (38° LS) (HOFFMANN, 1982).

Según estudios realizados en ambas cordilleras, a una misma altitud y latitud, se aprecian diferencias en la dinámica de crecimiento. El período vegetativo del quillay se inicia antes en la Cordillera de la Costa (Agosto a Diciembre). En el sector de Los Andes, el crecimiento comienza en Octubre y culmina en Diciembre con la floración y fructificación (MONTENEGRO et al, 1979 ; ALJARO y MONTENEGRO, 1981), citado por HERRERA (1987).

Esta especie se desarrolla en altitudes que fluctúan entre casi el nivel del mar hasta los 2000 msnm, en sectores cuya precipitación varía desde los 200 mm hasta los 1000 mm. El clima se caracteriza por las precipitaciones y temperaturas bajas en invierno, con largos períodos de sequía y calor en los meses de verano (Mediterráneo semiárido, característico de la zona central de Chile).

### 3.2.3 Antecedentes de crecimiento y fitomasa

En relación al desarrollo, el quillay crece como árbol y arbusto, alcanzando entre 20 y 30 m de altura en suelos profundos y planos, y 1,5 m de DAP (VITA, 1974).

En general, el crecimiento de esta especie es lento, con incrementos en diámetro que fluctúan entre los 0.4 y 0.6 cm/año. Los incrementos en altura oscilan entre 10 y 30 cm/año en sus etapas juveniles (TORAL y ROSENDE, 1986).

Con respecto a la fitomasa en bosques naturales, con edades que varían entre los 18 años y más, la madera del fuste posee la mayor proporción, en seguida las ramas, luego la corteza y finalmente las hojas. En el cuadro N°5 se puede apreciar en forma clara lo expresado anteriormente.

CUADRO N°5. FITOMASA DE LOS COMPONENTES DE QUILLAY

COMPONENTE	% DE FITOMASA TOTAL
Fuste	68
Ramas	15
Corteza	11
Hojas	6

Fuente : TORAL y ROSENDE, 1986.

PRADO y AGUIRRE (1987), probaron dos tipos de modelos de regresión para realizar la estimación de la fitomasa en bosques naturales de quillay, tomando un rango de clases diamétricas desde 1 cm hasta 1 m. Los resultados muestran que los modelos lineales proporcionan mejores

estimaciones que los logarítmicos, a diferencia de la mayoría de los estudios realizados al respecto para otras especies.

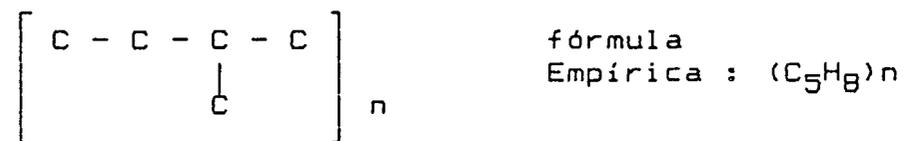
El modelo general seleccionado correspondió al lineal múltiple, cuya forma general se muestra a continuación:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_nX_n$$

Este modelo se seleccionó tanto para el total de la planta, como para sus componentes. Las variables independientes que mejor estiman a la variable dependiente (en este caso el peso fresco), correspondieron al índice de crecimiento ( $D^2H$ ) y al  $DAP^2$ , en la mayoría de los casos.

#### 3.2.4 Saponina (triterpeno)

La saponina es un compuesto orgánico no volátil, perteneciente a la gran familia de los terpenos. Estos últimos corresponden a sustancias orgánicas cuyo rasgo estructural común es un esqueleto carbonado constituido por unidades de isopentano repetidas :



Dentro de esta gran familia, existen básicamente dos tipos de compuestos. Por un lado están aquellos que forman parte de los aceites esenciales o sustancias volátiles

presentes en gran parte de los vegetales leñosos. Dentro de estos se encuentran los monoterpenos (n=2, ej.cineol) y los sesquiterpenos (n=3). Por el otro lado están aquellos compuestos que se hallan entre los extractos no volátiles de las plantas. Entre estos últimos tenemos los diterpenos (n=4), triterpenos (n=6, ej.saponina) y los carotenos (n=8).

La importancia del quillay radica básicamente en este compuesto, el cual posee la propiedad de ser biodegradable y constituye la materia prima para la obtención de una amplia gama de productos tales como espumantes para bebidas, detergentes y jabones, expectorantes, reveladores fotográficos, entre otros.

La saponina, al igual que la boldina en boldo, se encuentra en todos los componentes aéreos de la planta. En orden correlativo de mayor a menor, la corteza presenta la mayor proporción, luego las ramas con corteza, el fuste y finalmente las hojas. Los valores máximos, mínimos y promedios observados se detallan en el Cuadro N°6.

CUADRO N°6. CONCENTRACION DE SAPONINA EN LOS DISTINTOS COMPONENTES DE QUILLAY.

COMPONENTE	% PROMEDIO	MAX	MIN
Corteza	11.6	17.4	6.3
Ramas c/c	10.0	20.7	2.8
Madera	8.8	17.3	5.6
Hojas	6.1	----	---

Fuente : TORAL y ROSENDE, 1986.

Según ISRAEL (1983), si se considera que el aprovechamiento total que se hace en la actualidad se traduce en aproximadamente 30 Kg por árbol, se requerirían 35 árboles para lograr 1 ton de corteza. El mismo contenido de saponina se podría lograr con menos de un árbol de aproximadamente 2 tons de peso si se utiliza toda su fitomasa.

### 3.2.5 Mercado y exportaciones

Debido a la multiplicidad de usos de la saponina, desde muy antiguo se ha despertado el interés de otros países, especialmente europeos, por la adquisición de este producto. Es así como grandes cultivos de quillay existen hoy en Alemania, India y en el sur de California (GOREUX, 1981)

El producto principal que se exporta lo constituye la corteza, con un promedio en los últimos años de 700 ton/año y a un valor de US\$ 750/ton. Sin embargo, cabe destacar que las técnicas actuales de explotación sin un control adecuado, han ido produciendo una disminución progresiva de la especie, especialmente en la zona norte de su área de distribución (Valparaíso al norte).

El resto de los componentes del árbol (ramas, hojas y madera), también contienen saponina aunque en menor proporción, pero hay que considerar que gran parte de la fitomasa se encuentra en ellos. Esto apunta hacia lo

mencionado en párrafos anteriores respecto del uso total de la fitomasa del árbol para este propósito. ISRAEL (1983), propone que la comercialización podría efectuarse a través de la corteza, con todas sus normas especificadas, y el resto del árbol como aserrín. El precio de este último producto, quedaría establecido en función del contenido de saponina que se obtenga en el análisis de laboratorio (tal como se hace en la compra de minerales).

Sin perjuicio de lo anterior, sería interesante estudiar el mercado de la saponina pura, de tal modo de determinar la factibilidad de obtener este tipo de producto con las normas de pureza exigidas, y así aumentar el valor agregado de dicho producto. En la actualidad se exporta saponina pura pero en cantidades bajas, tal como se aprecia en el cuadro N°7.

CUADRO N°7. EXPORTACIONES DE CORTEZA Y SAPONINA DE QUILLAY

Año	Corteza		Saponina	
	Tons	US\$FOB	Tons	US\$FOB
1980	448	431394	---	---
1981	625	637163	1.3	54988
1982	711	804591	5.1	62573
1983	959	1010041	5.7	98600
1984	692	633514	8.0	140160
1985	639	518767	3.5	64680
1986	640	472766	3.0	61319
1987	439	320050	3.3	64154

Fuente : CONAF-INFOR. Exportaciones forestales chilenas.

En el cuadro anterior se aprecia claramente la

diferencia entre los precios de ambos productos. En los últimos años, la saponina alcanzó valores de aproximadamente US\$ 20000 /ton, lo cual comparado con US\$ 750 /ton de corteza, es obvio que este último es considerablemente más bajo que el primero.

A pesar de todo, las exportaciones de corteza presentan una tendencia prácticamente estacionaria a través de los años.

### 3.3 Género *Eucalyptus*

#### 3.3.1 Antecedentes generales del género.

Como es sabido, el género *Eucalyptus* pertenece a la familia Myrtaceae, ampliamente distribuida en el mundo. Los eucaliptos son originarios principalmente de Australia y están adquiriendo cada vez mayor importancia económica. Esto lo confirma la existencia de alrededor de 4 millones de hectáreas plantadas en más de 90 países (MUÑOZ, 1986). El éxito del género a nivel mundial se debe a la gran plasticidad que posee, lo que ha posibilitado su desarrollo en una gran variedad de ambientes, tales como desiertos hasta climas templados fríos.

Los eucaliptos están representados por aproximadamente 600 especies y subespecies, dentro de las cuales pueden encontrarse diversas formas y tamaños. Este hecho se encuentra íntimamente ligado con la distribución geográfica de dichas especies, debido a las claras diferencias edafoclimáticas existentes dentro de su amplia zona de distribución (LEIVA, 1980).

En las últimas décadas, gran cantidad de especies de eucalipto han sido propagadas a gran escala en diferentes países tales como Estados Unidos (California), Brasil, Argentina, España, Portugal y varios países africanos. Dentro de este contexto, Chile introdujo este género a comienzos de

siglo a través de E. globulus. En la actualidad se ha despertado el interés por otras especies de eucalipto para distintas finalidades dependiendo de los objetivos deseados.

### 3.3.2 Distribución geográfica

En el cuadro N°8 se detallan algunos antecedentes acerca de la distribución geográfica y condiciones ambientales de las especies contempladas en este estudio, en su lugar de origen.

CUADRO N°8. DISTRIBUCION NATURAL Y CARACTERISTICAS AMBIENTALES DE LAS ESPECIES ESTUDIADAS.

ESPECIE	LATITUD (LS)	PRECIPITACIONES (mm)		TEMPERATURAS	
		ANUAL	EST. SECA (mes)	T max	T min
E. globulus	38,5°-43,5°	1000	hasta 3	18-23	4
E. camaldul.	15,5°-38,0°	260	4-8 rigurosa	29-35	11-20
E. goneocal.	35,5°-43,5°	650	4 no rigurosa	18-22	10
E. radiata	33,0°-41,0°	950	4 no rigurosa	23	0-5
E. polybrac.	34,0°-36,5°	450	8 rigurosa	30	3
E. leucoxyl.	32,5°-38,2°	650	5 no rigurosa	27-32	3
E. dumosa	30,0°-32,0°	450	3 no rigurosa	18-25	10-15

Fuente : JACOBS, 1991 ; LEIVA, 1980.

### 3.3.3 Antecedentes de Crecimiento y Fitomasa

#### 3.3.3.1 Crecimiento

Los eucaliptos deben su predominancia en Australia a su habilidad de sobrevivir a catástrofes naturales tales como incendios, los cuales se presentan frecuentemente. Esta capacidad se explica porque la mayoría de las especies han desarrollado un órgano subterráneo denominado lignotubérculo.

Este órgano se desarrolla a temprana edad en la plántula, con el objeto de almacenar reservas alimenticias. Especialmente los mallées (arbustivos), se caracterizan por poseer un lignotubérculo muy grande, lo cual les permite vivir hasta 200 años y más (JACOBS, 1981).

Otro aspecto que aumenta las posibilidades de sobrevivencia es aquel relacionado con la producción de semillas. La mayoría de las especies del género tienen semillas muy pequeñas con poco material de reserva y de baja fertilidad, pero las producen en grandes cantidades para suplir el déficit anterior y asegurar buena regeneración.

Los hábitos de crecimiento más importantes corresponden a los brotes indefinidos y a las yemas desnudas, ambas características que permiten un crecimiento muy rápido y continuo de los brotes, mientras persistan las condiciones favorables para su desarrollo.

En tales condiciones, los eucaliptos presentan incrementos espectaculares. Esto está demostrado por E.regnans y E.grandis, los cuales pueden crecer a partir de una pequeña plántula hasta árboles de 10 m o más, en un período de dos años (JACOBS, 1981). Lo propio se puede observar con E.globulus en algunos sectores de Chile.

En general los eucaliptos presentan una gran velocidad de crecimiento, lo cual los hace muy atractivos

desde el punto de vista comercial. HERNANDEZ (1985) reporta una productividad de 10 a 50 m<sup>3</sup>/ha/año para E.globulus, entre la V y X Región del país, dependiendo del sitio.

A su vez, en la Zona Mediterránea Central de Chile, se han observado incrementos superiores a 50 m<sup>3</sup>/ha/año para E.delegatensis, estimándose incluso rendimientos de hasta 77 m<sup>3</sup>/ha/año en algunos sectores, lo cual duplicaría el crecimiento de E.globulus sp. globulus en la misma zona (INFOR, 1986).

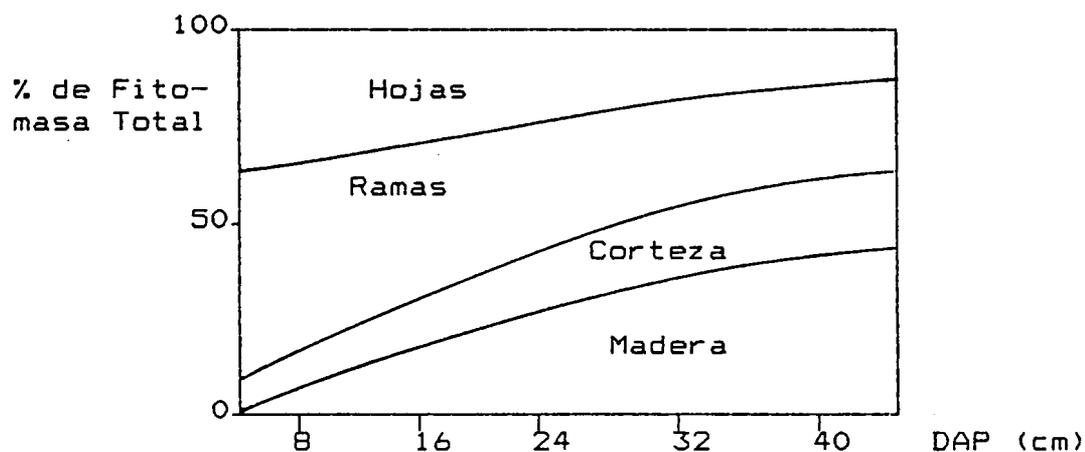
Por otra parte, según estudios realizados por POOLE (1986) en N.Zelanda con E.regnans, el incremento medio en diámetro de una plantación de 4 años de edad fué de 4,13 cm, durante el período comprendido entre los 4 y 7 años. Esto implica un incremento promedio en diámetro de 1,4 cm/año.

### 3.3.3.2 Fitomasa

Con respecto a la fitomasa, existe gran interés por este recurso debido a la amplia gama de usos que posee. Se han realizado numerosos estudios al respecto, principalmente para la estimación del material seco disponible por hectárea para su utilización como fuente de energía. Es así como en Israel se han obtenido muy buenos resultados al respecto con E.camaldulensis para suplir el déficit energético de ese país.

En general, la fitomasa de los distintos componentes del árbol sigue una tendencia similar en distintas especies, tal como se puede observar en la figura N°2. En dicha figura, se aprecia que en los primeros años de la planta, las hojas y ramas poseen las mayores proporciones de la fitomasa total. Lo contrario ocurre en edades mayores.

FIGURA N°2. DISTRIBUCION DE LA FITOMASA POR COMPONENTE SEGUN DIAMETRO DE LOS EJEMPLARES.



Fuente : ZOHAR y KARSCHON, 1983. E.camaldulensis

Resultados similares fueron obtenidos por RIBALTA (1983) en Tallares (Monte bajo) de E.globulus.

En un estudio realizado en N.Zelanda (FREDERICK et al., 1986), se midió un incremento en fitomasa aérea de 30 tons/ha/año, en una plantación de E.nitens de 5 años de edad.

Con respecto a plantaciones de alta densidad, en Chile se realizó un estudio de fitomasa y producción de

aceite esencial, donde se consideraron 7 especies del género Eucalyptus. Estas presentaron un notable aumento en peso verde al cabo del segundo año de efectuada la plantación, (Cuadro N°9) lo cual confirmaría que la edad de la rotación para este tipo de plantaciones puede ser de 2 años. Sin embargo, no hay que olvidar que la lignificación del tallo y ramas disminuyen el rendimiento en aceite y aumenta la dificultad de cosecha, además del tamaño de dichas plantas.

CUADRO N°9. FITOMASA DE PLANTACIONES DE ALTA DENSIDAD (10000 ind/ha), DE 1 Y 2 AÑOS DE EDAD.

ESPECIE	PESO VERDE (Kg/ha)		
	1 Año	1 Año (retoños)	2 Años
E. globulus sp.glob.	3922	6511	24578
E. smithii	2286	1630	9118
E. leucoxilon	1740	1330	4407
E. polybractea	733	1930	3166
E. sideroxylon	581	830	1722
E. dives	446	714	983
E. radiata	511	127	451

Fuente : SANCHEZ y WRANN, 1988.

Por otra parte se destaca el vigor de retoñación de E.globulus, el cual duplica su producción al segundo año (retoñación), sin embargo la producción acumulada para la misma especie al cabo del segundo año, supera la suma de las dos primeras columnas (ver Cuadro).

Las funciones utilizadas para la estimación de la fitomasa correspondieron al Modelo Lineal y Alométrico,

dependiendo de la especie y de la edad de los individuos. En todos los casos se utilizó el Índice de Crecimiento ( $D^2H$ ) como variable dependiente.

Modelos : Lineal                    \_\_\_\_\_     $Y = a + b(D^2H)$

Alométrico                    \_\_\_\_\_     $Y = a * (D^2H)^b$

donde : D = diámetro basal  
H = altura total

Este tipo de modelos ha sido utilizado por muchos otros autores en estudios similares, debido a que presentan los mejores resultados respecto de la estimación del peso verde y seco tanto para el total de la planta, como para sus componentes (DONALD, 1980 ; SCHÖNAU, 1982 ; ZOHAR, 1984; SANCHEZ y WRANN, 1988).

#### 3.3.4 Aceite esencial de Eucalyptus

Este aspecto está muy ligado con el punto anterior debido a que los rendimientos se expresan en función del peso verde o seco del material a utilizar, según sea el caso.

El aceite esencial de eucalipto es muy variable en composición química, dependiendo de la especie analizada. Incluso se han observado diferencias intraespecíficas, pero dichas variaciones son más bien cuantitativas que cualitativas tal como ocurre en E.dives (HELLYER, 1968).

Básicamente existen tres tipos de aceite de

eucalipto, separados según el componente que se presenta en mayor proporción, de lo cual también depende el uso que se le dé. En el Cuadro N°10 se presentan los tres tipos de aceite de eucalipto con sus especies asociadas, y el uso a que son sometidos.

CUADRO N°10. ESPECIES DE ACEITE COMERCIAL DE EUCALIPTO.

ESPECIE	CONSTITUYENTE	CONCENTRACION	REND.
MEDICINAL	CINEOL	%	%
E.polybractea	Cineol	80 - 90	2.0
E.radiata	"	70 - 75	3.0
E dives var."C"	"	70 - 75	3.5
E.sideroxylon	"	70 - 75	2.0
E.leucoxylon	"	70 - 75	2.0
E.elaeophora	"	70 - 75	2.0
E.goniocalyx	"	55 - 64	1.0
E.viridis	"	70 - 80	1.5
E.smithii	"	70 - 80	2.0
E.cneorifolia	"	70	2.0
E.globulus	"	60 - 70	1.0
E.dumosa	"	60 - 70	1.0
E.oleosa	"	50	1.0
INDUSTRIAL	FELANDRENO		
E dives var."A"	Piperitona	40 - 50	3.5
	Felandreno	20 - 30	
E.elata	Piperitona	40 - 50	2.5
E.radiata var."B"	Felandreno	35 - 40	3.5
	Cineol	20 - 50	
PERFUMERIA			
E.citriodora	Citronelal	80 - 85	1.0
E.macarthurii	Geranil acetato	60 - 70	0.2
	Eudesmol	15 - 50	

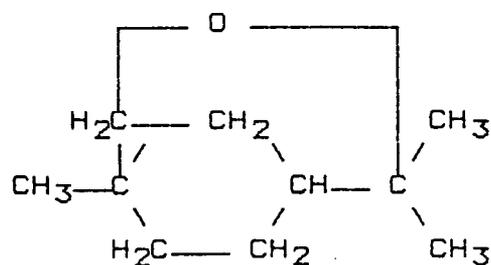
Fuente : SMALL, 1981 ; GUENTHER, 1965.

A nivel mundial, la especie más utilizada para la extracción de aceite es el E.globulus sp. globulus, cuya esencia presenta un alto contenido de cineol, que varía entre 60 y 80 % (ROBBINS, 1983). Sin embargo existen otras especies que presentan mayores rendimientos tanto en aceite, como en cineol (Cuadro N°10). Dentro de éstas se destaca E.polybractea (E.fruticetorum), la cual corresponde a una especie de hábito arbustivo (mallée) que ha dado muy buenos resultados en España (GARCIA, 1982).

Es importante mencionar que la esencia bruta de E.globulus en muchos casos no supera la concentración mínima requerida por la farmacopea extranjera para su exportación, y por ende es necesaria su rectificación para aumentar su concentración. Esto no ocurre con E.polybractea, lo cual beneficiaría a los productores primarios.

Las especies contempladas en este trabajo representan a un grupo de aquellas cuyas esencias son del tipo medicinal, es decir, son ricos en cineol.

El cineol es un compuesto perteneciente al grupo de los monoterpenos, cuya fórmula estructural es la siguiente :



Fórmula : C<sub>10</sub> H<sub>18</sub> O  
 P.molec.: 154.24  
 Pto.eb. : 176.4 °C  
 Pto.fus.: -1 °C  
 [ ] mín. : 70 %

1,8 óxido de p-mentano  
 (Cineol)

El aceite purificado es incoloro o levemente amarillento, su olor es característico y algunas veces es alcanforado y picante.

Desde el punto de vista cualitativo, el aceite de E.globulus obtenido en nuestro país no presenta una clara relación entre la composición, el hábitat y edad de las hojas empleadas para la extracción. Su compuesto principal es el  $\alpha$ -cineol, con una concentración que varía entre 55 y 65 %, dependiendo de la procedencia, época del año y edad de la hoja (ALVARES, 1985).

Según SANCHEZ y WRANN (1988) las plantaciones de alta densidad son factibles de realizar, destacándose E.polybractea, con una concentración muy superior al resto de las especies consideradas, sin embargo el rendimiento observado es sorpresivamente bajo comparado con lo que indica la literatura (Cuadro N°11).

CUADRO N°11. RENDIMIENTO EN ACEITE Y CONCENTRACION DE CINEOL EN PLANTACIONES DE ALTA DENSIDAD, DE 1 AÑO DE EDAD.

ESPECIE	RENDIMIENTO	[ ] DE CINEOL
E.globulus sp.globulus	0.83	57.1
E.smithii	1.50	78.2
E.leucoxylon	1.58	78.6
E.polybractea	0.87	89.7
E.sideroxylon	1.17	71.9
E.dives	2.92	8.1
E.radiata	2.58	52.3

Fuente : SANCHEZ y WRANN, 1988.

### 3.3.5 Mercado y exportaciones

Como se ha dicho anteriormente, la farmacopea extranjera exige una concentración mínima de 70 % de cineol en el aceite. Los rangos de comercialización de aceite de eucalipto son de 70-75 %, 80-85 % y 99 % ; obviamente el precio es proporcional a dichas concentraciones. Dado lo anterior, la demanda del aceite nacional de E.globulus sin rectificar es nula internacionalmente.

El mercado internacional está compuesto básicamente por Francia, Estados Unidos, Alemania Federal y Australia, con 650, 350, 300 y 150 tons respectivamente (ALVARES, 1985). El principal abastecedor de estos mercados es China, con aproximadamente el 50 % de aceites ricos en cineol, el cual proviene principalmente del alcanfor (Cinnamomum camphora).

El mercado nacional es aproximadamente de 15 tons/año con una concentración de 70-75 %, y una producción total de 20 ton/año en promedio.

Actualmente la oferta mundial de aceite de eucalipto supera las 2000 tons/año, siendo China la principal fuente de aceites ricos en cineol con una exportación promedio de 1000 tons/año (50 %). Portugal y España le siguen en importancia con 400 y 150 tons/año respectivamente. Brasil por su parte exporta 150 tons/año en promedio de aceite, a partir de E.globulus. Luego vienen Sudáfrica y Zwazilandia

con 200 y 100 ton/año a partir de E.smithii cultivado exclusivamente para este fin. El aceite de estos últimos es de regular calidad, por lo cual es comprado por Australia, rectificado y luego reexportado.

Chile por su parte exporta su aceite principalmente a Europa, el cual presenta una demanda creciente tal como se observa en el Cuadro N°12.

CUADRO N°12. EXPORTACION NACIONAL DE ACEITE DE E.globulus.

Año	TONS	US\$FOB
1983	1	5923
1984	6	39070
1985	20.6	144635
1986	38.5	257995

Fuente : CONAF-INFOR. Exportaciones forestales chilenas.

Actualmente se prevé que la demanda aumentará lenta pero sostenidamente. Es por esto que el consumo mundial se ha mantenido constante en el último tiempo, e incluso se ha observado un leve aumento (ALVARES, 1985).

Finalmente, con respecto al precio del aceite, en el mercado nacional se transa a US\$ 4 /kg con una concentración de 60 % (crudo). Este valor aumentaría proporcionalmente con el aumento en la concentración del producto (SANCHEZ y WRANN, 1988).

#### IV. MATERIAL Y METODO

##### 4.1 Material

El estudio fué realizado en el Centro Experimental Dr. Justo Pastor León, Predio Pantanillos, de propiedad de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad de Chile.

Dicho Predio está ubicado en la Comuna de Constitución, Provincia de Talca (VII Región), a 25 Km. al Este de la Ciudad de Constitución (35° 27' LS).

Específicamente, el presente trabajo fué desarrollado en un Ensayo de Fitomasa y Metabolitos de Interés Comercial, establecido en 1986. Tal ensayo está constituido por pequeñas parcelas o "Granjas de Fitomasa", cuya densidad de plantación corresponde a 10000 ind/ha o bien con un espaciamento de 1 x 1 m.

En el Cuadro N°15 se detallan las especies consideradas en este estudio y en el Mapa N°1 se puede observar la ubicación del ensayo, el cual corresponde a un croquis parcial del Predio. La información incluida dentro del Mapa es complementada a continuación, donde se caracteriza el área tanto desde el punto de vista climático y meteorológico, como edáfico.

#### 4.1.1 Características climáticas y meteorológicas del sector.

La ubicación geográfica del Predio está inserta dentro de la Zona Mediterránea Central, cuyo clima según Koeppen, se define como Templado-cálido con 4 a 6 meses secos.

De acuerdo con la clasificación de Unidades Edafoclimáticas, dicho sector estaría inserto dentro de la Unidad N°13 (Unidad Constitución), la cual presenta como característica una temperatura media anual de 14°C y precipitaciones que bordean los 950 mm anuales.

Con respecto a las condiciones meteorológicas en que se desarrolló este trabajo, se consideraron los antecedentes proporcionados por la Estación Meteorológica de San Pedro (Bosques de Chile S.A.) ubicada a aproximadamente 4 Km. del área de ensayo. Los datos utilizados corresponden a los del período comprendido entre los meses de Agosto de 1987 y Julio de 1988 (Cuadro N°13).

CUADRO N° 13. DATOS METEOROLOGICOS DE LA ESTACION SAN PEDRO.  
TEMPORADA 87/88.

MES	Pp (mm)	TEMPERATURAS			HR (%)	Indice Martonne	Tipo Mes
		$\bar{T}$ max	$\bar{T}$ min	$\bar{T}$ med			
AGO 87	300.1	12.85	5.68	7.79	79.40	202.43	húmedo
SEP 87	154.4	14.82	5.56	8.61	77.97	99.30	húmedo
OCT 87	103.6	16.93	3.22	10.94	79.13	59.37	húmedo
NOV 87	--	20.41	9.72	15.37	72.39	---	----
DIC 87	0.2	22.72	9.97	13.29	61.38	0.10	árido
ENE 88	5.5	22.59	10.85	15.70	58.57	2.57	árido
FEB 88	4.4	23.84	11.40	16.45	64.95	2.00	árido
MAR 88	22.6	21.25	10.59	14.48	73.59	11.08	semiári.
ABR 88	22.6	18.29	8.36	11.70	74.73	12.50	semiári.
MAY 88	57.7	14.57	5.47	8.48	84.26	37.47	húmedo
JUN 88	248.1	12.03	5.84	7.80	90.49	167.26	húmedo
JUL 88	412.7	10.98	3.26	6.13	89.25	307.03	húmedo

Fuente : Bosques de Chile S.A. Fundo San Pedro.

#### 4.1.2 Características edáficas del área

El Predio Pantanillos se ubica en la zona cuyos suelos pertenecen al gran Grupo de Transición de Pardos no cálcicos a lateritas pardo rojizas (PRADO, 1986).

El Tipo o Fase de suelo, corresponde a la denominada Constitución, caracterizada por la presencia de una topografía de lomajes y cerros formados por micaesquistos altamente intemperizados. Son suelos derivados de rocas metamórficas con predominio de micas y cuarzos (REYES, 1988).

Las condiciones edáficas del área de ensayo corresponden a un suelo inmaduro, fuertemente erosionado, constituyendo una Clase VII de Capacidad de Uso (CELHAY, 1988).

La textura predominante en dicho suelo es la franca a franco-arenosa en el primer horizonte, y franco-arcillosa en profundidad. En general la infiltración es buena debido a la textura superficial (cuadro N°14).

La disponibilidad de agua aumenta en profundidad (mayor proporción de arcillas) y tanto la disponibilidad de materia orgánica como la fertilidad del suelo disminuyen en la medida que se desciende dentro del perfil.

En el cuadro N°14 se presentan los antecedentes obtenidos de un análisis físico-químico realizado en el suelo de dicho sector.

CUADRO N°14. ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO.

HZTE N°	PROFUND (cm)	TEXTURA	ESTRUCTURA	NUTRIENTES				M.O. (%)	Dap gr/cc	pH
				N	P	K	B			
1	0 - 8	Fco-are	bloq.finos	24	9	53	1.5	4.3	1.10	5.5
2	9 -20	Franca	bloq.medio	12	3	29	1.2	2.2	1.25	5.4
3	21 -42	Fco-arc	bloq.suban	10	1	15	1.1	0.9	1.35	5.2
4	43 -80	Fco-arc	bloq.suban	10	1	12	1.0	0.5	1.30	5.1

Fuente : CELHAY, 1988.

Al realizar un análisis de la disponibilidad de nutrientes, se desprende lo siguiente:

NITROGENO (N): baja en todos los horizontes (<25 ppm).

FOSFORO (P): media en el primer horizonte (7-15 ppm) y baja en el resto del perfil (<7 ppm).

POTASIO	(K):	adecuada en el primer horizonte (>50 ppm) y baja en profundidad (<50 ppm).
BORO	(B):	adecuada en todos los horizontes si se considera un mínimo aceptable de 0.5 ppm.
C I C	:	bajo el rango normal, siendo este último 15-35 me/100 g.
pH	:	moderadamente ácido en todo el perfil (5.1-6.5).

#### 4.2 Método

Los inventarios de fitomasa tienen como objetivo, entre otros, cuantificar el monto de materia seca, verde o el volumen disponible en un área o cultivo determinado (KUUSELA y NYSSONEN, 1981). Esta evaluación puede ser realizada utilizando básicamente dos técnicas :

- Método directo : consiste en la cosecha y medición del total de la planta (muestreo destructivo).
- Método indirecto : se basa en el uso de fracciones del total del vegetal (sub-muestreo de componentes, conteo de brotes, etc.).

La elección del método a utilizar depende de los objetivos del trabajo, de la exactitud deseada y del tipo de material con que se desea trabajar. Es así como para este caso particular, por tratarse de plantaciones jóvenes

(individuos relativamente pequeños) convino utilizar el método directo, debido a que proporciona una mayor exactitud y confiabilidad en la posterior estimación de las respectivas funciones de fitomasa.

Dicho muestreo fué realizado con periodicidad mensual, comenzando en el mes de Agosto de 1987 y finalizando en Julio de 1988 (Cuadro N°15). Este consistió en la extracción total de la parte aérea de los ejemplares, previa medición de sus respectivos diámetros de cuello (D) y alturas totales (H).

CUADRO N°15. TIPO DE MATERIAL Y FECHA DE RECOLECCION POR ESPECIE.

MESES	ESPECIES										
	MUESTREO FITOMASA				MUESTREO DE HOJAS						
	Pbo	Qsa	Egl	Eca	Era	Ego	Epo	HNEg	HNPb	Edu	Ele
AGO87	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SEP87	X	X	X	X							
OCT87	X	X	X	X							
NOV87	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
DIC87	X	X	X	X							
ENE88	X	X	X	X							
FEB88	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
MAR88	X	X	X	X							
ABR88	X	X	X	X							
MAY88	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
JUN88	X	X	X	X							
JUL88	X	X	X	X							

Pbo = P.boldus

Qsa = Q.saponaria

Egl = E.globulus

Eca = E.camaldulensis

Era = E.radiata

Ego = E.goniocalyx

Epo = E.polybractea

HNEg = Hojas Nuevas E.globulus

HNPb = Hojas Nuevas P.boldus

Edu = E.dumosa

Ele = E.leucoxylon

Tal como se puede apreciar en el cuadro anterior, P.boldus, Q.saponaria, E.globulus y E.camaldulensis fueron muestreados todos los meses, estableciéndose funciones de fitomasa para cada una de estas especies además del análisis químico respectivo. El resto de las especies y las hojas nuevas de E.globulus y P.boldus, se muestrearon en los meses indicados, cosechando sólo sus hojas para la realización del análisis químico. Para estas últimas, no se realizó el muestreo destructivo por motivos de escasez tanto del tamaño como del número de ejemplares.

#### 4.2.1 Labores realizadas en terreno

El muestreo destructivo consistió en la extracción de 10 individuos por especie (P.boldus, Q.saponaria, E.globulus y E.camaldulensis) cada mes. El procedimiento de terreno fué el mismo para cada una de tales especies y consistió en lo siguiente :

- Medición del diámetro de cuello (D) y altura total (H) de cada uno de los ejemplares.
- Determinación del peso verde para el total y cada uno de los componentes de la planta (hojas, ramas y tallo para el caso de los eucaliptos; y hojas y tallo para boldo y quillay debido a la subjetividad involucrada en la separación de ramas y tallo propiamente tales).

- Para cada individuo, se separó 1/3 del peso verde de cada componente para posteriormente determinar el contenido de humedad (CH%) y por ende el peso seco (Ps) total respectivo .

Los 2/3 restantes de cada componente de todos los individuos se mezclaron entre sí para la obtención de una muestra compuesta, la cual se utilizó para la realización del análisis químico correspondiente. Cabe destacar que estas últimas no se llevaron al horno secador para evitar eventuales deterioros de las muestras, que traigan como consecuencia errores en las estimaciones posteriores (volatilización de algún compuesto).

- Empaquetado y etiquetado adecuado para evitar confusiones en el traslado de las muestras.

- En los meses correspondientes (Cuadro N°15), se obtuvieron las muestras de hojas del resto de las especies en cuestión.

#### **4.2.2 Metodología utilizada en laboratorio**

##### **4.2.2.1 Determinación del contenido de humedad y peso seco**

Las muestras destinadas a este fin fueron llevadas mensualmente al horno secador, hasta peso constante (peso anhidro). De esta forma se obtuvo el contenido de humedad de

los componentes y del total de cada individuo y especie considerada. Para tal efecto, se utilizó la siguiente relación :

$$CH (\%) = \left[ \frac{P_v - P_s}{P_s} \right] * 100$$

Una vez determinados los respectivos contenidos de humedad se obtuvo, por simple despeje, el peso seco asociado a cada una de las muestras :

$$P_s = \left[ \frac{P_v}{CH(\%) + 100} \right] * 100$$

#### 4.2.2.2 Obtención de las funciones de fitomasa por componente y total

Una vez culminado el trabajo de terreno y obtenidos los pesos secos respectivos, se procedió a ingresar los datos al computador para probar distintos modelos de regresión y determinar aquel que más se adecúe a las condiciones de muestreo. Para tal efecto, los datos fueron procesados utilizando el Software denominado STATGRAPHICS vers. 2.1.

Los modelos probados correspondieron a aquellos cuya forma general se describe a continuación :

- Multiplicativo (Alométrico)

$$Y = b_0 * X^b_1$$

- Lineal Simple

$$Y = b_0 + b_1 * X$$

- Lineal Multiple

$$Y = b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + \dots + b_n * X_n$$

donde :

Y = Peso seco (variable dependiente)

X<sub>i</sub> = variables independientes

b<sub>i</sub> = constantes del modelo

Tales funciones fueron seleccionadas a priori, por ser aquellas que mejores resultados han proporcionado en estudios de fitomasa. Además, cabe destacar su simplicidad en relación a los requerimientos a que están sujetos.

Todos los modelos fueron probados para cada una de las especies, utilizando distintas combinaciones de variables independientes de acuerdo a los resultados obtenidos al utilizar el método de selección paso a paso (Stepwise variable selection).

La selección de las funciones se realizó comparando

Los valores del Coeficiente de Determinación ( $r^2$ ), Error Cuadrático Medio (ECM) y las distribuciones de los residuos de cada modelo. Dentro de estos tres indicadores de sesgo, el ECM es el más importante debido a que contempla errores tanto aleatorios como sistemáticos, y por ende se constituye en uno de los mejores indicadores de la exactitud de los modelos.

#### 4.2.2.3 Análisis químico de las muestras

Para este efecto, se utilizaron las muestras de hojas obtenidas mensualmente. La metodología empleada depende de la especie en cuestión (tipo de compuesto a analizar) tal como se define a continuación.

##### a) Boldo (boldina)

Para cuantificar la concentración de boldina se utilizó la técnica propuesta por Hughes y Genest en 1968. Consiste en los siguientes pasos:

- Moler el material a utilizar (hojas o tallo)
- Separar 10 g de esta molienda e introducirla dentro de un tubo de decantación.
- Agregar 100 ml de ácido tartárico al 3 %.
- Agregar 40 ml de carbonato de sodio al 10 % para alcalinizar la solución y batir energicamente.

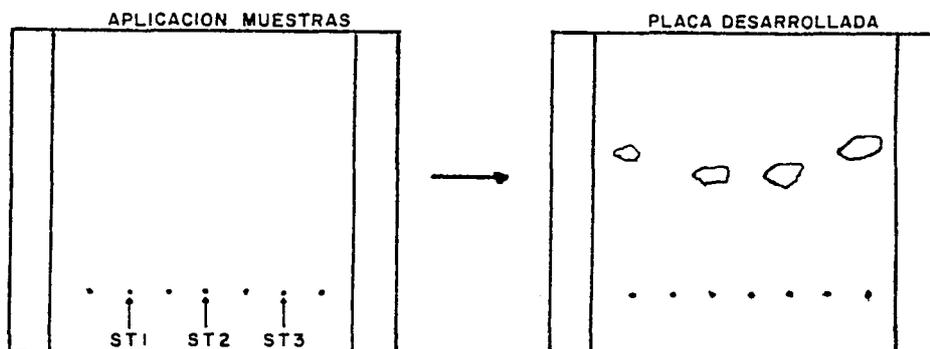
- Finalmente se realizan 3 lavados de 50 ml cada uno con cloroformo.

Del modo anterior se obtiene una solución verde oscuro (hojas) y verde amarillento (tallo), la cual debe ser concentrada, evaporando el exceso de cloroformo, hasta obtener una solución final de 5 ml.

Una vez obtenido el extracto de la muestra, se procedió a realizar la cuantificación de la boldina utilizando la técnica de Cromatografía en Placa Fina (TLC). Este tipo de cromatografía consiste en utilizar como material adsorbente, una fina capa de sólido (0.25 mm de espesor) sobre un soporte inerte (vidrio). En este caso particular se utilizó Silica gel-G, adquirida en Laboratorios Merk.

Luego de confeccionada la placa deseada, se procedió a realizar la cromatografía propiamente tal, aplicando tanto las muestras como el estándar en forma de gotas, procurando que todas sean del mismo tamaño y cantidad de solución (FIGURA N°3 ).

FIGURA N°3 . DISTRIBUCION DE LAS MUESTRAS Y ESTANDARES SOBRE LA PLACA DE SILICA GEL-G.



Los estándares se prepararon con distintas concentraciones para poder realizar una adecuada comparación con las muestras, tratando de abarcar el rango de fluctuación de la boldina dentro de cada componente.

En seguida, luego de aplicadas las gotas sobre la placa, ésta debe ser desarrollada depositándola verticalmente sobre el solvente, en este caso Cloroformo - Metanol en proporciones de 85% - 15% respectivamente. El proceso de desarrollo dura aproximadamente 1 hora, es decir hasta que el solvente haya ascendido unos 15 cm sobre la placa.

Finalmente la placa es revelada con el objetivo de destacar la boldina respecto de los demás compuestos. Para esto se debió aplicar un reactivo (acetato de sodio al 10 % y una solución de 2,6-Dibromo-p-benzoquinona-4-clorinina al 1% en alcohol puro) en forma de neblina sobre la placa desarrollada.

b) Quillay (saponina)

Para cuantificar la saponina se utilizó el método propuesto por Campos en 1970, el cual consiste en lo siguiente :

- Moler la muestra y separar 10 g de molienda.
- Realizar una extracción alcohólica en Soxhlet con 250 ml de etanol durante 24 horas.
- Al día siguiente se evapora el extracto alcohólico obtenido, a sequedad.
- El residuo se disuelve en agua destilada y se filtra.
- A la solución resultante, agregar 0.5 g de óxido de calcio (CaO) por cada 100 ml de solución y filtrar (este proceso debe repetirse 4 veces para hojas y 3 para tallo).
- Una vez realizados los filtrados con CaO, debe eliminarse el exceso de calcio sometiendo la solución a una corriente de CO<sub>2</sub>.
- Finalmente la solución es filtrada y llevada a sequedad a baja temperatura, para obtener un residuo amarillo claro que corresponde a la saponina.

La concentración de saponina se obtiene en forma

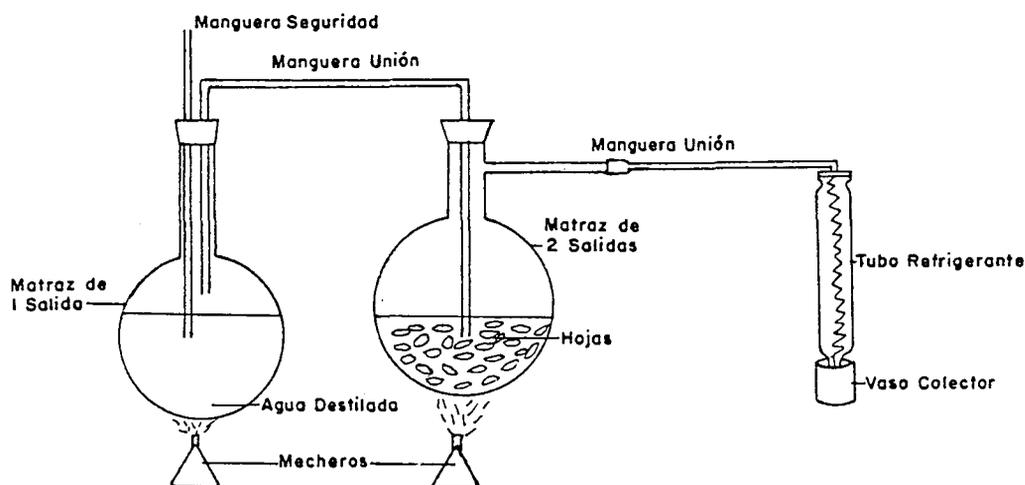
simple, a través de la relación entre el peso del material inicial (10 g) y el peso del residuo obtenido después del proceso descrito anteriormente.

c) Eucaliptos (cineol)

En este caso particular, el proceso al que fueron sometidas las muestras consta de dos etapas.

En primer lugar se realizó la extracción del aceite esencial, para lo cual se utilizó la técnica de destilación por arrastre de vapor. Para ésto se usaron hojas picadas que fueron procesadas durante un período de 2 horas por muestra. En la Figura N°4 se aprecia el dispositivo utilizado en la destilación del aceite.

FIGURA N°4 . DISPOSITIVO UTILIZADO EN LA DESTILACION DE ACEITE DE EUCALIPTO.



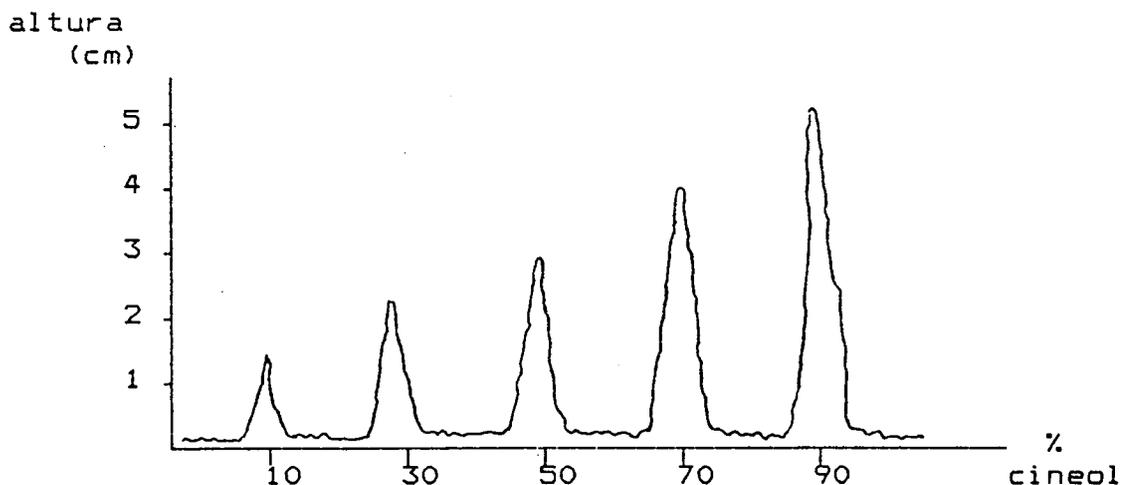
En la etapa anterior se obtuvieron los rendimientos de aceite para cada muestra y período de cosecha en base al peso seco (al aire) del material utilizado (porcentaje con

base peso seco).

La segunda etapa correspondió al análisis del aceite para la determinación de la concentración de cineol dentro de éste, para lo cual se utilizó la técnica de Cromatografía a gas. Dicha técnica fué desarrollada en el Departamento de Química de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Inicialmente se debe obtener una curva de calibración de cineol. Esta se obtiene inyectando al cromatógrafo, gotas de soluciones con concentraciones conocidas preparadas a partir de cineol puro. Dependiendo de las concentraciones utilizadas se obtienen áreas asociadas a ellas tal como se aprecia en la Figura N°5.

FIGURA N°5 . CURVA DE CALIBRACION DE CINEOL EN CROMATOGRAFIA A GAS.



El área se calculó de acuerdo a la siguiente relación :

$$A_i = \frac{b_i * h_i}{2}$$

donde :  $A_i$  = área bajo la curva i

$b_i$  = base del triángulo de concentración i

$h_i$  = altura del triángulo de concentración i

Luego de obtenidas las áreas para las distintas concentraciones, se inyectaron las muestras al cromatógrafo y por comparación de áreas se obtuvieron las concentraciones desconocidas y deseadas.

## V. RESULTADOS

De acuerdo a la metodología empleada, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales son presentados en forma ordenada por especie analizada.

### 5.1 Boldo

#### 5.1.1 Fitomasa

En forma consecuente con lo descrito en la metodología, las variables independientes seleccionadas en general para cada función fueron el índice de crecimiento ( $D^2H$ ) y la altura total ( $H$ ), como aquellas que mejor describen el comportamiento de la variable dependiente (Peso Seco). A su vez, de los modelos probados, fué seleccionado el Lineal Múltiple de acuerdo a los criterios preestablecidos. Sin embargo es importante destacar que en dicho modelo no se tomó en cuenta el coeficiente de posición ( $b_0$ ), con lo cual el ajuste mejoró notablemente.

En definitiva, las funciones obtenidas son presentadas a continuación tanto para los componentes como para el total de la planta.

Cabe destacar que el peso seco en todos los casos se expresa en gramos, el DAP en centímetros y la altura total en metros.

a) HOJAS (boldo)

$$PSh = 7.585546 * H + 38.226008 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.934 \quad s = 0.928325$$

b) TALLO (boldo)

$$PSt = 1.943226 * H + 31.331081 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.917 \quad s = 0.8386$$

c) TOTAL (boldo)

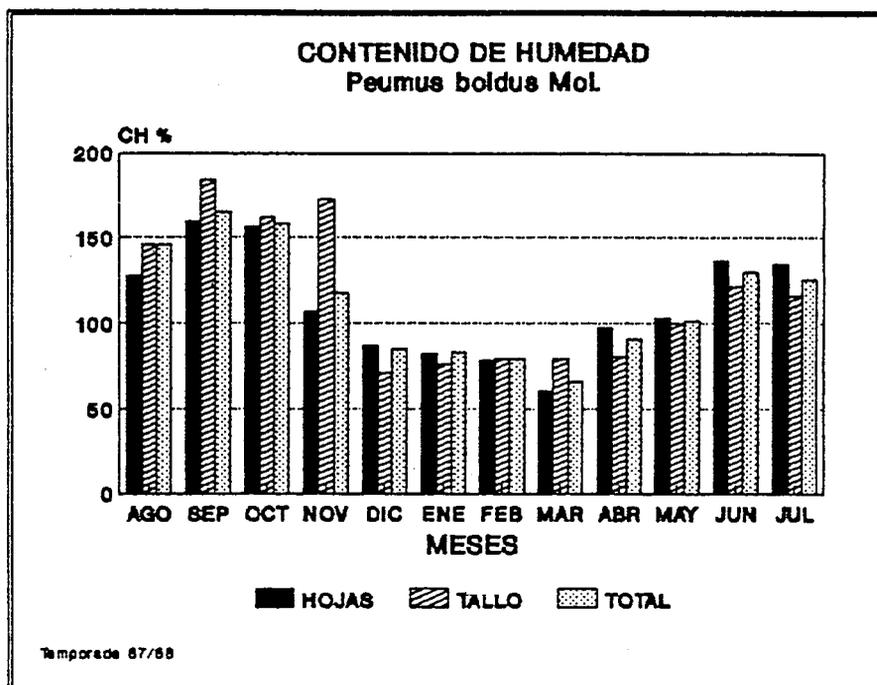
$$PStot = 9.516291 * H + 69.600873 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.944 \quad s = 1.327603$$

### 5.1.2 Contenido de Humedad en Boldo

Como consecuencia de la toma de datos para determinar las funciones de fitomasa, se obtuvieron los resultados de la variación del contenido de humedad a través del año para esta especie, los cuales se aprecian en el Cuadro N° 16.

CUADRO N° 16. VARIACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN BOLDO.



### 5.1.3 Variación mensual de la concentración de boldina

Para este efecto, se analizaron las hojas y tallo (con corteza) de las muestras obtenidas mensualmente durante el período de permanencia del ensayo, de lo cual se obtuvo el siguiente cuadro (Cuadro N° 17).

CUADRO N° 17 . VARIACION ESTACIONAL DE LA CONCENTRACION DE BOLDINA (%).

MES	COMPONENTE			
	PANTANILLOS		ANTUMAPU	
	HOJAS	TALLO	H.NUEVAS	H.VIEJAS
AGO 87	0.03	0.07	—	—
SEP 87	0.01	0.04	—	—
OCT 87	0.05	0.08	—	0.01
NOV 87	0.07	0.07	—	0.01
DIC 87	0.06	0.05	—	0.02
ENE 88	0.03	0.09	0.02	0.02
FEB 88	0.03	0.03	0.02	0.02
MAR 88	0.05	0.06	0.02	0.01
ABR 88	0.02	0.08	—	0.01
MAY 88	0.03	0.03	0.01	0.01
JUN 88	0.04	0.04	—	—
JUL 88	0.05	0.07	—	—
PROM	0.04	0.06	0.017	0.015

## 5.2 Quillay

### 5.2.1 Fitomasa

Para esta especie, también se seleccionó el Modelo Lineal Múltiple en todos los casos, sin embargo las variables independientes variaron para el tallo pues además del índice de crecimiento ( $D^2H$ ) y la altura total ( $H$ ), se seleccionó la variable  $D^2$  (diámetro al cuadrado). Los resultados al respecto son los siguientes :

#### a) HOJAS (quillay)

$$PSh = 22.276884 * H + 8.518713 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.942 \quad s = 4.326464$$

#### b) TALLO (quillay)

$$PSt = 15.824758 * H - 6.79738 * (D^2) + 25.29136 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.944 \quad s = 3.597189$$

#### c) TOTAL (quillay)

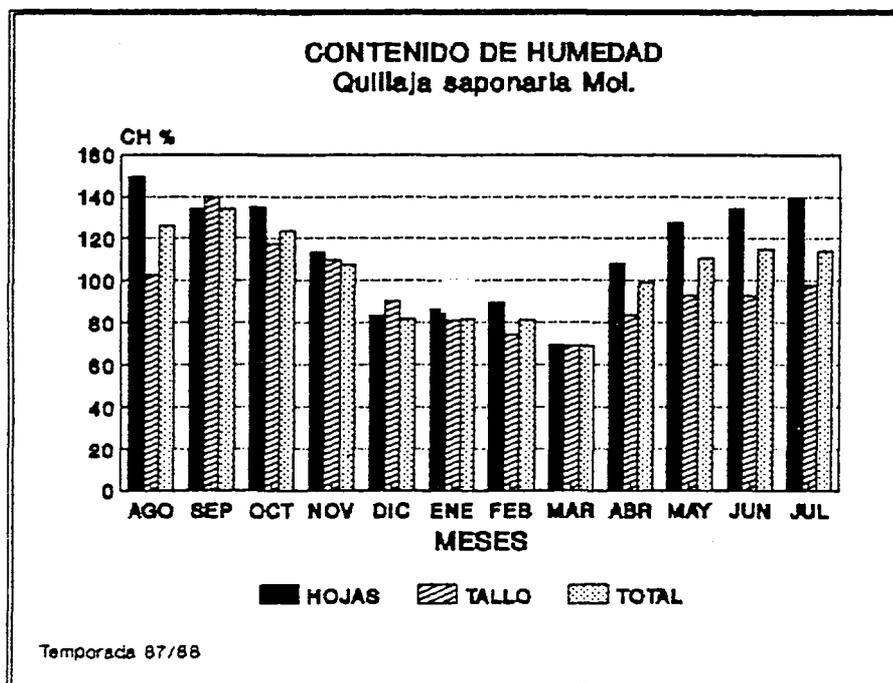
$$PStot = 36.366713 * H + 21.317326 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.9454 \quad s = 7.624394$$

### 5.2.2 Contenido de Humedad de Quillay

En el Cuadro N° 18 se muestra la variación del contenido de humedad de esta especie a través del año.

C U N° 18. VARIACION ESTACIONAL DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE QUILLAY.



### 5.2.3 Variación mensual de la concentración de Saponina en Quillay.

La concentración de saponina y su variación estacional, se puede visualizar tanto para hojas como para tallo en el Cuadro N° 19.

CUADRO N° 19. CONCENTRACION DE SAPONINA EN QUILLAY (%).

MES	COMPONENTES	
	HOJAS	TALLO
AGO 87	3.20	9.40
SEP 87	4.04	10.47
OCT 87	3.92	12.70
NOV 87	4.58	9.30
DIC 87	4.70	14.20
ENE 88	5.90	18.60
FEB 88	4.60	15.66
MAR 88	4.61	10.30
ABR 88	4.36	8.40
MAY 88	4.17	8.52
JUN 88	3.84	7.10
JUL 88	3.50	5.65
PROM	4.28	10.86

### 5.3 Eucaliptos

Con respecto a este género, se analizaron dos especies tanto desde el punto de la fitomasa como del rendimiento de aceite y concentración de cineol (análisis químico). Las cinco especies restantes sólo fueron analizadas químicamente.

Es así como dentro de este capítulo, se presentan resultados de fitomasa de E.globulus y E.camaldulensis, y su respectivo cuadro de variación de contenido de humedad; y con respecto al análisis químico, se presentan cuadros que consideran al total de las especies de eucalipto analizadas.

#### 5.3.1 Fitomasa Eucaliptos

En cuanto a la fitomasa, tanto para E.globulus como para E.camaldulensis, se seleccionó el Modelo Lineal Múltiple, el cual resultó ser el más adecuado de acuerdo a los objetivos planteados y a los criterios de selección.

##### 5.3.1.1 E. globulus

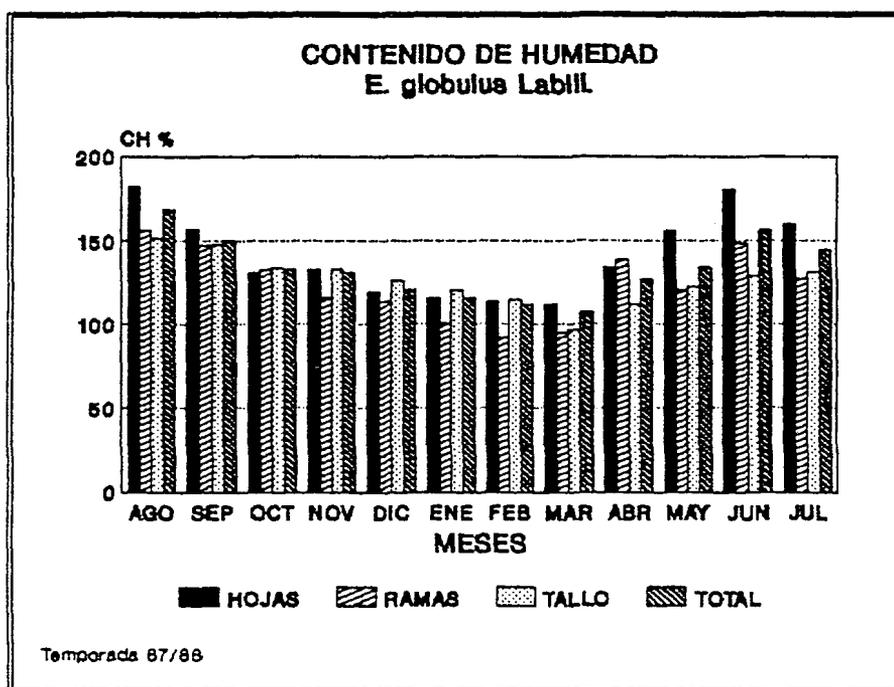
Las variables independientes seleccionadas para esta especie correspondieron, en todos los casos, al índice de crecimiento ( $D^2H$ ), el diámetro al cuadrado ( $D^2$ ) y la altura total ( $H$ ); excepto para las ramas, donde según el

### 5.3.2 Contenido de Humedad en Eucaliptos

#### 5.3.2.1 E.globulus

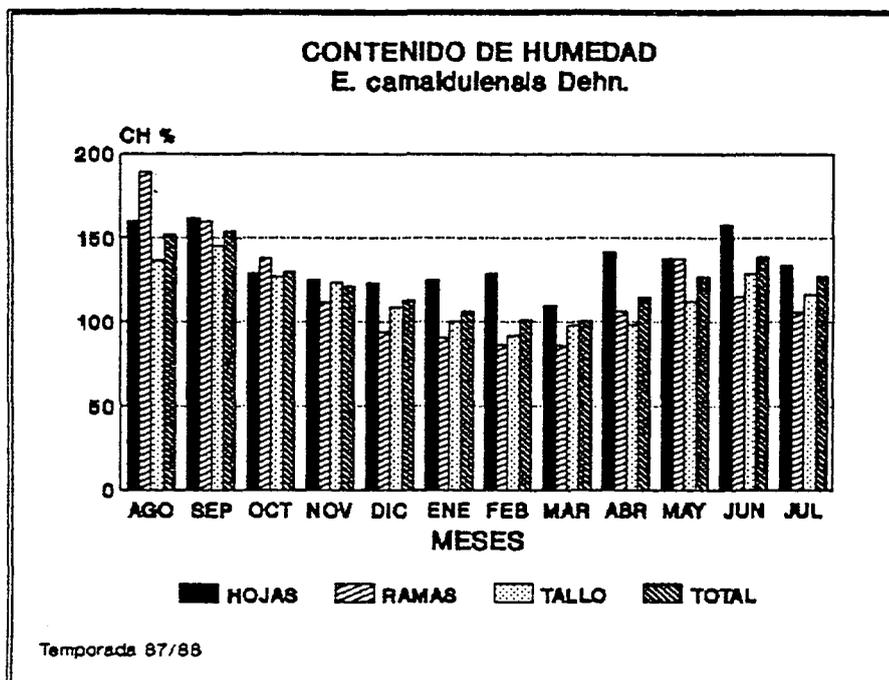
En el Cuadro N° 20 se observa la variación mensual del contenido de humedad en los componentes y total de dicha especie a través del año.

CUADRO N° 20. CONTENIDO DE HUMEDAD EN E.globulus.



## 5.3.2.2 E. camaldulensis

CUADRO N° 21. CONTENIDO DE HUMEDAD E. camaldulensis.



## 5.3.3 Aceites esenciales

Tal como fué expresado anteriormente, el aceite esencial de eucalipto fué cuantificado en base a dos

critérios, los cuales fueron el rendimiento del crudo y la concentración de cineol dentro del mismo.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis químico realizado, para todas las especies en cuestión.

### 5.3.3.1 Rendimiento de aceite crudo

CUADRO Nº 22. RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

MES	E S P E C I E S (%)							
	E.glo	HNEg	E.cam	E.rad	E.gon	E.pol	E.dum	E.leuc
AGO87	1.01	0.66	----	1.65	1.48	1.76	0.96	0.78
SEP87	1.06		0.94					
OCT87	1.41		0.22					
NOV87	1.63	2.57	----	3.19	1.38	1.98		
DIC87	1.70		0.82					
ENE88	1.71		0.25					
FEB88	0.86	2.66	0.33	2.50	1.30	2.12	1.72	1.46
MAR88	0.88		----					
ABR88	0.78		----					
MAY88	0.68	1.31	0.10	1.30	1.59	0.88		
JUN88	0.71		0.12					
JUL88	0.42		----					
PROM	1.07	1.8	0.40	2.16	1.44	1.68	1.34	1.12

### 5.3.3.2 Concentración de cineol

La concentración de cineol para cada una de las especies descritas anteriormente, fué obtenida a través de un análisis cromatográfico realizado en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile, donde se obtuvieron

los resultados que se muestran a continuación (Cuadro N° 23).

CUADRO N° 23. CONCENTRACION DE CINEOL POR ESPECIE (%).

MES	E S P E C I E S							
	E.glo	HNEg	E.cam	E.rad	E.gon	E.pol	E.dum	E.leu
AGO	63.08	71.61	----	77.27	69.27	88.93	68.30	73.63
SEP	67.63		49.10					
OCT	69.61		48.82					
NOV	67.14	69.82	----	93.06	72.54	85.14		
DIC	71.55		57.65					
ENE	70.03		53.93					
FEB	68.46	70.71	53.70	86.37	74.76	89.30	77.20	79.38
MAR	70.63		----					
ABR	71.61		----					
MAY	78.02	75.27	53.27	85.76	68.64	88.93		
JUN	66.33		57.30					
JUL	76.52		----					
PROM	70.05	71.85	53.39	85.61	71.30	88.08	72.75	76.50

## VI. CONCLUSIONES

### 6.1 Fitomasa

Con respecto a la fitomasa, cabe destacar que se probaron distintos modelos de regresión, siendo el Lineal Múltiple el más adecuado de acuerdo a los datos obtenidos. Este modelo se ajustó sin tomar en cuenta el coeficiente de posición, debido a que al tomarlo el ajuste empeoró notablemente.

El modelo Alométrico también fue bueno, pero no superó al mencionado anteriormente, sin embargo es muy utilizado en este tipo de estudios y por ende debe ser considerado en la preselección. También debe tomarse en cuenta que el uso de este modelo implica un sesgo en la retransformación de las variables logarítmicas a valores aritméticos (BASKERVILLE, 1972). Lo anterior ocurre al resolver la ecuación a través del método de mínimos cuadrados, sin embargo esto puede evitarse al utilizar el método de aproximaciones sucesivas (iteraciones) en la obtención de los coeficientes de regresión.

Con respecto a las variables independientes seleccionadas a través del método Stepwise (paso a paso), el Índice de crecimiento ( $D^2H$ ) fué seleccionado prácticamente en todos los casos, lo cual indica que dicha variable está muy

### 5.3 Eucaliptos

Con respecto a este género, se analizaron dos especies tanto desde el punto de la fitomasa como del rendimiento de aceite y concentración de cineol (análisis químico). Las cinco especies restantes sólo fueron analizadas químicamente.

Es así como dentro de este capítulo, se presentan resultados de fitomasa de E.globulus y E.camaldulensis, y su respectivo cuadro de variación de contenido de humedad; y con respecto al análisis químico, se presentan cuadros que consideran al total de las especies de eucalipto analizadas.

#### 5.3.1 Fitomasa Eucaliptos

En cuanto a la fitomasa, tanto para E.globulus como para E.camaldulensis, se seleccionó el Modelo Lineal Múltiple, el cual resultó ser el más adecuado de acuerdo a los objetivos planteados y a los criterios de selección.

##### 5.3.1.1 E. globulus

Las variables independientes seleccionadas para esta especie correspondieron, en todos los casos, al índice de crecimiento ( $D^2H$ ), el diámetro al cuadrado ( $D^2$ ) y la altura total ( $H$ ); excepto para las ramas, donde según el

método de selección de variables (stepwise), fue elegido solamente el Índice de crecimiento como variable independiente.

A continuación se detallan las funciones correspondientes a cada componente.

a) HOJAS (E.globulus)

$$PS_h = 0.465874 * H - 15.184531 * D^2 + 0.185773 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.93665 \quad s = 24.470977$$

b) RAMAS (E.globulus)

$$PS_r = 0.043648 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.8923 \quad s = 4.943954$$

c) TALLO (E.globulus)

$$PS_t = 0.194919 * H - 12.209971 * D^2 + 0.169385 * (D^2 H)$$

$$r^2 = 0.96738 \quad s = 12.095125$$

d) TOTAL (E.globulus)

$$P_{\text{tot}} = 0.652232 * H - 24.663999 * D^2 + 0.379959 * (D^2 * H)$$

$$r^2 = 0.95361$$

$$s = 39.897706$$

### 5.3.1.2 E. camaldulensis

Esta especie mostró un comportamiento diferente en cuanto a la combinación de variables utilizada en cada función.

#### a) HOJAS (E.camaldulensis)

$$PSh = 16.0496 * D^2$$

$$r^2 = 0.94899 \quad s = 16.779124$$

#### b) RAMAS (E.camaldulensis)

$$PSr = 9.210255 * D^2 - 6.40301 * D$$

$$r^2 = 0.95178 \quad s = 6.796512$$

#### c) TALLO (E.camaldulensis)

$$PSt = 0.068188 * H + 0.090337 * (D^2 * H)$$

$$r^2 = 0.96174 \quad s = 6.796512$$

#### d) TOTAL (E.camaldulensis)

$$PStot = 21.191646 * D^2 + 0.112212 * (D^2 * H)$$

$$r^2 = 0.96806 \quad s = 24.896084$$

relacionada con el peso. En general es muy utilizada en estudios de fitomasa.

## 6.2 Contenido de Humedad

La variación del contenido de humedad de las distintas especies es un resultado adicional obtenido por efecto del proceso de toma de datos en terreno, aunque no forma parte de los objetivos de este trabajo.

Al respecto, cabe destacar que observando los datos de los respectivos cuadros obtenidos, es posible apreciar que tanto el boldo como el quillay (ambas especies de la Zona Semiárida de Chile), presentan valores más bajos que los eucaliptos durante los meses estivales. Esto estaría confirmando el hecho de que los eucaliptos son especies más absorbentes de agua que aquellas más adaptadas, tales como las de tipo esclerófilo.

## 6.3 Metabolitos de Interés Comercial

### 6.3.1 Boldina (Boldo)

La concentración de boldina en general es baja (0.01%-0.09%), presentándose en mayor cantidad en el tallo de la planta (probablemente debido a la corteza).

La concentración en las hojas varía entre .01 y .07 %, con un promedio de .04 %. Los valores máximos se observaron en los meses de Noviembre y Diciembre (Cuadro N°17).

Con respecto al tallo, la variación fluctúa entre .03 % y .08 % (.04 % en promedio), pero no existen diferencias notorias a través del año.

### 6.3.2 Saponina (Quillay)

La saponina presenta una tendencia más marcada que la boldina pero con diferencias no muy significativas, excepto en el caso del tallo. En este último componente se producen diferencias de hasta un 10 % más en verano con respecto al invierno.

Las hojas de quillay presentan en promedio un 4.28% de concentración de saponina, con valores que fluctúan entre 3.2% (Agosto) y 5.9% (Enero). Existe un leve aumento de concentración en los meses estivales pero no escapan mucho del valor promedio (Cuadro N°19).

El tallo por su parte presenta una concentración promedio de 10.86 %, en un rango que fluctúa entre 5.65% (Julio) y 18.6% (Enero). Existe además una marcada diferencia en el período de verano, lo cual es menos evidente en las

hojas.

### 6.3.3 Cineol (Eucaliptos)

En general, el cineol en sí muestra una tendencia prácticamente estacionaria, es decir, su concentración dentro del aceite casi no varía. Las diferencias se producen en el rendimiento del aceite, es decir, en verano la planta produce más aceite que en invierno, pero la concentración de cineol se mantiene casi invariable a través del año. Dicha diferencia en la producción de aceite por parte de la planta puede deberse al aumento de su metabolismo durante el período favorable (Cuadro N°22).

De las especies analizadas, E.radiata y E.polybractea (ambos del tipo mallée), fueron aquellos que presentaron los mayores rendimientos en aceite (2.16% y 1.68% respectivamente). Lo mismo ocurrió con la concentración de cineol (85.62% y 88.08% respectivamente).

También cabe considerar que las hojas nuevas de E.globulus (HNEg) muestran un aumento en el rendimiento de aceite en los meses de verano, es decir cuando alcanzan su tamaño adulto.

Por otra parte, es importante mencionar que E.camaldulensis es una especie que no presenta perspectivas

desde el punto de vista de producción de aceite, en concordancia con otros autores (ROBBINS, 1983).

Con respecto a E.globulus, el rendimiento en aceite aumenta notablemente en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, alcanzando un valor máximo de 1.71 %. Por su parte, la concentración de cineol presenta una tendencia variable a través del año.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. ALVARES, R. 1985. Estudio de prefactibilidad técnico-económica para la obtención de aceite de eucalipto en la VIII Región del Bío-bío. Tesis Ing. Civil Qco. Concepción. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería. 233 p.
2. CAMPOS, R. 1970. Nueva revisión sobre la composición química y extracción de la saponina de la corteza de quillay (Quillaja saponaria Mol.). Tesis Qco. Farm. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. 33 p.
3. CELHAY, J.A. 1988. Análisis comparativo de establecimiento de tres tipos de plantas de E.globulus Labill. Constitución, VII Región. 103 p.
4. DONALD, D. 1980. The production of cineole from Eucalyptus: A preliminary report. South African Forestry Journal N°114 : 64-67.
5. ESPOSITO, S y ROJAS, A. 1986. Obtención de boldina por extracción acuosa de corteza de boldo. Tesis Ing. Civil Qco. Santiago. Universidad de Santiago de Chile, Facultad de Ingeniería. 91 p.

6. FREDERICK, D.J. et al. 1986. Seasonal development of a young plantation of Eucalyptus nitens. New Zealand Journal of Forestry Science 16(1): 78-86.
7. GALLARDO, S y GASTO, J. 1987. Estado y Planeamiento hipotético del cambio de estado del ecosistema de Quillaja saponaria Mol. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía. 248 p.
8. GARCIA, M. 1982. Las esencias de la farmacopea española, IX edición : I. Esencia de eucalipto (Eucalypti Aetheroleum). La hoja de eucalipto. Madrid. Anales del Instituto Nacional de Investigación Agraria. Serie Forestal N°6 : 131-137.
9. \_\_\_\_\_ . 1982. Eucaliptos arbustivos (Mallés) para la destilación de esencias : I, Eucalyptus fruticetorum F. Muell., en España. Madrid, INIA, Departamento de Celulosa e Industrias de Extracción N°6 : 139-160.
10. GOREUX, A. 1981. Alocación de recursos en dos especies del matorral chileno. Tesis Cs. Biol. Santiago Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas. 110 p.

11. GUENTHER, E. 1965. The Essential Oils. Princeton, Van Nostrand, Vol IV. 1948-52.
12. HELLYER, R. 1979. Chemical variation within Eucalyptus dives. Phytochemistry 8 (1979): 1513-1514.
13. HERNANDEZ, M. y MORALES, J. 1985. Evaluación de la productividad de Eucalyptus spp. bajo diferentes condiciones de sitio VI a IX Regiones. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 131 p.
14. HERRERA, A. 1987. Anatomía de la madera de Quillaja saponaria Mol. Análisis en un transecto altitudinal. Tesis Cs. Biol. Santiago. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Ciencias Biológicas. 26 p.
15. HOFFMANN, A. 1981. Seasonal growth rhythms in Peumus boldus Mol., a dioecious tree of the Chilean Mediterranean Vegetation. Aecología Plantarum 2(16): 31-39.
16. \_\_\_\_\_ . 1982. Flora Silvestre de Chile. Zona Austral. Santiago. Ediciones Fundación Claudio Gay. 258 p.

17. HUGHES, D.W. and GENEST, K. 1968. Natural products in canadian pharmaceuticals. I Alkaloids. Method of identification. II Peumus boldus. Canadian Journal of Pharmaceutical Sciences 3(4): 77-90.
18. ISRAEL, M. 1983. Voz de alerta sobre el Quillay. Revista del Campo. 17-9-83. El Mercurio. Santiago, Chile.
19. JACOBS, M.R. 1981. El Eucalipto en la Repoblación Forestal. Roma, Italia. Colección FAO: Montes N°11. 723 p.
20. KANNEGIESSER, U. 1987. Evaluación de la biomasa y boldina en boldo (Peumus boldus Mol.), VII Región. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 97 p.
21. LEIVA, L. 1980. Analogía edafoclimática de los tipos forestales australianos, para su introducción en Chile. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 112 p.
22. MUÑOZ, A. 1986. Manual para la producción de plantas de eucalipto en macetas. Documento de Trabajo N°2. CONAF/FAO/PNUD. Santiago, Chile. 36 p.

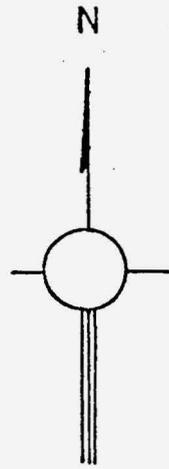
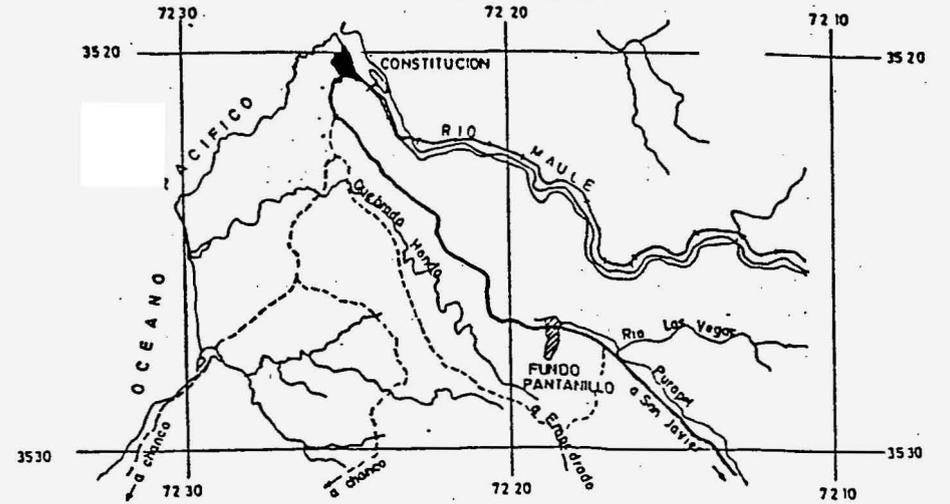
23. NAVAS, M.E. 1976. Flora de la Cuenca de Santiago de Chile. II Dicotyledoneae Archichlamydae. Editorial Andrés Bello. Santiago, Chile. 559 p.
24. PERCIVALLE, M y VARGAS, M. 1978. Análisis fitoquímico de la madera de Peumus boldus Mol. y Laurelia philippiana. Tesis Fac. Cs. Santiago. Universidad Técnica del Estado, Facultad de Ciencias. 72 p.
25. POOLE, J. 1986. Diameter growth of 4-7 year old Eucalyptus regnans. New Zeland Forestry 31(1): 23-24.
26. PRADO, J.A. 1981. Los eucaliptos en la VIII Región. Una perspectiva interesante. Santiago. CORFO-INFOR. 29 p.
27. \_\_\_\_\_, et al. 1986. Especies exóticas de interés económico para Chile. Santiago. CORFO-INFOR. p.
28. \_\_\_\_\_ y AGUIRRE, S. 1987. Funciones para la estimación de la biomasa total y de componentes de Quillay (Quillaja saponaria Mol.). Ciencia e Investigación Forestal N°1 : 41-47.
29. REYES, J. 1988. Alternativas de implementación básica en las cuencas experimentales del Predio Pantar-

- nillos, VII Región. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 122 p.
30. RIBALTA, E. 1983. Evaluación de la producción y productividad del Monte bajo de E.globulus Labill. V Región. Tesis Ing. For. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 90 p.
31. ROBBINS, R. 1983. Selected markets for the essential oils of Lemongrass, Citronella and Eucalyptus. London, England. Tropical Products Institute. 91 p.
32. RODRIGUEZ, R et al. 1983. Flora Arborea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408 p.
33. SANCHEZ, R. y WRANN, J. 1988. Adaptación, crecimiento y rendimiento de especies de Eucalyptus para la producción de aceites esenciales. En: Actas Simposio Manejo Silvícola del Género Eucalyptus. CORFO-INFOR. Santiago, Chile. 21 p.
34. SHÖNAU, A y BODEN, D. 1982. Preliminary Biomass studies in young eucalypts. South African Forestry Journal N°120 : 24-28.

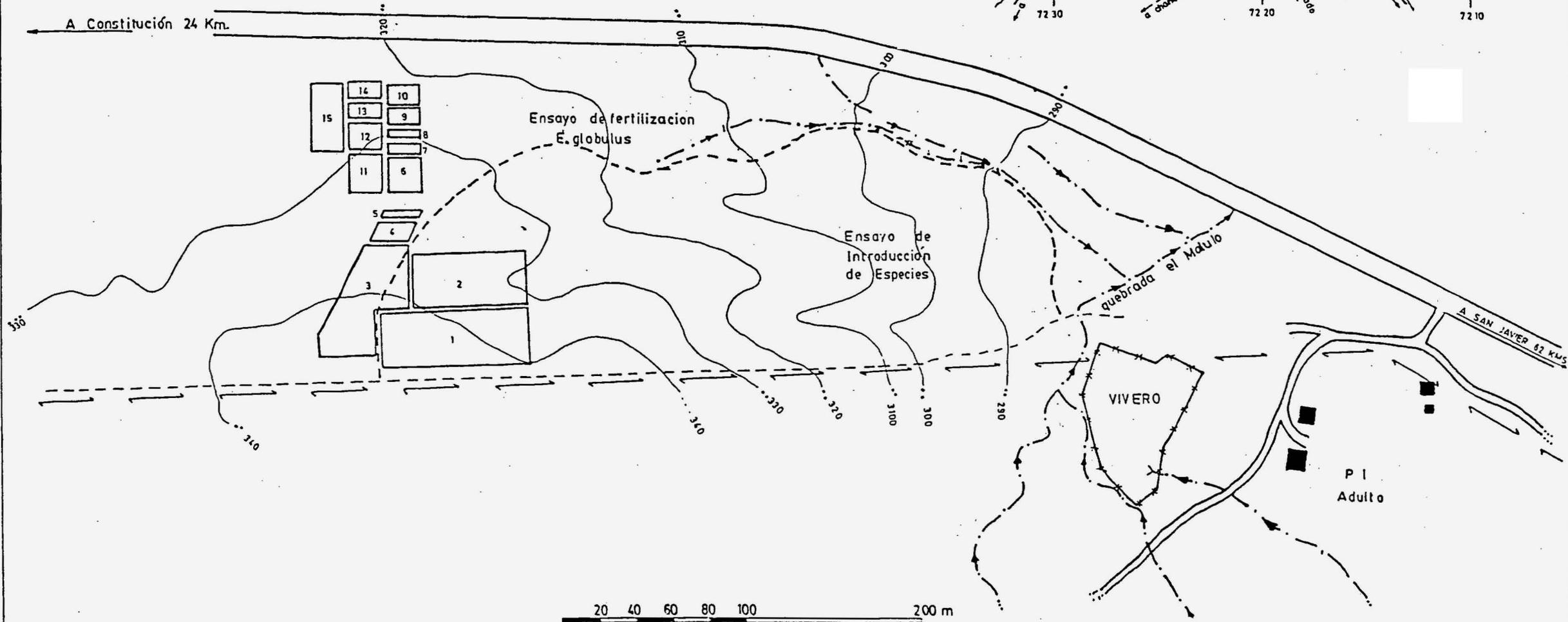
35. SMALL, B. 1981. The australian eucalyptus oil industry - an overview. Australian Forestry 44(3) : 170-177.
36. TORAL, M. y ROSENDE, R. 1986. Producción y productividad del Quillay (Quillaja saponaria Mol.). Renarrres 3(8): 19-21.
37. VALDES, P. 1980. Estudio de factibilidad técnico-económica de una planta de extracción y refinación de eucaliptol. Tesis Ing.Qco. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 126 p.
38. VITA, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (Quillaja saponaria Mol.). Boletín Técnico N°28. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. p 21-31.
39. ZOHAR, Y. y KARSCHON, R. 1984. Above-ground biomass of E.camaldulensis Dehn. in Israel. South African Forestry Journal N°128 : 26-29.

CROQUIS DE UBICACION

ESCALA 1: 250000



A Constitución 24 Km.



ESCALA 1: 2000

DESCRIPCION DE LAS GRANJAS DE ALTA DENSIDAD

Nº	ESPECIE	Superficie	Nº	ESPECIE	Superficie
1	Peumus boldus ●	2 370 m <sup>2</sup>	9	E. leucoxylo	129 m <sup>2</sup>
2	Quillaja sapanaria ●	1800 "	10	E. leucoxylo	138 "
3	Eucalyptus globulus ●	2091 "	11	E. globulus	330 "
4	E. camaldulensis ●	196 "	12	E. goniocalyx ●	120 "
5	E. nitens	45 "	13	E. goniocalyx ●	210 "
6	E. polybractea ●	300 "	14	E. dumosa ●	125 "
7	E. leucoxylo ●	87 "	15	E. spp. (variedades)	540 "
8	E. radiata var. radiata ●	52 "		● Especies analizadas	

LEYENDA

- Camino Pavimentado
- Camino Permanente
- Construcciones
- Senderos
- Cercos
- Rios y Esteros
- Línea de Alta Tension
- Entrada al Fundo

CONTIENE:

FUNDO PANTANILLOS

CENTRO EXPERIMENTAL  
Dr. JUSTO PASTOR LEON

SUPERFICIE TOTAL PREDIAL 379,7 ha.

COMUNA : CONSTITUCION  
PROVINCIA : TALCA  
REGION : DEL MAULE  
ROL Nº 443-49

CROQUIS PARCIAL  
ENSAYO DE FITOMASA Y  
ACEITES ESENCIALES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES  
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES