

# Nothofagus alpina

Potencialidad de  
Especies y Sitios para  
una Diversificación  
Silvícola Nacional

---

**MONOGRAFIA**

---

**RAULI**

# Nothofagus alpina

Raulí es una especie que alcanza hasta 40 m. de altura y 2 ó más metros de diámetro. Se desarrolla desde el sur de Curicó hasta Valdivia (VII a X Región), por la Cordillera de Los Andes, y desde el río Itata hasta el norte de Llanquihue, por la Cordillera de la Costa. Es reconocido debido a su rápido crecimiento, siendo éste de 7 m<sup>3</sup>/ha/año en rodales naturales sin manejo y de hasta 14 m<sup>3</sup>/ha/año en bosques manejados. La madera, de fácil trabajabilidad, es una de las más apreciadas del país y se usa principalmente como madera aserrada. También se emplea en la fabricación de chapas y tableros.

#### AUTORES:

Verónica Loewe M.  
Manuel Toral I.  
Guillermo Freitte M.  
María Eugenia Camelio R.  
María Alejandra Mery A.  
Claudia López L.  
Elizabeth Urquieta N.

#### CONTRAPARTE TÉCNICA CONAF:

Michael Bourke  
Armando Sanhueza

# 97

POTENCIALIDAD DE ESPECIES  
Y SITIOS PARA UNA DIVERSIFICACIÓN  
SILVÍCOLA NACIONAL

---

Monografía de  
**RAULÍ**  
*Nothofagus alpina*



Registro de propiedad intelectual N° 99123  
Santiago de Chile, 1997

**Autor: INFOR - CONAF**

*Equipo de trabajo:*

VERÓNICA LOEWE M.  
MANUEL TORAL I.  
GUILLERMO FREITTE M.  
M<sup>a</sup> EUGENIA CAMELIO R.  
M<sup>a</sup> ALEJANDRA MERY A.  
CLAUDIA LÓPEZ L.  
ELIZABETH URQUIETA N.

Contraparte técnica CONAF:

MICHAEL W. BOURKE  
ARMANDO SANHUEZA S.

*Financiamiento de la presente edición:*

FUNDACIÓN PARA LA INNOVACIÓN AGRARIA, F.I.A.  
Ministerio de Agricultura. Chile.

CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL, CONAF  
Ministerio de Agricultura. Chile.

INSTITUTO FORESTAL, INFOR  
Corporación de Fomento a la Producción. Chile.

*Esta publicación se terminó de imprimir en Noviembre de 1998.*

*Tuvo a cargo la producción gráfica: Neuenschwander & Cruz F: 220 4791*

*Fue impreso por: Scangrafic, San Francisco 334 F: 638 0128. Santiago. Chile*

# ÍNDICE

Prólogo	
1. ANTECEDENTES GENERALES .....	9
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL .....	9
1.2 DISTRIBUCIÓN .....	9
1.3 TIPOS FORESTALES Y ASOCIACIONES VEGETALES .....	9
1.3.1 Subtipo renoval y bosque puro secundario .....	10
1.3.2 Subtipo remanentes originales .....	10
1.3.3 Subtipo bosques degradados .....	12
1.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS .....	13
1.5 ASPECTOS GENÉTICOS .....	14
2. REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS .....	17
2.1 SUELOS .....	17
2.2 CLIMA .....	18
2.3 ALTITUD .....	18
2.4 EXPOSICIÓN .....	19
3. PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	21
3.1 FUNGOSAS .....	21
3.1.1 Enfermedades foliares .....	21
3.1.2 Enfermedades que atacan ramas y tronco .....	21
3.2 ENTOMOLÓGICAS .....	22
4. SILVICULTURA Y MANEJO .....	25
4.1 PROPAGACIÓN DE RAULÍ .....	25
4.1.1 Regeneración natural .....	25
4.1.2 Producción de semillas .....	25
4.1.3 Producción de plantas .....	29
4.1.3.1 Viverización .....	29
4.1.3.2 Propagación vegetativa .....	32
4.1.3.3 Micropropagación .....	32
4.1.3.4 Injertación .....	33
4.2 ESTABLECIMIENTO .....	33
4.2.1 Preparación del terreno .....	33
4.2.2 Plantación .....	33
4.2.3 Densidad de plantación .....	34
4.2.4 Fertilización .....	34
4.2.5 Control de malezas .....	34
4.3 MANEJO .....	35
4.3.1 Crecimiento .....	35

4.3.2	Tratamientos silviculturales .....	42
4.3.2.1	Rodales en estado de explotación .....	42
4.3.2.2	Rodales en estado de monte bravo o brinjal .....	43
4.3.2.3	Rodales en estado de latizal o fustal, que aún no estén en edad de explotación .....	43
4.3.2.4	Monte medio o monte bajo .....	43
4.3.3	Manejo de renovales .....	44
4.3.4	Podas .....	44
4.3.5	Raleos .....	44
5.	PRODUCCIÓN .....	49
5.1	CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LA MADERA .....	49
5.2	CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA MADERA .....	49
5.3	SECADO .....	52
5.4	PRODUCCIÓN NACIONAL .....	52
5.5	APROVECHAMIENTO .....	53
5.6	PRECIOS .....	55
6.	EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	57
6.1	ANTECEDENTES .....	57
6.1.1	Crecimiento esperado .....	57
6.1.2	Rotación .....	58
6.2	MARCO DE EVALUACIÓN .....	58
6.3	ANTECEDENTES BÁSICOS .....	60
6.3.1	Indicadores económicos .....	60
6.3.2	Valor de la jornada de trabajo .....	60
6.4	COSTOS DIRECTOS .....	60
6.4.1	Costos de establecimiento .....	60
6.4.2	Costos de manejo .....	61
6.4.3	Costos de cosecha .....	61
6.4.4	Costos de administración .....	61
6.4.5	Costos de mantención .....	61
6.4.6	Costos de protección forestal .....	61
6.5	VALOR DE LOS PRODUCTOS .....	62
6.6	ESQUEMAS DE MANEJO SEGÚN EL TIPO DE ESCENARIO .....	62
6.7	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA .....	68
7.	OBTENCIÓN DE ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE RAULÍ, REGIONES VII-X .....	71
7.1	INTRODUCCIÓN .....	71

7.2	RESUMEN DE LAS ÁREAS REGIONALES POTENCIALES PARA RAULÍ .....	71
7.3	METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE RAULÍ, VII- X REGIONES .....	72
7.3.1	Zona de estudio .....	72
7.3.2	Información general utilizada .....	72
7.3.3	Requerimientos ecológicos de <i>Nothofagus alpina</i> .....	73
7.3.3.1	Temperatura media .....	73
7.3.3.2	Humedad relativa octubre-mayo .....	73
7.3.3.3	Período libre de heladas .....	73
7.3.3.4	Precipitación anual .....	73
7.3.3.5	Meses secos .....	74
7.3.3.6	Textura del suelo .....	74
7.3.3.7	Profundidad del suelo .....	75
7.3.3.8	Drenaje del suelo .....	75
7.3.3.9	Reacción del suelo .....	75
7.3.3.10	Altitud .....	76
7.4	ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE RAULÍ, VII-X REGIONES .....	76
7.4.1	Área potencial para Raulí en la VII Región del Maule .....	76
7.4.2	Área potencial para Raulí en la VIII Región del Bío-Bío .....	76
7.4.3	Área potencial para Raulí en la IX Región de La Araucanía .....	76
7.4.4	Área potencial para Raulí en X Región de Los Lagos .....	77
	COMUNICACIONES PERSONALES .....	79
	Bibliografía .....	81
	Anexos .....	91
	ANEXO I : DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE CRECIMIENTO	
	ANEXO II : TABLA RESUMEN DE CRECIMIENTO SEGÚN AUTOR Y LOCALIDADES	
	ANEXO III : CUADRO RESUMEN PARA RAULÍ	
	ANEXO IV : RESUMEN DE COSTOS	
	ANEXO V : INGRESOS POR PRODUCTO	
	ANEXO VI : ILUSTRACIONES DE LAS ÁREAS POTENCIALES REGIONALES	

# PRÓLOGO

---

En el año 1995, el sector forestal supera, por primera vez, los dos mil millones de dólares como valor total de las exportaciones de productos a partir, principalmente, de las plantaciones de Pino radiata y Eucalipto. El mismo año se pone en marcha el Proyecto Catastro de la Vegetación Nativa, instrumento que materializa el anhelo nacional por conocer el estado de estos recursos. Y, también ese año, se establece la necesidad de enfrentar la diversificación de las plantaciones forestales, mediante la puesta en marcha de un Programa de Diversificación, impulsado por la Corporación Nacional Forestal.

El propósito de diversificar demuestra el grado de madurez que ha alcanzado la Nación en esta materia, al proponerse un paso de gran importancia y un nuevo impulso al dinamismo del desarrollo forestal.

Para llevar a cabo esta tarea, cuyos propósitos son ampliar la base de sustentación de la silvicultura nacional y orientar una producción de mayor valor agregado hacia nuevos mercados, fue necesario, en primer lugar reunir las bases fundamentales del conocimiento disponible. Para ello se ha elaborado el material bibliográfico que a continuación se presenta, una colección de 11 Monografías de las siguientes especies: Lengua, Roble, Raulí, Coigüe y Canelo, entre las nativas, Pino oregón, Álamo, Castaño, Aromo australiano, Eucalipto regnans y Pino piñonero entre las exóticas y una detallada cartografía, a escala 1:250.000, que ilustra el área potencial de ellas, excepto Lengua y Canelo.

Las dos instituciones estatales del sector, la Corporación Nacional Forestal y el Instituto Forestal, han unido esfuerzos durante más de dos años para llevar a cabo este objetivo, el cual se inició mediante un riguroso proceso de selección de especies a partir de más de doscientas opciones iniciales. Durante este proceso participó un grupo de prestigiados especialistas en la materia, hasta llegar a las once que serían definitivamente elegidas y objeto del estudio detallado.

El equipo de trabajo, compuesto por investigadores de INFOR dirigidos por la ingeniero forestal Verónica Loewe y, como contraparte técnica de la Corporación Nacional Forestal, los ingenieros forestales Michael Bourke y Armando Sanhueza, puso en práctica una metodología de estudio basada en la observación y análisis de los Factores Limitantes al crecimiento de las especies, logrando resultados en tres campos principales de información:

- a: **caracterización de las especies escogidas en cuanto a sus requerimientos esenciales de suelo y clima;**
- b: **definición de los sitios en los cuales pueden obtenerse buenos desarrollos;**
- c: **examen de las condicionantes económicas de estos cultivos en varios escenarios.**

Diversas instituciones y profesionales también participaron en el proceso aportando valiosa información y experiencias. Especial mención le cabe a la Compañía Agrícola y Forestal El Álamo, mediante el concurso del ingeniero forestal señor Jaime Ulloa, quien aportó valiosos antecedentes sobre el cultivo del Álamo. Así mismo Viveros Máfil, por intermedio del ingeniero forestal señor Fernando Schultz, aportó antecedentes sobre la misma especie. El ingeniero forestal señor Herbert Siebert entregó importante información sobre el cultivo del Aromo australiano. También el profesor Iván Chacón, de la Universidad de Talca, tuvo una destacada labor en la elaboración de la información económica.

A todos ellos y a otros profesionales que colaboraron entusiasta y desinteresadamente, nuestra gratitud.

**Gonzalo Paredes Veloso**  
**Director Ejecutivo**  
**Instituto Forestal**

**José Antonio Prado Donoso**  
**Director Ejecutivo**  
**Corporación Nacional Forestal**

# 1.

## ANTECEDENTES GENERALES

---

### 1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁRBOL

*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst., comúnmente llamado Raulí, Ruilí o Roblí, es un árbol monoico, de hasta 40 m de alto. Su tronco crece recto, cilíndrico, y alcanza 2 m o más de diámetro. Presenta hojas caducas, simples y alternas de margen ondulado, suavemente aserrado y nervadura muy notoria en la cara inferior. El fruto muestra 3 nueces, la central bialada, de 5 - 8 mm de largo, las laterales, trialadas (Rodríguez *et al.*, 1983). La corteza de Raulí se presenta dura, firme, agrietada longitudinalmente, es de color café claro o gris oscuro y su germinación es epígea (Hoffmann, 1982; Donoso, 1972 cit. por Tajan, 1989).

### 1.2 DISTRIBUCIÓN

En Chile crece desde el sur de la provincia de Curicó, VII Región, hasta la provincia de Valdivia, X Región (Rodríguez *et al.*, 1983). Desde el río Teno en la provincia de Curicó (35° latitud sur) hasta el sur de la provincia de Valdivia (40°30' latitud sur) por la Cordillera de los Andes; y en la Cordillera de la Costa, desde el río Itata (36° 30' latitud sur) hasta el norte de la provincia de Llanquihue (41° latitud sur) (Donoso, 1978). Esta especie es más abundante y continua en la Cordillera de los Andes que en la Cordillera de la Costa, donde crece en forma discontinua (Donoso, 1978; Weinberger, cit. por Tajan, 1989).

### 1.3 TIPOS FORESTALES Y ASOCIACIONES VEGETALES

En la parte norte de su distribución se le encuentra generalmente asociado a Roble, Olivillo, Canelo y Avellano, además de las especies arbustivas y epífitas de la zona mesofítica. En esa situación ocupa las exposiciones sur, mientras que en la parte más meridional de su distribución se le encuentra en las demás exposiciones. Entre los 300 y 800 msnm aproximadamente, se asocia a Roble y Lingüe, en la denominada formación mesófila abierta (Singer y Quintanilla, cit. por Garrido *et al.*, 1979). En altitudes mayores a los 800 msnm se presenta junto a Coigüe. Generalmente sobre los 900 msnm tiende a formar bosques puros (Quintanilla, cit. por Garrido *et al.*, 1979), aunque en su límite altitudinal, algunas veces crece asociado a Araucaria (INFOR 1966; Kunstmann, 1965).

También es posible encontrar a Raulí, como parte de la formación mixta cerrada hidrófila del Bosque Valdiviano en el que predominan Olivillo, Tapa, Tineo, Ulmo, Laurel, Canelo, Coigüe y otras. Esta situación se presenta en la parte más austral de su área de dispersión, en altitudes sobre los 500 - 600 msnm (Montaldo, Quintanilla, *cit.* por Garrido *et al.*, 1979).

En la clasificación preliminar del bosque nativo de Chile, se ubica al Raulí en el tipo forestal Roble - Raulí - Coigüe, en el cual se incluyen todos los rodales donde Roble, Raulí y Coigüe son especies dominantes. Este tipo se encuentra generalmente asociado a Tapa, Araucaria y Lingue. Individualmente, el Raulí se encuentra en las formaciones ubicadas en la precordillera junto a Roble y, en las partes más altas e interior de los valles andinos, junto a Coigüe (Yudelevich *et al.*, 1967).

Los bosques que constituyen el tipo, son por definición renovales, es decir, bosques de segundo crecimiento, constituidos por las especies más agresivas, de crecimiento más rápido y de mayor habilidad competitiva (Donoso, 1981).

### **1.3.1 Subtipo renoval y bosque puro secundario**

Los rodales que constituyen los bosques del tipo forestal Roble - Raulí - Coigüe, son por definición, de estructura coetánea. La mayor parte de los renovales tiene entre 20 y 30 años de edad (Puente *et al.*, 1979), sin embargo también se encuentran rodales originados por denudación de áreas a causa de catástrofes naturales, que tienen entre 50 y 100 años y, en ocasiones, algunos individuos remanentes aún mayores (Veblen *et al.*, en prensa, *cit.* por Donoso, 1981).

### **1.3.2 Subtipo remanentes originales**

De los bosquetes originales del llano central y faldeos bajos de ambas cordilleras, sólo quedan algunos de carácter relictual. Además de su valor cultural, científico, estético y paisajístico; estos rodales tienen valor silvicultural porque pueden constituir el punto de partida, para volver a crear un recurso que posee un alto valor económico (Donoso, 1981).

El Cuadro 1 muestra los valores dasométricos del tipo forestal Roble - Raulí - Coigüe, según lo indica el autor recién señalado.

**CUADRO 1**  
**VALORES DASOMÉTRICOS DEL TIPO ROBLE-RAULÍ-COIGÜE**

<b>LOCALIDAD (Condición)</b>	<b>ESPECIE</b>	<b>DAP o RANGO (cm)</b>	<b>N° Arb/ha PROMEDIO</b>	<b>Ab/ha (m<sup>2</sup>) PROMEDIO</b>	<b>VOL. CUB/ha (m<sup>3</sup>)</b>	<b>N° DE PLANTAS REGENERACION</b>
Bío-Bío (Andes)	Roble		32	2		600
	Raulí		113	18		10.200
	Coigüe		50	15		13.300
	<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>195</b>	<b>35</b>	<b>293</b>	<b>24.100</b>
Nahuelbuta (Costa)	Roble		64	8		650
	Raulí		124	15		5.380
	Coigüe		294	32		2.000
	<b>TOTAL</b>		<b>542</b>	<b>55</b>		<b>8.000</b>
Malleco (Costa)	Roble	22,7	45	3	459	
	Raulí	20,3	1.170	36	459	
	Otras		735	9	146	
	<b>TOTAL</b>	<b>17,7</b>	<b>1.950</b>	<b>48</b>	<b>605</b>	
Malleco (Andes)	Total Roble-Raulí	10 - 23	800 - 4.000	22 - 63		
	Roble			6		
	Raulí			26		
	Coigüe			1		
	<b>TOTAL</b>	<b>17,6</b>	<b>1.874</b>	<b>33</b>	<b>642</b>	
Cautín (Andes)	Total Roble-Raulí	6,5 - 33	460 - 8.700	15 - 46		
	Roble			2,5		
	Raulí			32,5		
	<b>TOTAL</b>	<b>15,8</b>	<b>1.361</b>	<b>35</b>	<b>319</b>	
Cautín (Voipir)	Roble		1.075			
	Raulí		225			
	<b>TOTAL</b>	<b>6 - 30</b>	<b>1.300</b>	<b>29</b>	<b>233</b>	

VALORES DASMÉTRICOS DEL TIPO ROBLE - RAULÍ - COIGÜE (viene de la página anterior)						
LOCALIDAD (Condición)	ESPECIE	DAP o RANGO (cm)	Nº Arb/ha PROMEDIO	Ab/ha (m <sup>2</sup> ) PROMEDIO	VOL. CUB/ha (m <sup>3</sup> )	Nº DE PLANTAS REGENERACIÓN
Valdivia (Andes)	Total Roble-Raulí	9 - 28	360 - 4.300	16 - 55		
	Total Roble-Raulí Coigüe	10 - 23	600 - 3.900	15 - 57		
	Raulí	10 - 60	206			9.000
	Coigüe	10 - 100	70			19.000
	TOTAL	10 - 100	276			28.000
Valdivia (Andes)	Coigüe	10 - 80	620			17.500
Osorno (Costa)	Raulí					200.000
	Coigüe					600.000
	Otras					40.000
	TOTAL	53	450			1.200.000

Fuente: Donoso (1981)

### 1.3.3 Subtipo bosques degradados

Gran parte de los rodales dentro del área del tipo Roble - Raulí - Coigüe y también dentro del área del tipo Coigüe - Raulí - Tepa, han sufrido diferentes grados de alteración, los que han sido determinados por distintos niveles de extracción de algunas de las especies componentes (*Op. cit.*).

La especie se encuentra incluida también, dentro del tipo forestal Coigüe - Raulí - Tepa. Los rodales que componen este tipo forestal se caracterizan por ser multietáneos, y presentan generalmente un estrato emergente constituido por Coigüe y a veces también por Raulí. En el estrato dominante se encuentran ejemplares de Coigüe, Raulí y algunos individuos de Tepa y Mañío. Los estratos intermedios están esencialmente constituidos por Tepa, Mañío y Trevó (Veblen *et al* en prensa, cit. por Donoso, 1981).

Raulí se encuentra, además, como especie secundaria en los siguientes tipos forestales: Roble - Hualo y Lengá (Donoso, 1981).

En el Cuadro 2 se mencionan las existencias medias de Raulí, en número de árboles por hectárea y sus variables de estado según la clase diamétrica.

CUADRO 2

EXISTENCIA PROMEDIO DE RAULÍ CON CATEGORÍA DE PENDIENTE DE 0 - 30 %

CLASE DIAMÉTRICA (cm)	N° (Arb/ha)	ÁREA BASAL POR HECTÁREA (m <sup>2</sup> )	DIÁMETRO MEDIO CUADRÁTICO (cm)	VOLUMEN BRUTO POR HECTÁREA (m <sup>3</sup> )
5 - 10	1.688	7,45	7,5	28,69
11 - 15	436	5,87	12,9	22,26
16 - 20	277	7,04	18,0	24,11
25 - 30	39	2,31	23,1	8,89
146 - 150	20	34,40	148,1	132,51
151 - 155	20	36,77	152,9	141,64
TOTALES	2.480	93,84	21,9	361,10

Fuente: Cisternas (1989)

\* Categoría de pendiente: Se hizo en función de dos consideraciones: la pendiente del terreno como uno de los factores limitantes de mayor importancia para el uso de los suelos del área estudiada; y los niveles de pendientes que consideran el reglamento N° 259 respecto a las pautas silviculturales que regulan la explotación del tipo forestal Roble-Raulf-Coigue

#### 1.4 ASPECTOS REPRODUCTIVOS

Los frutos o nueces de Raulí son secos e indehiscentes, monospermos y están contenidos en una cúpula de origen axial. En cada cúpula se encuentran 2 frutos diferentes; 1 bialado al centro, y 2 trialados, uno a cada lado del anterior (Kummerov y Labarca, 1961).

La semilla y todo el interior del pericarpio es de color blanco, ligeramente amarillento. No tiene endosperma y en el embrión, muy desarrollado, se diferencia claramente la radícula, con el ápice hacia la parte superior del fruto y los cotilédones plegados alrededor de ella. El embrión está envuelto por una cubierta muy delgada, compuesta por varias capas de células muertas y por una capa de células más interna.

Es una especie monoica que florece entre octubre y noviembre. Una vez fecundada la flor, el proceso de maduración dura entre 5 y 6 meses, por lo tanto, su maduración y caída es entre marzo y abril (Donoso y Cabello, 1978).

Las flores masculinas se presentan en racimos de 2 ó 3, con anteras erectas de 2 celdas contiguas, que se abren en sentido longitudinal. Las flores femeninas se presentan en forma solitaria dentro de un involucre de escamas imbricadas, a menudo numerosas, y se diferencian las flores centrales y laterales que darán origen a los frutos bialados y trialados respectivamente (Muñoz, 1966; Cruz, 1981). En plantaciones, las flores masculinas aparecen a principios de octubre y las femeninas a comienzos de noviembre (Clasing, 1983).

La cosecha de los frutos se realiza entre marzo y abril, según la ubicación geográfica. Es una especie de producción cíclica, ya que su fructificación es muy irregular (López *et al.*, 1986).

El número de semillas por kilogramo, varía entre 78.500 a 107.900; la pureza alcanza el 96 %  $\pm$  2 % y la capacidad germinativa en un rango de 67  $\pm$  16 %.(*Op. cit.*)

Raulí es una especie de corta latencia, por lo que basta una inmersión en agua fría por 72 a 96 horas, y eliminar las semillas que flotan (*Op. cit.*).

## 1.5 ASPECTOS GENÉTICOS

Recientemente se encontró un híbrido entre *Nothofagus obliqua* y *Nothofagus alpina* (= *procera*) en forma natural, en Chile y Argentina, el que fue descrito en vivero y laboratorio en Inglaterra (Wingston, *cit.* por Donoso, 1993). Se ubica en los renovales de Roble - Raulí (Donoso, 1979).

Ambas especies, constituían poblaciones simpátricas que presentaban áreas de contacto a lo largo de la distribución de Raulí. Como consecuencia de la explotación y posteriores incendios, o a causa del abandono de las tierras agrícolas o ganaderas, cubiertas anteriormente de bosques derivados de una de estas especies, se desarrollaron estos renovales mixtos de Roble y Raulí, que aumentaron el área de contacto de ambas especies y facilitaron la hibridación (Donoso *et al.*, *cit.* por Donoso, 1993).

Morales (1987), señala que los híbridos entre estas 2 especies, presentan características cercanas a Roble y su madera es anatómicamente diferente a la de sus padres, lo que concuerda con lo señalado por Donoso (1978), quien indica que las características de los híbridos son presumiblemente diferentes de las de sus padres. Las características químicas encontradas en la madera de los híbridos, son distintas especialmente en cuanto a: valores de pH y porcentaje de extraíbles.

La variabilidad de poblaciones e híbridos es fundamental para iniciar programas de mejoramiento genético, ya que con ello se pueden mejorar características de la madera, resistencia a enfermedades, entre otras cualidades, siendo el Roble una especie que presenta una clara variación clinal, tanto altitudinal como latitudinal (Donoso, 1978).

Los híbridos presentan características más cercanas a Roble, destacándose la gran variabilidad que presentan dichas poblaciones, pero no así Raulí (*Op. cit.*).

En mejoramiento genético de Raulí, los árboles seleccionados son propagados por semillas (huertos semilleros), con lo cual se garantiza un nivel mínimo de ganancia (20 a 30 %). Al respecto, la Cooperativa de Mejoramiento Genético y CONAF X Región, preseleccionó 58 árboles en el Huerto Semillero 38, realizando 3.595 injertos, de los cuales 776 fueron establecidos en el Huerto Semillero Huillilemu de 2,5 ha en los años 1989 - 1991. Se espera con este programa, aumentar el número de árboles seleccionados y duplicar la superficie del Huerto Semillero Huillilemu (Balocchi, 1992).

Estos antecedentes permiten concluir que Raulí y, en general el género *Nothofagus*, presenta una variabilidad genética amplia que permitirá, a mediano y largo plazo, implementar planes de mejoramiento genético para ciertas características, tales como: resistencia a enfermedades, forma, rendimiento aserrable y otras.

## 2.

# REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS

---

**En el presente capítulo se ha recopilado información sobre los requerimientos del Raulí a nivel climático y edáfico. Mayor detalle ver capítulo 7, Obtención de Zonas Potenciales para el establecimiento de Raulí (pag. 71).**

### 2.1 SUELOS

En forma general, se puede señalar que Raulí se desarrolla en la Cordillera y la Precordillera Andina, en suelos derivados de cenizas volcánicas y en la Cordillera de la Costa en suelos de origen metamórfico.

En la parte andina de su distribución norte, se presenta en trumaos de buen drenaje que ocupan la vertiente occidental (Quintanilla, cit. por Garrido *et al.*, 1979).

En la Precordillera de Linares, se ha encontrado en pequeños sectores ocupados por depositaciones de cenizas volcánicas sobre granito y conglomerados volcánicos. En la Reserva Forestal Malleco, Raulí crece sobre cenizas que recubren antiguas rocas volcánicas y sedimentarias. En la provincia de Valdivia, las cenizas recubren sustratos pumicíticos, arenas y escorias volcánicas o morrenas (Castro y Figueroa, cit. por Schmidt *et al.*, 1979).

Los suelos anteriormente descritos, se caracterizan por ser de moderadamente profundos a profundos (0,9 - 2,0 m y más), con texturas que varían de franco arenosas a franco arcillo - limosas, enriquecidos con materia orgánica, bien estructurados, al menos en la parte superior del perfil, con materiales fácilmente meteorizables, por lo que no presentan problemas de fertilidad (Garrido *et al.*, 1979).

En la Cordillera de la Costa, Raulí se presenta en suelos pardo rojizos y amarillentos desarrollados a partir de materiales metamórficos, especialmente micaesquistos. Son suelos relativamente profundos (más de 0,8 m) pero menores que los observados en la Cordillera de los Andes. Presentan texturas francas a franco - arcillosas, con gran acumulación de materia orgánica que se incorpora al suelo mineral, buen arraigamiento y estructuración, hasta aproximadamente los 0,5 m, y una buena fertilidad aparente (Peralta, 1975).

## 2.2 CLIMA

Dada su distribución natural, las condiciones en que se desarrolla Raulí son bastante variables, se encuentra tanto en los climas templado húmedos con veranos secos, que se dan en la parte septentrional de su distribución natural, como en los climas templados con precipitación abundante todo el año, lo cual se observa en la parte meridional (Vita, 1974).

Las precipitaciones anuales varían aumentando en forma gradual de norte a sur. Lo contrario sucede en los meses secos de verano. En el norte, el monto de precipitaciones alcanza los 1.000 y 1.300 mm, mientras que en el sur llegan hasta los 4.000 y 5.000 mm (Garrido *et al.*, 1979). En algunas zonas la precipitación invernal se da en forma de nieve, con 1 a 5 meses de cobertura nívea.

En la zona septentrional de su distribución, Raulí debe soportar fuertes fluctuaciones de temperatura: altas temperaturas en verano y heladas en invierno (Vita, 1974). En el sur en cambio, estas fluctuaciones son moderadas.

De los datos anteriores se desprende que Raulí, junto con soportar variaciones de humedad, resiste bien las temperaturas bajas, soporta fluctuaciones térmicas estacionales y viento fuerte, por lo que logra desarrollarse en altitud.

Según Nimno (cit. por Garrido *et al.*, 1979), el óptimo climático para el desarrollo de Raulí, se sitúa en las provincias de Malleco y Cautín, en la Cordillera Andina, donde las precipitaciones son moderadas y el período seco no supera a los 3 meses, no hay heladas fuertes, ni fluctuaciones térmicas bruscas.

## 2.3 ALTITUD

Raulí se presenta normalmente en las laderas de ambas cordilleras, de preferencia sobre los 500 msnm, en pendientes de hasta 30 %. Ocupa las posiciones de media ladera, evitando las heladas y la acumulación de agua del suelo.

Su mejor desarrollo lo presenta entre los 700 - 800 msnm. Bajo los 400 msnm esta especie es atacada por insectos taladradores que se alimentan de la nervadura de la hoja, lo cual hace que su desarrollo sea mínimo (Rodríguez, 1969).

En la mitad superior de su rango altitudinal, se le encuentra acompañado por Coigüe, Roble, Olivillo y Tepa; en la mitad inferior de su área de dispersión altitudinal es acompañado por Laurel, Tineo, Mañío de hojas largas y, en general, por casi todos los componentes del bosque valdiviano.

## 2.4 EXPOSICIÓN

En las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia se realizaron estudios en renovales de Roble y Raulí en los cuales, junto a una serie de otros antecedentes, se analizó el factor exposición (Castro y Figueroa, *cit.* por Garrido *et. al.*, 1979)

De este estudio se concluyó que, la exposición este corresponde a una zona de baja densidad de individuos, con dificultades para el crecimiento. Las exposiciones sur muestran una marcada disminución en el número de individuos, lo que sería efecto de la condición de intolerancia de la especie ( *Op. cit.* ).

Los rodales de la posición norte muestran una situación totalmente opuesta, lo que la hace más favorable para el desarrollo de Raulí junto a Roble. Finalmente, la exposición oeste muestra un parecido a la sur, por el hecho de ser una zona muy húmeda por la aproximación de los frentes de lluvia (*Op. cit.*).

# 3.

## PLAGAS Y ENFERMEDADES

---

### 3.1 FUNGOSAS

#### 3.1.1 Enfermedades foliares

Dentro de este grupo se encuentra la *roya del Raulí (Mikronigeria fagi)* (Diet et Neg), la cual se reconoce por la aparición de pústulas purulentas de color blanquecino, amarillento o rojizas en el envés de la hoja, lo que posteriormente provoca su desecación y caída. En vivero produce pérdida de crecimiento y eventualmente mortalidad. Para controlarla se aplica *Propineb*, como producto comercial, en dosis de 200 - 250 g diluidos en 100 l de agua (Donoso *et al.*, 1991).

#### 3.1.2 Enfermedades que atacan ramas y tronco

Característicos de estas enfermedades son los *dihueñes*, producidos por la especie *Cyttaria spinosa* (Lloyd) que provoca en las ramas, antes de la aparición de las hojas, un exceso de desarrollo celular o hipertrofia, en sentido longitudinal y se verifican hinchazones globosas y ásperas que se extienden alrededor de la rama.

*Fistulina antarctica* (Schaff), conocida como *lengua de vaca*, se caracteriza por la aparición de prominentes esporodoquios del hongo en ramas y tronco, en árboles vivos o muertos. Para controlar a este hongo, se suele utilizar fuego con el fin de eliminar los esporodoquios.

Asimismo se citan los *Fomes spp* también llamados *orejas de palo*, los que presentan la forma de un sombrero aplanado, semi - orbicular o con forma de riñón o lengua; es solitario, muy duro y su color varía desde un blanco ceniciento a café tierra, se une al tronco por una base ancha. Su efecto es una pudrición de color blanquecino. La madera se vuelve blanda, esponjosa, liviana y fácilmente desmenuzable. Su vía de ingreso al huésped es a través de heridas.

### 3.2 ENTOMOLÓGICAS

Con respecto a los antecedentes entomológicos que existen, están en general referidos al Género *Nothofagus*. Schmidt *et al.* (1979), mencionan una serie de coleópteros que medran como fitófagos en Raulí, y se ubican según sus estados de desarrollo, en diferentes partes del árbol. Bajo la corteza, en madera seca y compacta, en madera descompuesta, en ramas delgadas y secas y en el follaje.

La familias de coleópteros más relacionados con Raulí son: *Buprestidae*, *Elateidae*, *Curculionidae*, *Cerambycidae*, *Anobiidae* y *Scarabaeidae*.

Aparte de los coleópteros, cabe mencionar el ataque de la *mosca sierra* (Familia *Pergidae*) y las agallas provocadas por himenópteros y curculiónidos.

*Perzelia sp.* es un coleóptero que provoca la perforación de las semillas. Las larvas se movilizan al interior de éstas y efectúan una perforación circular cuyo diámetro coincide con el de la cápsula cefálica, este tipo de daño puede afectar, en forma total o parcial a las semillas. En el daño total, las larvas producen 2 perforaciones, una de entrada y otra de salida, lo cual coincide con el período en que las larvas se alimentan de la totalidad del embrión, y dejan sólo la testa. El daño parcial lo producen las larvas cuando se alimentan en forma incompleta del embrión, quedando la mayor parte de él en la semilla. El daño secundario o defoliación, consiste en la esqueletización de las hojas más cercanas a la cúpula (Cruz, 1981).

*Hornius grandis* ataca a Raulí y a otras especies de *Nothofagus* nativos. Por su hábito alimenticio forma parte de dos grandes grupos de insectos forestales dañinos, los meristemáticos y los defoliadores. En su fase adulta forma parte de los insectos meristemáticos, al alimentarse de la corteza de ramas y ramillas en la zona de brotes o yemas; en cambio, en su fase larval es un defoliador del tipo masticador. Se presenta en estado adulto durante las estaciones de otoño e invierno; sus larvas lo hacen durante primavera y verano (Mella, 1989). El efecto del daño, deformación prematura de yemas y semillas, provocaría pérdidas de crecimiento en los árboles afectados

Otro grupo de agentes patógenos de Raulí, está constituido por insectos que lo atacan en sus estados primarios, principalmente en la etapa de vivero.

*Hylamorphia elegans* es conocido regularmente como pololo San Juan o gusano blanco, ataca principalmente el follaje. Su principal signo, es la presencia de árboles defoliados observándose insectos adultos muertos a los pies de ellos. El daño se manifiesta en hojas esqueletizadas (Fercovic y Lanfranco, 1995)

El efecto del daño consiste en la pérdida de la capacidad fotosintética en los árboles adultos, afectando negativamente el incremento volumétrico (Baldini *et al.*, 1994), sin embargo, este daño es de menor importancia (Fercovic y Lanfranco, 1995).

El gusano alambre (*Gramophorus niger*) que atacan las raíces y la corteza de

las plántulas, y ocasionan pérdidas de crecimiento y mortalidad. Para su control se aplican, durante la etapa de pre-siembra, *Phomix* como producto comercial en dosis de 10 kg/ha y, como post emergente, *Carbofurano* como producto comercial, en dosis de 1 kg/ha (Donoso *et al.*, 1991).

El Cuadro 3 entrega la información recopilada por Huerta y Cogollor (1995), sobre la relación que existe entre los agentes dañinos que atacan a Raulí en los bosques templados y la zona de ataque.

CUADRO 3  
AGENTE Y LUGAR DE ATAQUE PARA RAULÍ

ESPECIE	CORTEZA	FOLLAJE	RAÍZ	MADERA	FRUTO
<i>Epistomentis pictus</i>				X	
<i>Callisphyris semicaligatus</i>				X	
<i>Oxypeltus quadrispinosus</i>				X	
<i>Hornius grandis</i>	X	X			
<i>Lyctus brunneus</i>				X	
<i>Sericoides germaini</i>		X	X		
<i>Cryptotemis brevis</i>				X	
<i>Perzelia sp.</i>					X

Fuente: Huerta y Cogollor, (1995)

# 4.

## SILVICULTURA Y MANEJO

---

---

### 4.1 PROPAGACIÓN DE RAULÍ

Los bosques de Raulí, con escasas excepciones, se regeneran naturalmente, tanto en bosques primarios como en secundarios.

La regeneración natural es por semillas, especialmente bajo dosel, en los bosques primarios y vírgenes. También se reproduce vegetativamente de tocón y brotes de raíces desde la provincia de Cautín al norte (Vita, 1974).

CUADRO 4  
COEFICIENTES TÉCNICOS RELATIVOS A LA GERMINACIÓN

PROCEDENCIA	Condiciones de germinación	Capacidad germinativa sin tratamiento	Tratamiento pregerminativo aplicado	Capacidad germinativa con tratamiento
ÑUBLE	G.J <sub>1</sub>	22,0	E.A a 5 °C a 30 días	33,6
ÑUBLE	G.J <sub>1</sub>	9,7	E.A a 5 °C durante 45 días	80,3
BULLILEO	G.J <sub>1</sub>	46,6	E.A a 5 °C durante 60 días	95,6

Fuente: Donoso y Cabello (1978)

G.J.: Germinador Jacobsen 16 hrs a 20 °C y 8 hrs a 30 °C con luz.

E.A.: Estratificación en arena

#### 4.1.1 Regeneración natural

La germinación y establecimiento en terreno, por las características de intolerancia de la especie, requiere de una adecuada cama de semillas, abundante luz, buena producción de semillas y ausencia de competencia (Scott, *cit.* por Garrido *et al.*, 1979).

En terreno, la germinación parece producirse en aquellos lugares donde el suelo mineral ha quedado expuesto y en general, la mayor causa de mortalidad de las plántulas puede atribuirse a las condiciones de sequía de verano (Garrido *et al.*, 1979).

Regenera en mayor proporción en bosques clareados por explotación o destruidos por incendios, lo que demuestra su carácter de especie pionera (*Op. cit.*).

Existen 2 teorías que explican la regeneración natural de Raulí. Una se basa en la regeneración a través del cambio de estructura del bosque (Brun, sf; cit. por Schmidt *et al.*, 1979) la que incluye las siguientes fases:

*Prefase:* Se caracteriza por el desmoronamiento de las especies de sombra (Tepa, Mañío), lo que permite el surgimiento y la penetración en oleadas de especies de luz, formando una estructura multiestratificada. El área basal de las especies de sombra llega a su mínimo y su regeneración es regular.

*Fase principal:* Las especies de luz cierran el dosel y alcanzan su rendimiento óptimo, las especies de sombra construyen una estructura multiestratificada bajo este dosel. El área basal aumenta, puesto que siguen desmoronándose Tepas y Maños. No hay regeneración significativa.

*Fase de envejecimiento:* Se produce regeneración de todas las especies, a pesar de la cobertura generalmente densa. Se produce un crecimiento juvenil para las especies de luz y sombra que, en el estrato medio, alcanzan su rendimiento máximo. El espacio libre en el estrato inferior, será ocupado por la regeneración.

*Fase de regeneración intermedia:* Se caracteriza por la abertura del dosel superior, por la sobremadurez de los árboles de sombra y la de algunos de luz. Varias oleadas de la especie de luz, forman un multiestrato. La regeneración de todas las especies es abundante y aumenta el sotobosque.

La regeneración de Raulí, en comparación con la de Coigüe, es abundante pero siempre muere. Recién en la 4ª fase se produce la regeneración principal, siendo la Quila (*Chusquea sp*) el obstáculo de mayor influencia negativa.

La 2ª teoría explica, la regeneración de Raulí a través de fenómenos catastróficos como: volcanismo, derrumbes y fuego; fenómenos habituales en la zona de la Cordillera de los Andes. De acuerdo a observaciones realizadas por Vita (1974), Coigüe y Raulí son especies colonizadoras y pioneras que pueden constituir bosques coetáneos y puros en superficies alteradas. En los bosques de bajas y medianas altitudes, estas especies, cuando forman parte del bosque maduro, están representados sólo por árboles viejos en las clases diamétricas altas (Garrido *et al.*, 1979).

En suma, los requerimientos mínimos indispensables para una adecuada regeneración natural en la mayoría de las especies del Género *Nothofagus* son: cuantitativamente, una buena producción de semillas; adecuada cama para su germinación; protección de las plántulas germinadas y en una etapa posterior a la germinación, un aumento sustancial de la cantidad de luz.

Directamente relacionada con lo anterior, está la cantidad de semilla anualmente producida y la viabilidad de ésta.

En el Cuadro 5 se observa el número medio de semillas por m<sup>2</sup> de 10 zonas de muestreo.

CUADRO 5  
VIABILIDAD DE SEMILLAS DE RAULÍ (m<sup>2</sup>)

AÑO	SEMILLAS CAÍDAS	VIABLES	% VIABLES
1968	86	2,0	2,3
1969	2.059	140,0	6,8
1970	17	0,0	0,0
1971	1.534	21,0	13,8
PROMEDIO	924	88,5	5,7

Fuente: Vita (1974)

#### 4.1.2 Producción de semillas

Una vez fecundadas las flores femeninas, el proceso de formación de nuez a fruto dura entre 5 y 6 meses, de tal modo que; los frutos maduran y caen entre marzo y abril (Donoso y Cabello, 1978).

Aunque no está claramente establecido, parece existir una cierta periodicidad en la semillación. Se sabe que se dan años de alta producción y años en que ésta es deficiente o nula. Según Donoso (1978), es probable 1 año de buena semillación cada 3 años y 1 de producción máxima cada 7 ó 10 años.

Burschel *et al.* (1976) menciona que los años semilleros ocurren a intervalos cortos, con una fructificación abundante cada 2° año. Señala también una producción promedio para un período de 4 años de observación, de aproximadamente 3.700 semillas por m cuadrado bajo el árbol, de las cuales el 10 % era viable.

Respecto a la viabilidad de la semilla, se puede mencionar que las causas atribuibles a la ausencia de embrión son bajas y que, la importancia mayor radica en la perforación que producen, las larvas del insecto *Perzelia sp* (Garrido *et al.*, 1979) aumentando la intensidad del ataque de norte a sur, y siendo mayor en años de baja producción de semilla (Donoso *et al.*, 1991).

Se ha estimado que el número de semillas por kilogramo es bastante variable, con un rango que va desde 50.000 a 140.000 (Garrido *et al.*, 1979). Estos autores indican que la variación que presenta la fructificación, está sujeta a numerosos factores, entre los cuales destacan: la edad, la variación anual de la fructificación y las influencias del sitio.

En relación con la dispersión de los frutos, en casi todos los *Nothofagus* se realiza por el viento, salvo en *Nothofagus glauca* que lo hace por gravedad o favorecido por pendientes fuertes. También es posible que algunos roedores intervengan en su diseminación.

Raulí, a través de los ensayos realizados, demuestra un comportamiento muy irregular en la germinación. Faulkner (1975) menciona una germinación media de un 30 %. Kummerov y Labarca (1971) logra una capacidad germinativa de un 66 %.

Moreno y Ramírez de Arellano (1976), en consideración a la baja viabilidad de las semillas, determinaron una capacidad germinativa relativa, que expresa el porcentaje de semillas que germinan entre el total de semillas viables, en un período de 30 días.

Vita (1974) publicó los resultados obtenidos para la capacidad germinativa, luego de aplicar diversos tratamientos pregerminativos a semillas de Raulí. Cuadro 6.

CUADRO 6  
CAPACIDAD GERMINATIVA DE RAULÍ BAJO DISTINTOS PRETRATAMIENTOS

PRETRATAMIENTOS	CAPACIDAD GERMINATIVA (%)	TIEMPO MEDIO (días)	ENERGÍA GERMINATIVA (%)
TIOREA 4 DÍAS	71,6	3,9	65,3
ESTRATIFICACIÓN 3 SEMANAS	63,1	6,2	45,5
TESTIGO	61,9	7,0	39,4
ESTRATIFICACIÓN 5 SEMANAS	61,3	7,6	34,9
ESTRATIFICACIÓN 4 SEMANAS	55,1	9,2	32,3
TIOUREA 2 DÍAS	48,6	9,3	28,9
AGUA FRÍA 7 DÍAS	42,6	9,8	23,4
AGUA FRÍA 14 DÍAS	18,9	10,0	5,1

Fuente: Vita (1974)

Con respecto a lo anterior, el análisis estadístico aplicado a la investigación reveló que, la inmersión en agua fue significativamente distinta al testigo, correspondiéndole a dicho pretratamiento el valor más bajo.

En resumen, la capacidad germinativa de Raulí es variable. Depende de la utilización de un tratamiento pregerminativo y varía, desde un 18,9 % (Moreno y Ramírez de Arellano, 1976) hasta un 71,6% (Kummerov y Labarca, 1971).

Al respecto Bourke (1987) realizó un ensayo de germinación bajo diferentes condiciones de temperatura, para esto usó semillas de distinta procedencia de la Cordillera de los Andes, entre los 37° y los 40° de latitud sur. Los resultados indicaron que existen diferencias en la germinación que dependen de las procedencias y de los regímenes de temperatura aplicados al tratar las semillas.

La aplicación durante 30 días de temperaturas que variaban a lo largo del día (10 horas con 18°C y 14 horas con 6°C), y luego de una temperatura constante durante otros 30 días (18°C/24 h), produjo los porcentajes de germinación más altos. También se obtuvieron buenos niveles de germinación remojando la semilla en agua fría con anterioridad a la siembra. No hubo germinación al tratar la semilla con agua a una temperatura de 70°C.

Sobre la base de los antecedentes existentes, Garrido *et al.* (1979) mencionan que la germinación de Raulí es bastante irregular e indican un promedio de germinación del 20 al 30 %.

Respecto de la longevidad de las semillas de Raulí, Bay-Schmith (1965) indica que éstas no poseen una vida superior a los tres años.

En un estudio de composición y dinámica regenerativa del bosque mixto virgen de Raulí - Coigüe, se determinó que los porcentajes de viabilidad de las semillas oscilan entre un 2 y 19 % (Burschel *et al.*, 1976).

Valores de germinación entre 30 y 100 % se citan, en condiciones de laboratorio, para frutos separados por prueba de flotación (Donoso, 1978).

La semilla de Raulí posee latencia fisiológica y, por ende, su capacidad germinativa es bastante variable; depende de si se utiliza algún tipo de tratamiento pregerminativo. Para romper la latencia, se realiza estratificación a 4°C durante 45 días. También se realiza inmersión en agua destilada y en tiourea, por distintos períodos (Moreno y Ramírez de Arellano, 1976).

### **4.1.3 Producción de plantas**

#### **4.1.3.1 Viverización**

La época de siembra de Raulí en vivero, depende de la zona. Al sur de Temuco, se realiza entre la 2ª semana de septiembre y la 1ª semana de octubre; al norte de Temuco, se realiza durante las 2 a 3 primeras semanas de septiembre.

Nimmo (*cit. por Garrido et al.*, 1979), indica que para Roble y Raulí el período de siembra es a comienzos de primavera, y que no se necesita de tratamientos especiales de vivero, salvo la colocación de esteras si el vivero está expuesto a heladas.

La densidad de siembra es de aproximadamente 16,8 g/m<sup>2</sup>, lo que equivale a 1.848 frutos en dicha superficie (Nimmo, *cit. por Garrido et al.*, 1979).

Aldhous (1972) recomienda sembrar 1.100 frutos-viables/m<sup>2</sup>, agregando que con 1 kg de fruto se siembran 32 m<sup>2</sup> y se obtienen 6.000 plantas 1-0, con una altura promedio de 15 - 25 cm.

La germinación se produce entre 15 - 20 días después de la siembra, luego de la cual se recomienda colocar sombra equivalente al 50 %, retirándola paulatinamente entre mediados de febrero y la 1<sup>a</sup> semana de marzo (López *et al.*, 1986).

Faulkner (1975) recomienda plantas 1-1 y Nimmo (*cit. por Garrido et al.*, 1979) concuerda con lo anterior, señalando que los mejores resultados se obtienen con plantas 1-1, aunque también pueden utilizarse 2 - 0.

Se recomienda proteger las plantas con sombreadero, ya que así se obtiene un mejor desarrollo. Se recomienda también realizar poda de raíces para obtener mejores plantas y lograr un mayor éxito en la plantación (Donoso *et al.*, 1991).

Este autor recomienda la fertilización con N-P-K; el nitrógeno en 2 dosis de 200 kg/ha cada una, en forma de salitre potásico, y regar de acuerdo a las condiciones climáticas, evitando la acumulación de agua.

En general, la fertilización para Raulí está principalmente orientada a la etapa de vivero, para que la planta tenga una buena reserva después en la plantación; los nutrientes y las dosis a aplicar recomendadas por Donoso *et al.* (1991), son las siguientes:

Nitrato de amonio	14,0 g/m <sup>2</sup>
Sulfato de potasio	14,4 g/m <sup>2</sup>
Superfosfato triple	20,0 g/m <sup>2</sup>
Sulfato de magnesio	31,4 g/m <sup>2</sup>

Al respecto, Bourke y Grosse (1987b) realizaron un ensayo de fertilización en vivero en plantas de Raulí en la VIII Región, para lo cual consideraron 3 factores: pH (3 niveles), tipo de fertilizante y dosis con 5 niveles cada uno. Los niveles del ensayo se detallan en el Cuadro 7:

Para esto, utilizó como fertilizantes Nitrato de amonio, Sulfato de potasio y Superfosfato triple.

Las distintas dosis y combinaciones de fertilizantes, tuvieron efectos altamente significativos sobre las diferentes variables de estado evaluadas (altura total, diámetro del cuello, peso seco total, peso seco del tallo, peso seco de las raíces), no así los distintos niveles de cal utilizadas, los cuales no presentaron diferencias estadísticamente significativas.

**CUADRO 7**  
**FACTORES UTILIZADOS EN ENSAYO DE FERTILIZACIÓN**

FACTOR	NIVEL	CARACTERÍSTICAS DEL NIVEL
APLICACIÓN DE CAL (pH)	1	Sin aplicación de cal
	2	Con 150 g de CaCCO <sub>3</sub> /m <sup>2</sup>
	3	Con 250 g de CaCCO <sub>3</sub> /m <sup>2</sup>
FERTILIZANTE	1	Testigo sin fertilizante
	2	Combinación Fósforo - Potasio
	3	Combinación Nitrógeno - Potasio
	4	Combinación Nitrógeno - Fósforo
	5	Combinación Nitrógeno - Fósforo - Potasio
DOSIS	1	Testigo
	2	0,6 veces la dosis
	3	1,0 veces la dosis
	4	2 veces la dosis de PK + 1,5 veces la dosis de N
	5	4 veces la dosis de PK + 3 veces la dosis de N

Fuente: Bourke y Grosse(1987b)

Los resultados obtenidos por estos autores, indicaron que no se produjeron cambios en el crecimiento radicular de las plantas al aplicar las distintas concentraciones de cal. Así como tampoco con la aplicación de fertilizantes, mientras que la parte aérea presentó un fuerte incremento. Will y Knight (*cit.* por Bourke y Grosse, 1987b) señalan que plantas deficientes tienen una masa de raíces proporcionalmente más alta a la masa aérea, que las plantas no deficientes.

Mención especial se ha de hacer a los insectos que afectan a la especie en vivero, por lo cual en el Cuadro 8 se informa del agente, del daño provocado, sus efectos y, por último, el control recomendado por Donoso *et al.* (1991).

**CUADRO 8**  
**INSECTOS EN VIVEROS DE RAULÍ DAÑO, EFECTO Y CONTROL**

ESPECIE	DAÑO	EFECTO	CONTROL
<i>Hornius grandis</i>	En corteza, tallo, brotes, ramillas	Pérdida de crecimiento y deformación	Metamidofos 1 ltPC/ha
<i>Hylamorpha elegans</i>	En raíces y en corteza de plantas	Pérdida de crecimiento y mortalidad	Phomix 10 kgPC/ha (Aplicación de presiembra) Carbofurano 1 ltPC/ha (Aplicación post-emergente)

Fuente: Donoso et al. (1991)

#### 4.1.3.2 Propagación vegetativa

Con respecto a la propagación vegetativa para la especie, se señala como importante trabajar con estacas provenientes de tocón, de 1 ó 2 años y con concentraciones altas de ácido indolbutírico (1.000 ppm). El período de aplicación de la auxina puede ser de 15 ó 30 minutos, lográndose en ambos casos los mismos resultados (Silva, 1968).

Para propagar Raulí por medio de estacas, es necesario elegir aquellas con hojas para instalarlas en el invernadero hacia fines de primavera y regar abundantemente en forma de niebla (Becker y Cautzenberg, *cit.* por Santelices, 1993).

En el vivero del Centro Experimental Escuadrón de Forestal Mininco (VIII Región), se probaron 3 tratamientos con concentraciones de 0,5, 1,0 y 1,5 % de ácido indolbutírico. Las estacas fueron colectadas de brotes secundarios. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 9.

CUADRO 9  
ENRAIZAMIENTO CON AIB PARA RAULÍ

CONCENTRACIÓN DE AIB POR ESTACA	cm	SOBREVIVENCIA % LONG RAIZ	ARRAIGAMIENTO %	N° RAÍCES
0,5 %	30,2	28,6	12,9	8,9
1,0%	33,3	30,2	9,4	9,6
1,5%	42,9	39,7	10,6	11,4

Fuente: Santelices (1993)

#### 4.1.3.3 Micropropagación

En micropropagación, diferentes tipos de explante de individuos juveniles de Raulí, inician la formación de nuevos brotes *in vitro* en un período de 60 días de cultivo. Esta respuesta está gatillada por citoquininas y se observa en secciones nodales y en yemas axilares, expresándose simultáneamente el desarrollo de brotes nuevos y la rizogénesis.

Las respuestas morfogénicas son afectadas por el tipo de explante utilizado y la época de recolección, las respuestas más relevantes se obtuvieron en primavera/verano. Las respuestas regenerativas obtenidas parecen promisorias para su utilización en micropropagación de Raulí (Jordan y Veloso, 1992).

#### **4.1.3.4 Injertación**

Vergara (1995) estudió la elección de un tipo de injerto que permitiera propagar de la mejor forma a Raulí, para esto, probó 2 sellantes (Pódex y cera, parafina sólida) y 3 técnicas de injertación (en fisura terminal, tipo frasco y en empalme con fisura) sobre 4 árboles plus de Raulí.

La sobrevivencia inicial (a los 3 meses) fue 78 % y la final (a los 15 meses) 38%. En general no hubo diferencias significativas entre técnicas de injertación, sellantes o clones, pero sí las hubo entre plantas patrón o entre injertadores. Concluyéndose que Raulí es una especie de fácil injertación en invernadero, donde se deben cuidar las condiciones generales de la injertación y el tipo de planta patrón utilizada.

## **4.2 ESTABLECIMIENTO**

### **4.2.1 Preparación del terreno**

Lo ideal es efectuar una aradura o un subsolado en todo el terreno si se encontrara compactado, pero si esto no fuera necesario (suelos, trumaos, francos), se realizan casillas lo suficientemente grandes como para favorecer un correcto establecimiento y recuperación de las plantas. Éstas se pueden realizar manualmente o en forma mecanizada con un taladro, aunque en los suelos limosos o arcillosos, éste último sistema tiene el inconveniente de alisar y sellar las paredes de la casilla. Para evitar lo anterior, conviene abrir las casillas en otoño y plantar, más tarde, en primavera.

### **4.2.2 Plantación**

En la costa de la X Región, la plantación se realiza desde junio hasta la 1ª semana de agosto, mientras que, hacia la Cordillera de los Andes, lo común es que se haga hasta la 2ª semana de septiembre, si el clima lo permite. Lo anterior se debe principalmente al aumento de las precipitaciones, las cuales, en algunos casos, pueden inundar sectores donde se instalará la plantación (Donoso *et al.*, 1991). Hacia el norte, esta labor debe realizarse temprano, no después del mes de julio.

Para un adecuado asentamiento de la planta, se requieren suelos medianamente profundos a profundos, con una buena porosidad y un buen contenido de humedad en la época desfavorable (verano).

Las principales condiciones de plantación, deben considerar que Raulí necesita de protección lateral (sombra) para una buena sobrevivencia de las plántulas, la cual debe ser más densa en sectores más alejados de su hábitat; para ello se recomienda dejar en pie vegetación protectora existente en el lugar y plantar en huecos, o bien efectuar plantaciones mixtas con especies siempre verdes de crecimiento similar a Raulí, pie a pie o en fajas (*Op. cit.*).

### 4.2.3 Densidad de plantación

Actualmente se recomienda plantar 2.500 arb/ha con un espaciamiento de 2 x 2 m, o bien plantar a una densidad de 4.444 arb/ha con un espaciamiento de 1,5 x 1,5 m (Donoso *et al.*, 1991).

### 4.2.4 Fertilización

Grosse (1988) realizó un estudio en fertilización de Raulí luego del 1 año de plantación, concluyendo que la aplicación de fertilizante (N, P, K) aumentó los niveles de sobrevivencia y crecimiento de las plantas.

Para el caso de la altura, ésta aumentó en un 70 % a la luz directa y en un 50% bajo una cobertura liviana. La altura llegó a 1,23 m para los situados bajo luz directa y a 1,20 m para aquellos situados en condiciones de semisombra leve.

En relación a lo anterior, está claro que el crecimiento obtenido con fertilización, es de vital importancia para superar la vegetación competidora. A pesar de no aplicarse herbicidas u otras formas de control de la competencia, los crecimientos fueron excepcionalmente altos.

La aplicación de fertilizantes de este estudio se realizó en una relación N:P de 1:0,35 (5,8 g N por 2,0 g P) con lo cual se verificó que, a pesar de no conocerse estándares o dosis precisas para la especie, la aplicación de estos fertilizantes, favoreció en gran medida el crecimiento de las plantas y, si bien no aumentó la tasa de supervivencia para la especie, redujo levemente la tendencia a la mortalidad (Grosse, 1988).

### 4.2.5 Control de malezas

En relación al control de malezas para Raulí, la bibliografía cita estudios y ensayos realizados para el caso de viverización de la especie.

Martínez (1992) para un ensayo realizado en el predio Vista Alegre, ubicado entre los paralelos 39°47'46" y 39°48'54" de latitud sur en la X Región, provincia y comuna de Valdivia, menciona que las malezas más importantes para Raulí en orden decreciente son: *Rumex acetosella*, *Taraxacum officinale* y *Dactylis glomerata*, las cuales representan sobre un 60 % de las malezas presentes. Las 2 primeras, son particularmente dañinas por ser malezas anuales, vigorosas y abundantes; además son especies que se regeneran por órganos subterráneos y dependen poco de la semilla, dificultando su control con herbicidas u otros métodos.

Los resultados obtenidos de este ensayo, recomiendan la utilización de *Sulfmethmeturonmetil* 0,01 kg/ha de producto comercial, por la menor toxicidad, especialmente en *Rumer acetosella*.

Se recomienda además, la aplicación de *Fluazifop-butil* en dosis de 1,5 l/ha de producto comercial para la eliminación y control de malezas de hoja angosta, pu

diendo mezclarse con *Sulfmethmeturonmetil* o *Clopyralid* para la eliminación de malezas de hoja ancha en las siguientes dosis:

1,5 l P.C/ha *Fluazifop-butil* +0,01 kg P.C/ha *Sulfmethmeturonmetil*.

0,3 l P.C/ha *Fluazifop-butil* +1,51 P.C/ha *Clopyralid*.

Las características de estos productos se muestran en el Cuadro 10.

CUADRO 10  
CARACTERÍSTICAS DE LOS HERBICIDAS UTILIZADOS

NOMBRE COMERCIAL	GRUPO QUÍMICO	INGREDIENTE ACTIVO	MALEZAS A CONTROLAR
H-1 SUPER	Fenoxipropionato	Fluazifop 350 g/l	Gramíneas anuales y perennes
GRANSTAR	Sulfanilureas	Sulfmethmeturon-metil 750 g/l	Hoja ancha
LONTREL	Ácido Pinolínico	Clopyralid 360 g/l	Familia compuesta solanácea

Fuente: Martínez (1992)

### 4.3 MANEJO

#### 4.3.1 Crecimiento

Raulí es reconocido como la especie nativa de más rápido crecimiento, probablemente con la sola excepción de Coigüe (*Nothofagus dombeyi*) en ciertas áreas (Donoso, 1978).

Donoso *et al.* (1993b), realizaron una propuesta de zonas de crecimiento para Raulí luego de evaluar numerosos rodales a lo largo y ancho de su distribución natural, información de la que se da cuenta en Anexo I.

A partir de esto, pudieron determinar que para la especie, los mayores valores de productividad se obtienen en el extremo norte de su distribución y en los faldeos cordilleranos andinos del sur de la provincia de Malleco y de las provincias de Cautín y Valdivia entre los 400 y 800 msnm.

En las plantaciones, que en general tienen menos de 20 años, se registró un crecimiento en DAP en los primeros 10 años de 1,0 cm/año en promedio y de 1,5 cm/año durante los últimos 5 años. Al comparar plantaciones de similar densidad y edad, las de Raulí y Roble alcanzan 12 a 17 m<sup>3</sup>/ha/año, mientras que las de Coigüe

alcanzan entre 21 y 26 m<sup>3</sup>/ha/año.

En relación al crecimiento en diámetro, Benda (1965), señala que el modelo de crecimiento en diámetro es inicialmente lento en la etapa temprana, con un período juvenil rápido en que alcanza hasta 1 cm al año y una disminución a partir de los 35 años.

Se estima que el crecimiento diametral medio anual varía entre 0,5 y 1 cm (Vita, 1974). En renovales, los crecimientos observados son similares variando entre los 0,3 y 0,8 cm al año, dependiendo de la edad y del sitio (De Camino *et al.*, 1974; Garrido *et al.*, 1979).

Para Raulí, a los 24 años de edad, el incremento diametral supera en un 24 - 28% al obtenido a los 36 años. En rodales jóvenes, los diámetros alcanzados en un período de 30 años y que bordeaban los 50 cm, indican la potencialidad de estos bosques para la producción de madera de mejor calidad (*Op. cit.*).

Puente *et al.* (1981), observaron crecimientos diametrales en renovales de Raulí y Roble en las provincias de Malleco, Cautín y Valdivia. Los datos analizados fueron obtenidos de bosques cuya edad media está entre los 20 y 40 años. El crecimiento diametral anual, basado en las mediciones de los últimos 10 años de cada árbol, tiene un rango entre 0,1 y 1,2 cm, con una distribución normal. Su distribución más frecuente en el rango presenta entre los 0,3 y 0,4 cm diametrales al año.

Al respecto, Cubillos (1987) mediante un enfoque del árbol individual y evaluación de la competencia, construyó un modelo de crecimiento diametral anual para algunos renovales de Raulí. El estudio se efectuó en renovales mixtos de Raulí en el área de Panguipulli - Neltume en la X Región.

Como resultado se obtuvieron los siguientes 3 modelos generales, que incluyen variables de estado de los árboles y de la competencia:

$$\text{IDPA: } -0,6381 + 0,0122 \times \text{DC}^2 + 20,594 \times (1/\text{E}) + 0,1263 \times \text{DAP} - 0,0026 \times \text{DAP}^2 - 0,3429 \times \ln(\text{HT})$$

Donde:

- IDPA : Incremento en diámetro promedio anual (cm)
- DC : Diámetro de copa (m)
- E : Edad (años)
- DAP : Diámetro a 1,3 m de altura (cm)
- HT : Altura total (m)
- r : 0,9

$$\text{IDPA: } 0,6949 + 0,0207 \times \text{DISTMCO} + 0,0818 \times \text{DC} - 0,0306 \times \text{E} + 0,0297 \times \text{DAP}$$

Donde:

IDPA	: Incremento en diámetro promedio anual (cm)
DC	: Diámetro de copa (m)
E	: Edad (años)
DAP:	: Diámetro a 1,3 m de altura (cm)
DISTMCO	: Distancia media al competidor (m)
r	: 0,89

$$\text{IDPA: } 0,8273 + 0,0294 \times \text{DISTCO} + 0,514 \times \text{DC} - 0,0274 \times \text{E} + 0,0301 \times \text{DAP} - 0,0465 \times \text{HICCO} + 0,0182 \times \text{HIC}$$

Donde:

IDPA	: Incremento en diámetro promedio anual (cm)
DC	: Diámetro de copa (m)
E	: Edad (años)
DAP	: Diámetro a 1,3 m de altura (cm)
DISTMCO	: Distancia media al competidor (m).
HICCO	: Altura inicio de copa del competidor (m)
HIC	: Altura de inicio de copa (m)
r	: 0,91

Este último modelo se considera el más preciso, aun cuando presenta un error cuadrático medio de 23,7 %, permite estimar confiablemente el crecimiento diametral medio anual.

En relación al crecimiento en altura, Donoso (1988) señala en promedio para renovales mixtos de Roble -Raulí en la Precordillera Andina de la zona de Curicó, crecimientos acumulados en altura a los 20 años de 12,33 m en la provincia de Malleco de 10,63 m en la provincia de Cautín y 10,9 m en la provincia de Valdivia.

Respecto a índices de sitio en renovales, Burgos (1984) señala para renovales de Raulí en la Precordillera Andina de la VIII Región, valores de altura acumulada a los 20 años de 11,2 m para exposiciones sur a baja altura (<650 msnm); 10,6 m para la misma exposición, y 9,3 m para exposiciones norte.

Las áreas basales observadas en renovales de Raulí, varían en un rango que va de 30 a 60 m<sup>2</sup>/ha aproximadamente, depende del lugar y de la edad. Los crecimientos medios se estiman entre 0,8 y 1,6 m<sup>2</sup>/ha (De La Maza, 1976; De Camino *et al.*, 1974).

En bosques de 1<sup>er</sup> crecimiento no intervenidos, el área basal toma valores entre 67 y 100 m<sup>2</sup>/ha aproximadamente (Vita, 1974). En bosques mixtos de Raulí y Coigüe se ha observado valores de 93 m<sup>2</sup>/ha, de los cuales Raulí aporta con 30 m<sup>2</sup>/ha.

Los datos que a continuación se indican (Cuadro 11), corresponden a mediciones realizadas en una plantación ubicada a 8 km de Pucón en la ribera sur del lago Villarrica, en un ensayo establecido en 1952 con Raulí y Roble (*Nothofagus obliqua*), con plantas provenientes de regeneración natural de un bosque nativo colindante.

La edad de plantación, constituida por 693 árboles, es de 34 años, aun cuando se presentan variaciones de hasta 3 años (Espinoza *et al.*, 1988)

CUADRO 11  
TABLA DE RODAL DE PLANTACIÓN DE RAULÍ A LOS 34 AÑOS  
CONTROL AÑO 1986

DAP (cm)	DENSIDAD (arb/ha)	ALTURA (m)	ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> /ha)
6	3	8,4	0,0084
8	14	9,6	0,0703
10	30	10,6	0,2356
12	46	11,5	0,5202
14	74	12,3	1,1391
16	73	13,0	1,4677
18	99	13,6	2,5192
20	102	14,0	3,2044
22	96	14,3	3,6492
24	56	14,5	2,5333
26	41	14,6	2,1768
28	24	14,6	1,4778
30	15	14,6	1,0602
32	12	14,6	0,9651
34	6	14,6	0,5447
36	2	14,6	0,2035
TOTAL	693		21,7750

Fuente: Espinoza *et al.* (1988)

Los antecedentes de crecimiento de Raulí en rodales naturales sin manejo se estima en 7 m<sup>3</sup>/ha/año (De Camino *et al.*, 1974).

El mismo autor, realizó investigaciones tendientes a verificar el crecimiento en renovales de Roble y Raulí en diferentes provincias de nuestro país (Cuadro 12).

CUADRO 12  
ANTECEDENTES SOBRE RENDIMIENTO DE RENOVALES DE ROBLE Y RAULÍ

LUGAR	TIPO	EDAD (años)	Nº/ha	DAP (cm)	ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> /ha)	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)
Voipir	Roble - Raulí	50	856	25,3	43,8		
Cunco	Raulí	26	1.361	15,8	34,7	319	12,3
Jauja	Raulí	43	1.248	16	43,8	323	7,5
Jauja	Raulí	45	1.871	17,6	32,9	642	14,3
Jauja	Raulí	36	1.320	14,3	25,8	267	7,4
Jauja	Raulí	37	769	16,1	30,6	207	5,6
Las Piedras	Raulí	48	919	20,5	43,2	380	7,9
Los Chenques	Raulí	43	1.539	14,4	31,6	293	6,8
Caren	Raulí	30	3.980	12,7	43,9	240	8,0
Llafenco	Roble - Raulí	30	1.280	17,2	29,9	221	7,4
Puesco-Caren	Raulí	30	4.100	12,4	49,4	294	9,8
Llafenco	Raulí	30	1.420	19,8	43,8	342	11,4

Fuente: De Camino (1974)

El incremento medio anual en bosques de 2º crecimiento, se ha calculado entre 5 y 14 m<sup>3</sup>/ha/año aproximadamente. En rodales maduros de 1º crecimiento, los incrementos son del orden de 6 - 8 m<sup>3</sup>/ha/año (Garrido *et al.*, 1979).

En los Cuadros 13 y 14, se detallan diferentes variables analizadas por Espinosa *et al.* (1988), en plantaciones de Raulí sujetas a control en los años 1973, 1976 y 1986.

CUADRO 13  
**VARIACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DE LA PLANTACIÓN DE RAULÍ**

CLASE DIÁMETRO (cm)	DENSIDAD					
	1973	%	1976	%	1986	%
0 - 10	260	37,5	131	18,9	17	2,4
10 - 20	430	58,2	497	71,7	322	46,5
+20	30	4,3	65	9,4	354	51,1
TOTAL	693		693		693	

Fuente: Espinosa *et al.* (1988)

CUADRO 14  
**CARACTERÍSTICAS DE CRECIMIENTO DE LA PLANTACIÓN DE RAULÍ**

CONTROL (año)	DAP (cm)	Dg* (cm)	H (m)	H Dom (m)	Fact de Forma (%)	Área Basal (m <sup>2</sup> /ha)	Vol (m <sup>3</sup> /ha)
1973	10,8	11,6	7,69	9,51		7,31	
1976	12,9	13,7	9,27	11,83	41	10,2	49,47
1986	19,2	20,0	13,4	14,60	54	27,2	171,71

\* : Dg= Diámetro cuadrático medio  
 Fuente: Espinosa *et al.* (1988)

Con respecto a la información anterior, el autor concluye: el crecimiento, mortalidad y desarrollo de la plantación en estudio, a los 34 años, se compara positivamente con el de renovales raleados de esta misma especie. El incremento volumétrico anual, experimentado por la plantación en los últimos 10 años, es similar al de *Pino radiata* en clase de sitio III.

En plantaciones efectuadas en Inglaterra, el incremento medio anual para Raulí es de 12 a 14 m<sup>3</sup>/ha/año (Garrido *et al.*, 1979).

Grosse y Cubillos (1991), entregan una tabla de volumen cúbico general por clase diamétrica y altura total para 5 zonas evaluadas (Cuadro 15, figura 1).

CUADRO 15

VOLUMEN CÚBICO POR CLASE DE DAP Y ALTURA TOTAL MODELO GENERAL ÁREAS  
 JAUJA, LLANACURA, MELIPEUCO, MAQUEHUA Y NELTUME

DAP (cm)	Altura clase (m) 5	Altura clase (m) 10	Altura clase (m) 15	Altura clase (m) 20	Altura clase (m) 25	Altura clase (m) 30
6	0,0127					
8	0,0166					
10		0,036	0,050			
12		0,048	0,069			
14		0,063	0,090	0,118		
16		0,080	0,116	0,152		
18		0,099	0,145	0,190		
20			0,177	0,233		
22			0,212	0,280	0,349	
24			0,251	0,332	0,413	0,494
26			0,293	0,389	0,484	0,579
28			0,339	0,449	0,560	0,670
30			0,388	0,515	0,641	0,768
32			0,440	0,585	0,729	0,873
34			0,496	0,695	0,822	0,985
36			0,555	0,738	0,920	1,103
38				0,821	1,025	1,228
40				0,909	1,134	1,360
42				1,002	1,250	1,498
44				1,098	1,371	1,644

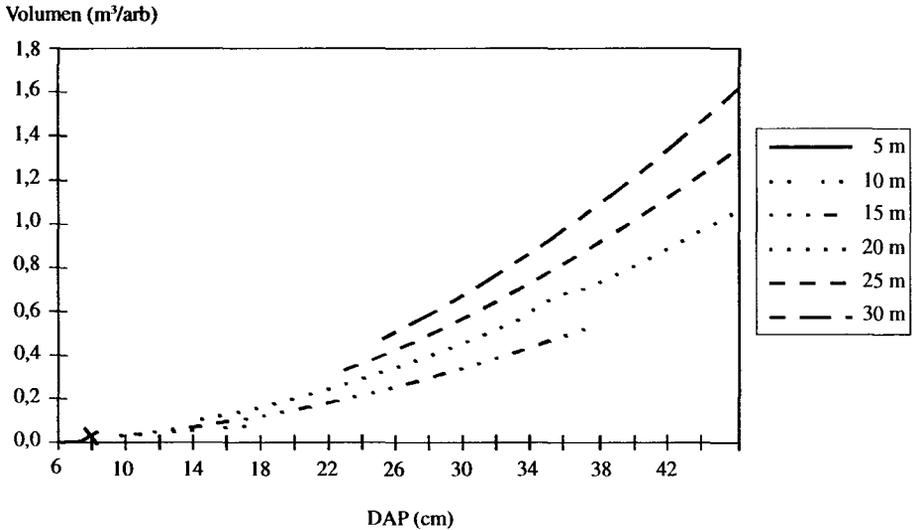
Fuente: Grosse y Cubillos (1991)

Donde:

$$V = 0,00762 + 0,000028017 \times \text{DAP}^2 \times \text{ALTURA CLASE}$$

r = 0,99  
 ECM (%) = 9,2  
 n = 156

**FIGURA 1**  
**VOLUMEN POR CLASE DE DAP**  
**Y ALTURA TOTAL PARA RENOVALES DE RAULÍ**



### 4.3.2 Tratamientos silviculturales

Al iniciarse el manejo de renovales de Raulí, es posible encontrar diversas situaciones, las que para su análisis pueden clasificarse de la siguiente forma (Donoso, 1988).

#### 4.3.2.1 Rodales en estado de explotación

Si la cantidad de árboles por hectárea de Raulí es superior a 25 arb/ha, es posible emplear el método de protección o de cortas sucesivas. En este caso, lo que se debe hacer es cortar todos aquellos individuos de la o las especies secundarias, dejando para las cortas siguientes los individuos de Raulí. Esta 1ª corta semillera, se debe realizar en un año de buena producción de semillas.

Por tratarse de una especie intolerante y de semilla dispersada por el viento, la intensidad no debe superar el 50 % del área basal.

Si la cantidad de árboles de Raulí es inferior a 25 individuos/ha, se empleará entonces el método del árbol semillero. En este caso, al igual que en el anterior, se explotan primero las especies secundarias y al cabo de algunos años cuando ya se haya obtenido regeneración, se cortan los ejemplares de Raulí que hayan sido semilleros. Pueden dejarse hasta 10 arb/ha para favorecer la regeneración, pero esto tiene el inconveniente de la posible caída de ellos por efecto del viento y, además de la vegetación invasora (*Op. cit.*).

#### **4.3.2.2 Rodales en estado de monte bravo o brinzal**

Si la regeneración ya establecida es susceptible de competencia de Quila, Zaramora u otras especies invasoras, es preciso efectuar cortas de limpieza con el fin de eliminar dicha vegetación. Estas cortas se realizan hasta que la yema apical de los brinzales de Raulí, sobrepase en altura a la vegetación competidora.

Como la silvicultura a aplicar probablemente sea de tipo extensivo, no se efectuarán cortas de limpieza para Raulí, ya que es deseable una alta densidad inicial para favorecer un desarrollo más recto, una mejor poda natural y un desarrollo de ramas más delgadas.

Una situación que se presenta muy a menudo en rodales de Raulí, es la eliminación vía floreo de los mejores ejemplares de las especies, quedando en pie individuos de dudosa calidad o forma indeseable. Cuando esto ocurre, en los claros dejados por los individuos de Raulí, se instala regeneración, la que luego de un tiempo está en estado de brinzal o monte bravo.

En este caso, es necesario realizar cortas de liberación a los individuos que, producto de este floreo permanecieron en pie, a fin de favorecer un desarrollo normal de la regeneración. En general no se cortan, sino que se anillan en pie, lo que tiene la ventaja de permitir la llegada de luz en forma progresiva a la regeneración y no la daña si eventualmente fueran volteados (*Op. cit.*).

#### **4.3.2.3 Rodales en estado de latizal o fustal, que aún no estén en edad de explotación**

Para el caso de un rodal mixto, en que las especies secundarias posean un mayor desarrollo que Raulí, hay que efectuar una corta de mejoramiento, eliminando los ejemplares de especies secundarias que están en el dosel superior y que interrumpen el normal desarrollo de Raulí; por lo general, esta eliminación es vía anillamiento. Si se tratara de rodales puros de Raulí, los que son muy frecuentes, será necesario realizar raleos (Vita, 1974).

#### **4.3.2.4 Monte medio o monte bajo**

En ocasiones, luego de explotaciones o floreos realizados en rodales puros o mixtos que contienen Raulí, los tocones que permanecen en el suelo regeneran dando origen a un monte bajo, el cual al cabo de un tiempo se transformará en un monte medio con una reserva de mala calidad.

En este caso, el tratamiento apropiado es la conversión a monte alto, para lo cual es necesario efectuar raleos dejando 1 ó 2 retoños por tocón. Al término de la rotación, el rodal puede regenerar por semillas por medio de cortas sucesivas (Vita, 1974).

### 4.3.3 Manejo de renovales

Se considera que para el manejo de renovales con presencia mayoritaria de Raulí, se deben considerar 3 etapas generales, las que corresponden a: establecimiento, clareo y raleo (Grosse, 1989).

- **Establecimiento:** El establecimiento considera regeneración natural (por semilla o tocón), regeneración artificial (como plantación en sectores abiertos o bajo dosel) o mezcla entre individuos regenerados natural y artificialmente. La meta del establecimiento es de 2.500 a 3.000 plantas/ha (*Op. cit.*).

- **Clareo:** Debe cumplir fundamentalmente con 2 metas: la eliminación de árboles lobo, enfermos y de mala forma y constituir un estrato dominante y co-dominante, además de un intermedio que, ayudará a la poda natural y protegerá contra la insolación.

- **Raleo:** El raleo se analizó para situaciones donde se comenzaba a ralear temprano y otras en forma tardía.

En términos generales, los renovales de *Nothofagus* en la etapa de crecimiento óptimo, deberían manejarse liberando a los individuos del estrato a proyectar, de sus competidores más directos, a nivel de los árboles dominantes y co-dominantes.

No se deberá extraer más del 30 - 40 % del área basal de dicho estrato. Así, se asegura una maximización del incremento volumétrico, la estabilidad del rodal frente al viento y se evitan daños por insolación (Grosse, 1989).

Rodríguez (1993), analizó la mortalidad natural de renovales de Roble y Raulí ubicados en las provincias de Malleco y Valdivia, con edades entre los 20 y 50 años. Concluyéndose que, la tasa de mortalidad natural promedio para estas especies, es del orden del 4 al 5 % anual.

### 4.3.4 Podas

Para las especies nativas como los *Nothofagus*, la finalidad de la poda es prevenir el ataque de enfermedades en la base expuesta de las ramas caídas debido a causas naturales y para producir madera de buena calidad.

La 1ª poda a 4 m, se realiza cuando el árbol llega a una altura de 10 a 12 metros. La 2ª poda, a 8 m se efectúa sólo para la producción de madera larga sin nudos, cuando el árbol llega a una altura de 15 a 18 m (JICA, 1993).

### 4.3.5 Raleos

Raulí responde bien a los raleos como lo demuestran los antecedentes que se adjuntan.

Grosse (1989) analizó raleos a temprana edad y edad mediana. Para la situación de raleos a temprana edad se consideran 2 objetivos de manejo. El 1º, cuando la producción se destina a madera aserrable de calidad, situación en la que se cosecha

rán 200 arb/ha extrayendo un volumen del 75 %. El 2° objetivo, diversificar la producción a otros productos como polines, madera aserrada, chips, combustibles, etc, situación en la cual las intervenciones son más suaves no bajándose de un 30 a 40 % del área basal.

Pincheira (1993), obtuvo valores de crecimiento con 10 años de posterioridad a un raleo efectuado en un renoval de Roble - Raulí, en el cual, se observó que; el mayor incremento acumulado en el período, fue experimentado en el tratamiento a 30 m<sup>2</sup> de área basal, con 99,91 m<sup>3</sup>/ha, el cual representa un incremento anual periódico en volumen, de 9,92 m<sup>3</sup>/ha/año.

CUADRO 16  
VOLUMEN DE RAULÍ PARA DIFERENTES NIVELES DE ÁREA BASAL

TRATAMIENTO ÁREA BASAL RESIDUAL (m <sup>2</sup> /ha)	VOLUMEN RAULÍ (m <sup>3</sup> /ha)		INCREMENTO (m <sup>3</sup> )
	1981	1991	
10	58,85	83,75	24,90
	49,94	69,67	19,73
	67,27	105,40	38,13
20	110,35	165,19	54,84
	104,87	147,09	42,22
	122,76	181,88	59,12
30	237,87	331,57	93,70
	262,24	358,06	96,36
	230,10	309,27	79,17
40	383,60	459,16	75,56
	327,01	395,49	68,39
	306,01	365,58	59,57
Testigo	259,63	282,07	22,44
	282,13	336,83	54,70
	276,37	303,79	27,42

Fuente: Pincheira (1993).

El Cuadro 16 muestra los incrementos de volumen en un período de 10 años, luego de efectuado un raleo a distintos niveles de área basal residual.

Grosse (1989), en un estudio hecho en renovales de Raulí, Roble, Coigüe y Tapa en la X Región, obtuvo resultados que evidenciaron las ventajas de raleos tempranos para estas especies.

Se observó que, para Raulí, los incrementos fueron significativamente mayores en el tratamiento que mantenía 30 m<sup>2</sup> de área basal, y presentaron un incremento anual periódico de área basal del orden del 96,6 % del incremento total, lo cual se debe, al parecer, a su mayor participación relativa en el total y en el dosel superior.

Donoso *et al.* (1993a), estudiaron 11 renovales y 18 plantaciones del género *Nothofagus* en las provincias de Valdivia y Cautín. En los renovales se evaluaron los crecimientos diametrales cada 10 años y la respuesta al raleo de los individuos. Después de haberse iniciado los raleos, hace aproximadamente 15 años, los individuos dominantes de los renovales intervenidos una vez, están creciendo a 0,85 cm/año en DAP y los renovales sometidos a 2 raleos a 0,98 cm/año. De mantenerse estas tasas de crecimiento y, si los renovales siguen siendo raleados, las expectativas de crecimiento alcanzan entre 15 y 22 m<sup>3</sup>/ha/año.

Para el caso de raleos a edad mediana, se comienza con un gran número de individuos de diámetros pequeños, considerándose 2 objetivos principales. El 1° consiste en la cosecha total del rodal para su empleo en chips, combustible y madera, para posteriormente regenerar en forma artificial o por rebrotes de tocón; el 2° está basado en una eliminación inmediata del 35% de los individuos de los estratos dominante y codominante. Posteriormente se ralea 2 veces más, manteniendo 300 arb/ha en el estrato superior. El tiempo entre el 1 raleo comercial y la cosecha varía entre 20 y 40 años (*Op. cit.*).

Rocuant (1974), estudió la influencia de diferentes técnicas silviculturales sobre los renovales de Roble y Raulí, concluyendo que el raleo favorece el desarrollo de este tipo forestal al reducir la competencia entre los individuos.

Pincheira (1993), realizó la evaluación de un ensayo de raleo ubicado dentro de los límites de la hacienda Jauja, en el área denominada Plazuela. Los tratamientos consistieron en raleos dejando 10 m<sup>2</sup>/ha (74 % de extracción), 20 m<sup>2</sup>/ha (56 % de extracción), 30 m<sup>2</sup>/ha (29 %) y 40 m<sup>2</sup>/ha (12 %) de área basal, más el tratamiento testigo.

Los renovales ensayados poseen las siguientes características:

Edad	: 37 - 42 años.
Tipo forestal	: Raulí (>70 % del área basal total).
Origen	: monte medio
Exposición	: preferentemente noroeste.
Pendiente	: 5 - 32° (9 - 36 %).

Los antecedentes climáticos de la zona de estudio son los siguientes:

PP media (mm)	: 2.465
t° media (°C)	: 11,6
t° máx. media (°C)	: 19,3
t° min. media (°C)	: 4,4
Humedad relativa (%)	: 58,2

Los resultados de esta evaluación de raleo se indican a continuación en el Cuadro 17

CUADRO 17  
RESULTADOS DE CINCO TRATAMIENTOS DE RALEO

VARIABLE	T1	T2	T3	T4	T0
ÁREA BASAL RESIDUAL (m <sup>2</sup> /ha)	10,00	20,00	30,00	40,00	
% TASA MORTALIDAD ANUAL (81-91)	0,15	0,15	0,15	3,50	
INCREMENTO ÁREA BASAL (m <sup>2</sup> /ha/año)	0,02	0,20	0,37	0,65	0,02
0.32% RECUPERACIÓN ÁREA BASAL (81-91)	10,80	24,8	57,1	60,30	
INCREMENTO VOL. CÚBICO TOTAL PROMEDIO (m <sup>3</sup> /ha/año)	3,49	2,76	5,21	8,96	3,49

Fuente: Pincheira (1993)

Por otra parte Forestal Río Vergara (1987), informa que las proyecciones de crecimiento de los renovales después del raleo, están en relación directa con el área basal residual. De sus experiencias concluyen que el mejor incremento neto en área basal, se produce en niveles de un 30 % de área basal residual lo que se traduce en un incremento en volumen entre 11 - 12 m<sup>3</sup>/ha/año.

Niveles mayores de área basal residual (40 m<sup>2</sup>/ha/año) conducen a un mayor incremento neto en volumen, pero repartido en un mayor número de árboles, con un diámetro menor. Por eso el nivel adecuado para dejar en el bosque está asociado al objetivo productivo.

Para el caso de madera pulpable, niveles altos de área basal, conducen a incrementos netos de 18 m<sup>3</sup>/ha/año y, al contrario, para madera aserrada, son más convenientes menores niveles de área basal inicial con el objeto de lograr un mayor crecimiento en diámetro.

El estudio concluye finalmente que los mejores resultados se consiguieron con un raleo selectivo, lo cual implica eliminar los individuos de mala forma, suprimidos, dominantes y co-dominantes, dejando en el bosque niveles de área basal no inferiores a 30 m<sup>2</sup>/ha.

Dicha intensidad de raleo entrega incrementos en volumen de 11 m<sup>3</sup>/ha/año, con una recuperación del área basal original luego de aproximadamente 15 años de respuesta (*Op. cit.*).

## 5.

# PRODUCCIÓN DE MADERA

---

### 5.1 CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LA MADERA

La madera de Raulí tiene un duramen de color café - rosado - pálido. La albura, es de color rosado blancuzco. La textura es homogénea y fina, de un vetado muy suave (Díaz-Vaz, 1987).

Es una madera de peso moderado, cuya densidad es de aproximadamente 0,55 g/cm<sup>3</sup> a 12 % de contenido de humedad.

La madera de Raulí es muy apreciada por sus características físicas y mecánicas. Es resistente y de adecuada estabilidad. Se le clasifica como una madera fácil de secar artificialmente y posee una durabilidad entre 5 y 15 años en usos exteriores, la cual, aún siendo menor que la de otras latifoliadas nativas, como el Coigüe, resulta suficiente para utilizarla en revestimientos interiores y exteriores de construcciones.

Es fácil de aserrar, cepillar y torneare, lográndose excelentes terminaciones. Es de fácil elaboración, no se tuerce ni se agrieta y permite realizar buenos encolados.

Los anillos de crecimiento son medianamente notorios y delimitados, no presentando diferencias marcadas a simple vista dentro de los anillos, los que son de curso regular y delgados (*Op. cit.*). Al respecto, Campos *et al.* (1990) señalan que los anillos de crecimiento están claramente diferenciados y los rayos medulares sólo se distinguen al observarse a través de un lente de aumento.

### 5.2 CARACTERÍSTICAS MICROSCÓPICAS DE LA MADERA

Raulí presenta porosidad difusa. Los vasos son pequeños, en su mayoría múltiples, ordenados en filas radiales de 2 a 6 células, pero también los hay solitarios. Sus diámetros oscilan entre los 20 y los 100 micrómetros, y su largo, entre los 0,3 y 1,1 mm. Los vasos de mayor diámetro generalmente se encuentran al inicio del anillo de crecimiento, con tendencia a formar una banda tangencial. Hacia la madera tardía los vasos disminuyen sus diámetros. Las placas de perforación son simples y a veces escaleriformes (Díaz-Vaz, 1987).

Los radios leñosos son heterogéneos: uniseriados, biseriados y también triseriados, pero éstos son menos frecuentes. Su altura es de unas 17 células con un máximo de 35.

Presenta células erectas marginales, generalmente una en cada extremo, no fáciles de reconocer en las secciones tangenciales. Los radios leñosos son de curso sinuoso, desviándose en las cercanías de los vasos.

El parénquima longitudinal es escaso, difuso y a menudo, marginal (*Op. cit.*).

Por su parte, Cuevas (1983) indica que a pesar de que su secado no es dificultoso, es una especie de madera refractaria a la impregnación aunque fácil de trabajar, muy estable una vez seca; se encola, pinta y barniza con excelentes resultados.

Respecto al fenómeno de tilosis, en Raulí puede visualizarse fácilmente al microscopio. La cantidad de tiloides va en aumento desde la periferia (albura) hacia el centro (duramen). La albura presenta tilosis incipiente, la que aumenta notablemente en la zona de transición albura-duramen, llegando a un máximo en la madera duraminizada (Von Dessauer, 1972).

El Cuadro 18 informa de los valores de densidad de la madera de Raulí que diversos autores han señalado a diferentes contenidos de humedad.

CUADRO 18  
DENSIDAD DE LA MADERA DE RAULÍ

AUTOR	AÑO	CONTENIDO HUMEDAD (%)	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )
TORRICELLI	1941	verde	0,50
	1941	12	0,52
BRAGAR	1960	12	0,49
	1960	11	0,49
ARMSTRONG	1963	12	0,58

Fuente: INFOR (1967)

El Cuadro 19, resume las principales características físico-mecánicas de la madera de Raulí según lo indica INFOR (1990).

Von Dessauer (1972) indica valores de densidad anhidra en la albura y duramen de Raulí (Cuadro 20).

Respecto de las aptitudes para la fabricación de tableros, Naveillan (1986) comprobó que los tableros de partículas producidos con Roble y Raulí en la zona de Valdivia, cumplen con los requisitos establecidos por normas internacionales.

Es importante considerar que, en la fabricación de estos productos, el valor del pH en la madera influye en el fraguado del adhesivo. En el caso del adhesivo usado en la fabricación de los tableros, ureaformaldehído, el fraguado se produce en óptimas condiciones cuando el pH se encuentra alrededor de 3,5 (Poblete y Zárate, 1986).

Considerando la importancia que este factor presenta en la calidad de la adhesión, se presenta el Cuadro 21 a fin de indicar los valores de pH a distintos contenidos de humedad, que tienen Roble, Raulí y un híbrido de ambos (Poblete, 1989).

CUADRO 19  
PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÁNICAS

Densidad aparente 12% (g/cm <sup>3</sup> )	539	Cota dinámica	1,35
Dureza normal (Rdn/kg)	354	Resistencia a compresión paralela Ce	Superior
Cota de flexión Cf	14,30	Resistencia unitaria al clivaje (kg/cm)	85,30
Resistencia a flexión estática (kg/cm <sup>2</sup> )	770	Cota de laminabilidad	1,58
Cota de tenacidad Ct	2,40	Contracción radial	2,5 - 3,5
Resistencia a flexión dinámica Cr	0,33	Contracción tangencial	5,0 - 6,0
Cota de Dureza Cd	1.219		

Fuente: INFOR (1990)

CUADRO 20  
DENSIDAD DE ALBURA Y DURAMEN

MUESTRA	HUMEDAD	DENSIDAD
ALBURA	ANHIDRA (0%)	0,50 g/cm <sup>3</sup>
DURAMEN	ANHIDRA (0%)	0,51 g/cm <sup>3</sup>

Fuente: Von Dessauer (1972)

CUADRO 21  
VALORES DE pH PARA ROBLE, RAULÍ E HÍBRIDO

MUESTRA	ROBLE	HÍBRIDO	RAULÍ
HÚMEDA (12%)	5,1	5,9	4,5
SECA (4%)	4,8	4,6	4,1

Fuente: Poblete (1989)

De la información anterior, el autor concluye que Raulí favorecería el fraguado del adhesivo y, la madera de Roble haría que el proceso fuese más lento. Al secar la madera en forma de partículas, Raulí resulta la más apta para producir tableros con ureaformaldehído, y la de Roble, la menos adecuada para este propósito.

### 5.3 SECADO

INFOR (1994) analizó el secado natural y artificial (convencional), de madera aserrada de renovales de Raulí y Roble. Para esto, se voltearon y trozaron árboles, al pie de bosques en la Precordillera Andina de la IX Región. Las trozas se dimensionaron a 25 y 50 mm de espesor. El secado natural fue realizado en 2 épocas: invierno y verano. Se ejecutaron 8 ensayos de secado artificial a escala piloto (Capacidad: 0.25 m<sup>3</sup>) y 2 a escala industrial (Capacidad: 4 m<sup>3</sup>).

Los resultados indican que los renovales de Roble y Raulí pueden secarse satisfactoriamente bajo un mismo programa de secado artificial, empleando temperaturas convencionales, en el que se incluye un precalentamiento en ambiente saturado a 80°C. La duración del secado de la madera de 25 mm de espesor fue de alrededor de 8 a 10 días; el tiempo de secado de la madera de 50 mm, dependiendo del grado de duraminización, varió entre 2 y 37 días.

Además, se observó que el grado de duraminización afecta notablemente la velocidad del secado convencional de los renovales de Roble y Raulí. La madera menos duraminizada se deja secar más rápido y presenta un mejor comportamiento. Un bajo contenido de humedad inicial favorece a la calidad de la madera secada.

### 5.4 PRODUCCIÓN NACIONAL

A nivel nacional, la mayor parte del bosque de Raulí cosechado abastece a la industria del aserrío, tanto para el consumo interno como para exportación. En el Cuadro 22, se puede observar la producción entre los años 1989 y 1993, comparándose con su similar en *Pinus radiata* y como porcentaje del total de especies a nivel nacional.

CUADRO 22  
PRODUCCIÓN DE MADERA ASERRADA DE RAULÍ

AÑO	<i>Pinus radiata</i> (m <sup>3</sup> )	OTRAS ESPECIES (m <sup>3</sup> )	RAULÍ (m <sup>3</sup> )	% RAULÍ	TOTAL (m <sup>3</sup> )
1989	2.322.800	263.900	14.100	0,54	2.600.800
1990	2.889.100	403.800	34.000	1,02	3.326.900
1991	2.750.700	435.400	31.400	0,97	3.217.500
1992	2.564.500	433.400	19.200	0,63	3.019.100
1993	2.663.100	421.400	29.400	0,94	3.112.900

Fuente: INFOR (1989, 1990, 1991, 1992, 1993, 1994)

La producción de Raulí proviene principalmente de la X Región, la cual aporta entre un 70 % y un 75 % de lo generado a nivel nacional, seguida por la VIII Región con cerca de un 15 % y, finalmente, la IX Región con aproximadamente un 10 - 14 %.

La Figura 3, muestra el retorno de los productos que se exportan principalmente a Argentina, España y Alemania, siendo la madera aserrada la base de estos montos.

A continuación (Cuadro 23) se informa del volumen de madera aserrada exportada entre los años 1991 y 1994.

CUADRO 23  
VOLUMEN DE EXPORTACIONES DE MADERA ASERRADA

AÑO	Pinus radiata (m <sup>3</sup> )	OTRAS ESPECIES (m <sup>3</sup> )	RAULÍ (m <sup>3</sup> )	% RAULÍ	TOTAL (m <sup>3</sup> )
1991	820.648	51.761	10.252	0,012	872.409
1992	681.659	41.297	9.601	0,013	722.956
1993	601.587	26.896	5.725	0,009	628.483
1994	809.550	36.621	8.180	0,010	846.170

Fuente: INFOR (1991, 1992, 1993, 1994)

Raulí ocupa el 9,1% de la producción de madera nativa aserrada, lo cual la ubica en 5° lugar, antecedido por Coigüe (21,91%), Tapa (16,4%), Roble (13,9%) y Lenga (13,0%).

## 5.5 APROVECHAMIENTO

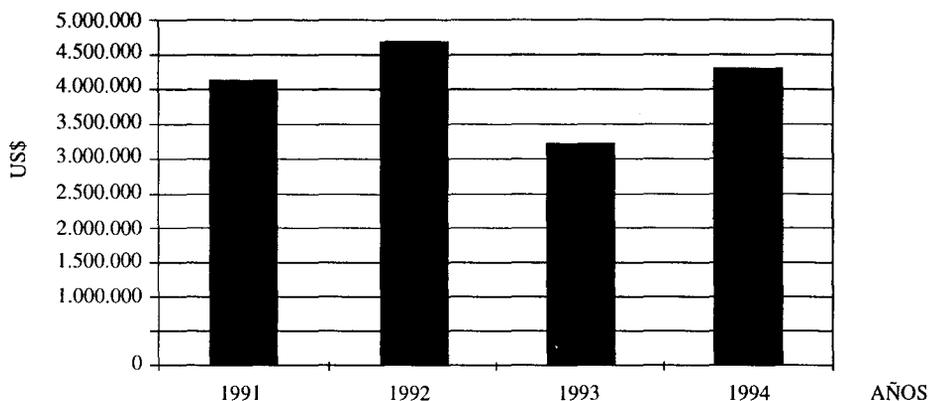
El conjunto de propiedades de la madera de Raulí, la convierten en una de las especies más apreciadas del país.

El uso principal es como madera aserrada, pues tiene gran aceptación, dadas sus ventajas y fácil elaboración. Debido a su estabilidad dimensional, la madera de Raulí es usada en puertas, ventanas, mueblería, pisos y parquets.

Las trozas de gran diámetro y con un veteado homogéneo y buenas condiciones estéticas, se pueden utilizar en la fabricación de chapas decorativas, las que son muy apreciadas en mueblería y revestimientos interiores.

La madera de inferior calidad se puede utilizar para la confección de duelas, tejuelas aserradas y partículas para la producción de tableros e incluso, se podría utilizar como materia prima para la fabricación de papel si se mezcla con otras pastas (Von Dessauer, 1972).

FIGURA 3  
**RETORNO DE EXPORTACIONES PARA RAULÍ PERÍODO 1991 - 1994**



Desde el punto de vista técnico, existe una serie de procesos industriales que pueden utilizar Raulí como materia prima, la madera rolliza de diámetros pequeños proveniente de renovales. Entre estas se encuentran: tableros aglomerados de partículas, celulosa de fibra corta, madera aserrada, madera redonda impregnada, además leña y carbón.

Con respecto a los tableros de partículas, se sabe que una mayor densidad de la madera, se traduce en una menor resistencia a la flexión del tablero y que la máxima tolerancia de contenido de corteza es de un 10 %; en este sentido, ambas características son adaptables a la madera de renovales, de menor densidad y corteza que el bosque maduro (Herrera, 1992).

En términos de consumo de materia prima, se considera que una planta con una producción de 7.500 toneladas anuales (que corresponde a un tamaño mínimo rentable) implica una demanda anual de 19.500 m<sup>3</sup> para asegurar el abastecimiento, en base a un factor de conversión de 2,6 m<sup>3</sup> por tonelada de producto.

Para la producción de pulpa de fibra corta, se requiere 6,5 m<sup>3</sup> de materia prima por tonelada de producto.

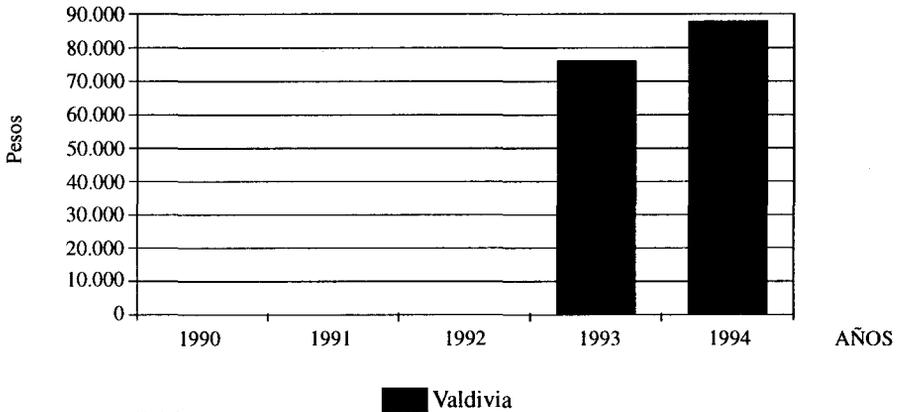
En lo referido a la producción de madera aserrada, ésta se enfoca básicamente a la producción de madera de albura o *hualle*, favoreciendo con esto el acortamiento de las rotaciones de Raulí, ya que la duraminización del árbol recién alcanza un 60 % a los 160 años de edad; por eso es sumamente factible la utilización de aserraderos portátiles o móviles para la faenación de individuos de diámetros pequeños.

Para mantener un aserradero con una producción diaria de 1.000" y 150.000" anuales, sería necesario un volumen de materia prima de 7.500 m<sup>3</sup>/día (*Op. cit.*).

## 5.6 PRECIOS

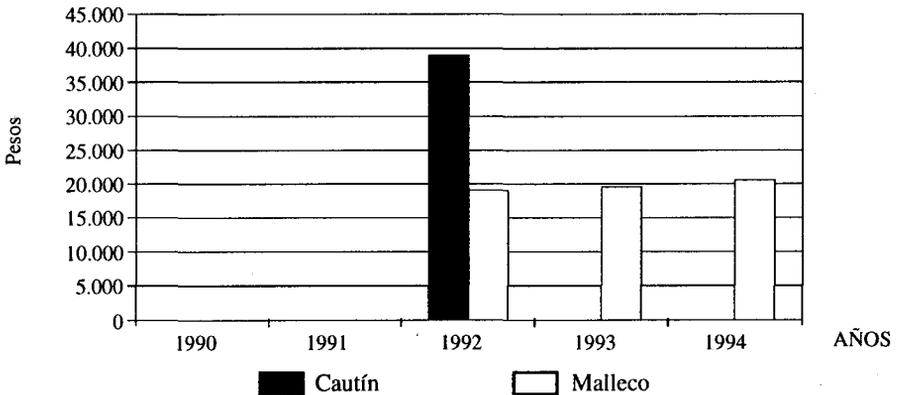
Básicamente los antecedentes de precios se refieren a los diferentes productos que se obtienen del bosque, dando principal importancia a la madera destinada a pulpa (con dos calidades), madera aserrada y chapas. Las figuras siguientes muestran los precios para estos productos, separados por provincia.

FIGURA 4  
**PRECIO DE MADERA PARA CHAPA (\$ / m<sup>3</sup>)**  
**PERÍODO 1990-1994**



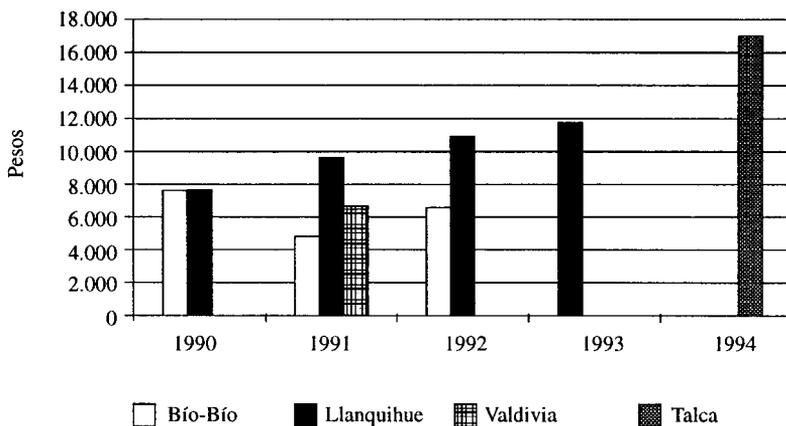
Fuente: INFOR (1991, 1992, 1993, 1994)

FIGURA 5  
**PRECIO DE MADERA ASERRABLE (\$ / m<sup>3</sup>)**  
**PERÍODO 1990 - 1994**



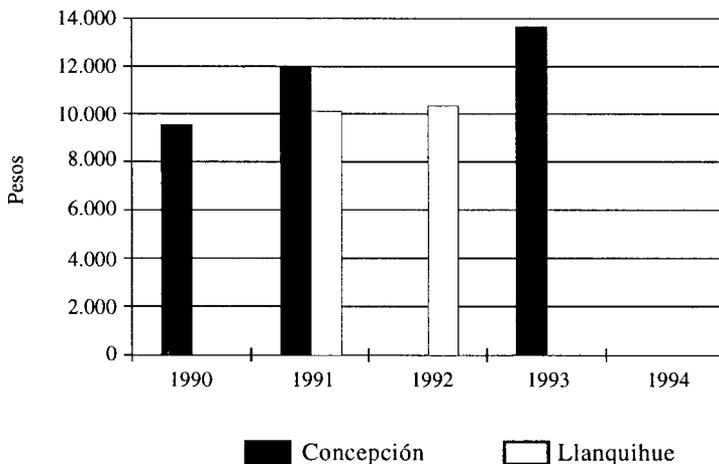
Fuente: INFOR (1991, 1992, 1993, 1994)

**FIGURA 6**  
**PRECIO DE TROZAS PULPABLES C1 (\$/m<sup>3</sup>)**  
**PERÍODO 1990 - 1994**



Fuente: INFOR (1991, 1992, 1993, 1994)

**FIGURA 7**  
**PRECIO DE MADERA PULPABLE CII (\$/m<sup>3</sup>)**  
**PERÍODO 1990 - 1994**



Fuente: INFOR (1991, 1992, 1993, 1994)

# 6. EVALUACIÓN ECONÓMICA

---

---

## 6.1 ANTECEDENTES

### 6.1.1 Crecimiento esperado

Esta evaluación económica utiliza como base la información que proviene del análisis a una plantación de Raulí de 13 años de edad, ubicada en la precordillera andina de la provincia de Valdivia (Donoso<sup>1</sup>, 1996). Los datos, desde los 14 años hasta la edad de rotación, se obtuvieron mediante el ajuste de cada variable considerada, a partir de los datos reales de la plantación.

#### Manejo Intensivo:

$$E = 3,035441 + 0,023052 \times \text{DAP}^2$$

donde:

E = Edad (años)

DAP = Diámetro a 1,3 m de altura (cm)

r = 0,9337

$$\text{Ht} = 1,85698 + 0,526412 \times \text{DAP}^2$$

donde:

Ht = Altura total (m)

DAP = Diámetro a 1,3 m de altura (cm)

r = 0,99

$$V = 0,001508 + 7,018 \times 10^{-6} \times \text{DAP}^2 + 5,25 \times 10^{-43} \times \text{DAP}^2 \times \text{Ht} + 0,000051 \times \text{DAP} \times \text{Ht}^2 - 0,000148 \times \text{Ht}^2$$

donde:

V = Volumen total sin corteza (m<sup>3</sup>ssc)

DAP = Diámetro a 1,3 m de altura (cm)

Ht = Altura total (m)

r = 0,99

## Manejo extensivo

$$E = 2,407735 + 0.03227 \times \text{DAP}^2$$

donde: E = Edad (años)  
DAP = Diámetro a 1,3 m de altura (cm)  
r = 0,97

$$\text{Ht} = 1,68097 + 0,729704 \times \text{DAP}^2$$

donde: Ht = Altura total (m)  
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)  
r = 0,994

$$V = 0,001508 + 7,018 \times 10^{-6} \times \text{DAP}^2 + 5,25 \times 10^{-43} \times \text{DAP}^2 \times \text{Ht} + 0,000051 \times \text{DAP} \times \text{Ht}^2 - 0,000148 \times \text{Ht}^2$$

donde: V = Volumen total sin corteza (m<sup>3</sup>ssc)  
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cm)  
Ht = Altura total (m)  
r = 0,99

### 6.1.2 Rotación

En el presente análisis, se evalúan plantaciones de rotación de 40 años orientadas a la producción de madera debobinable, aserrable y pulpable para zonas de crecimientos de 23 m<sup>3</sup>/ha/año, y aserrable y debobinable para las de 17 m<sup>3</sup>/ha/año.

## 6.2 MARCO DE EVALUACIÓN

Esta evaluación económica, corresponde a un análisis de los costos e ingresos de la rotación de la plantación de Raulí. Los costos incluyen la inversión inicial para concretar la plantación, costos de administración, de manejo, de mantención y de cosecha. Los ingresos corresponden a la venta de los diversos productos de la plantación durante la rotación.

La evaluación consideró 3 escenarios:

- Escenario I : costos bajos de establecimiento, manejo y administración, y precios altos de los productos;
- Escenario II : costos y precios probables; y
- Escenario III : costos altos de establecimiento, manejo y administración, y precios bajos de los productos.

Estos mismos escenarios se evaluaron con bonificación forestal y sin ella, a fin de analizar las variaciones producidas en el flujo de fondos, atribuibles al reembolso del 75 % de los costos de establecimiento, administración, y de las 2 primeras podas. Como indicador de rentabilidad se utilizó el VES (valor económico del suelo), que corresponde al valor actual de los beneficios netos de todas las futuras rotaciones del bosque planificadas sobre dicho suelo, bajo un determinado esquema de manejo (Chacón, 1995). Se eligió este indicador que permite comparar económicamente, distintas edades de rotación.

Este modelo se define de la siguiente forma:

$$\text{VES} = \frac{V(R) + \sum_t \text{IN}_t (1+i)^{R-t} - C}{(1+i)^R - 1} - C - \frac{a}{i}$$

donde:

- R: Edad de Rotación
- i: Tasa de actualización
- V(R): Valor de la madera en pie a edad R(\$/ha).
- IN<sub>t</sub>: Ingresos netos al año t (\$/ha)
- C : Costos de establecimiento (\$/ha)
- a: Costo anual de administración (\$/ha/año)

El VES se interpreta como el precio máximo a pagar por el suelo. Si el VES para el proyecto resulta mayor que el valor comercial del suelo, entonces conviene ejecutar el proyecto en ese terreno.

Se consideraron 3 tasas de actualización; 6, 8 y 10% las que se determinaron según el tipo de inversionista: grandes, medianos y pequeños, respectivamente.

Se debe tener presente que, si bien el indicador empleado proyecta infinitas rotaciones de la plantación, para efectos de la evaluación de la rentabilidad con bonificación estatal a la forestación, ésta sólo beneficia a la primera de ellas. Para la segunda y sucesivas rotaciones la bonificación no se considera en la evaluación.

Por último, como la evaluación considera un horizonte infinito, es pertinente establecer una razón de cambio en los precios e ingresos. Sin embargo, en lo que a mano de obra se refiere, la información disponible para nuestro país es reciente y no refleja con claridad un alza en este costo.

En el caso de los ingresos por producto de Raulí, tampoco las fuentes de antecedentes indican un incremento de sus precios.

En conclusión, tanto los costos como los ingresos se consideran constantes para esta evaluación.

## 6.3 ANTECEDENTES BÁSICOS

### 6.3.1 Indicadores económicos

Los valores utilizados se expresan en pesos (\$) chilenos, actualizados al 15 de Noviembre de 1995, fecha en que regían los siguientes valores referenciales.

Unidad de Fomento (UF): \$ 12.394,7  
 Dólar observado (US\$): \$ 405,76

### 6.3.2 Valor de la jornada de trabajo

Los criterios para determinar el valor de la jornada de trabajo, para los distintos escenarios evaluados fue el siguiente:

Escenario I: El costo de la mano de obra equivale al salario mínimo legal, cuyo valor alcanza los \$ 58.900 mensuales correspondientes a 24 jornadas.

Escenario II: El costo de la mano de obra corresponde al salario medio pagado por las empresas forestales a nivel nacional.

Escenario III: El costo de la mano de obra equivale al salario máximo pagado por las empresas forestales a nivel nacional.

De acuerdo a los 3 escenarios se consideraron los siguientes costos de mano obra por jornada según escenario:

CUADRO 24  
 VALOR BRUTO DE LA JORNADA DE TRABAJO

Escenario I	Escenario II	Escenario III
(Costo Bajo)	(Costo Medio)	(Costo Alto)
\$2.454	\$3.681	\$4.908

## 6.4 COSTOS DIRECTOS

### 6.4.1 Costos de establecimiento

Otero<sup>2</sup> propone una densidad de plantación de 1.600 arb/ha, con plantas tipo 1:0 a raíz desnuda, para sitios de buena calidad en los cuales se puede aplicar una silvicultura intensiva. En el caso de sitios de calidad regular, se propone una densidad de plantación de 2.500 arb/ha, con un manejo extensivo<sup>2</sup>.

Los costos de establecimiento incluyen: reducción de desechos, preparación de suelos, costos de plantación, insumos tales como plantas de vivero, fertilizantes, control de malezas y materiales de cerco. Éstos se encuentran detallados en el Anexo IV.

#### **6.4.2 Costos de manejo**

Se incluye la mano de obra contratada para realizar desbroce, podas, raleos (Anexo IV). El año de ejecución de estas actividades dependerá del esquema de manejo propuesto.

#### **6.4.3 Costos de cosecha**

Incluye las faenas de volteo y madereo de los árboles al final de la rotación, así como los campamentos necesarios para estas labores. También incluye la construcción de caminos realizados en el año anterior al 1<sup>er</sup> raleo comercial (Anexo IV).

#### **6.4.4 Costos de administración**

Para evaluar el presente proyecto, se supone que se destinan 4 jor/ha/año en lo referente a la administración de estas plantaciones. El valor de las jornadas se consideró, según lo estipulado para cada uno de los escenarios mencionados anteriormente. Este costo de administración se refiere a las siguientes actividades:

- labores menores en la plantación, reparación de cercos, etc., y
- supervisión.

Se incluye dentro de este punto el costo de un seguro contra: incendios, daño por viento, desastres naturales y heladas, cuyo valor fue fijado en \$ 3.246 anuales/ha a partir del año 0 hasta el final de la rotación. Este valor proviene de la tasa promedio que pagan las empresas forestales por este concepto. El hecho de utilizar la tasa empleada por las empresas, se debe a que las compañías de seguro fijan primas muy altas a pequeños propietarios e incluso existen compañías que definitivamente no cubren siniestros en este tipo de propiedades (Anexo IV).

#### **6.4.5 Costos de mantención**

Incluye la mantención de los cortafuegos a partir del 2° año hasta el año 38. Esta actividad se realiza cada 2 años (Anexo IV).

#### **6.4.6 Costos de protección forestal**

Incluye el control y combate de incendios, guardería y control de plagas y enfermedades. Los 2 primeros son considerados como costos anuales. Respecto a plagas y enfermedades, en Chile Raulí no presenta problemas fitosanitarios importantes, por lo cual no se incluyen en el análisis (Anexo IV).

## 6.5 VALOR DE LOS PRODUCTOS

Actualmente la madera de Raulí se comercializa en el mercado nacional principalmente como madera aserrable, madera pulpable, madera debobinable y madera elaborada.

Para efectos de esta evaluación económica serán considerados los precios que alcanza el m<sup>3</sup> de los principales productos forestales de Raulí puestos a orilla de camino (Cuadro 25).

CUADRO 25  
PRECIOS DE PRODUCTOS A ORILLA DE CAMINO

PRODUCTOS	PRECIOS (\$ / m <sup>3</sup> )		
	Mínimo	Normal	Máximo
MADERA PULPABLE	4.948	5.498	6.048
MADERA ASERRABLE	16.875	18.750	20.625
MADERA DEBOBINALE	28.405	31.581	34.717

Fuente: INFOR (1995)

Los precios de madera debobinable utilizados, corresponden a albura debido a que a la edad de rotación considerada no se alcanza a obtener madera duraminizada. Sin embargo esta última alcanza valores promedios a orilla de camino de \$ 85.950 m<sup>3</sup>.

Los ingresos se encuentran detallados en el Anexo V.

## 6.6 ESQUEMAS DE MANEJO SEGÚN EL TIPO DE ESCENARIO

Se evaluó un esquema de manejo intensivo para Raulí, y otro extensivo, los que se diferencian básicamente por el tipo de actividad a realizar. La densidad inicial de plantación es de 1.600 arb/ha para el manejo intensivo y de 2.500 arb/ha para el manejo extensivo.

Los tipos de manejo aplicados variaron según los sitios seleccionados. Se presenta un manejo extensivo, debido al menor crecimiento que presentan las plantaciones de Raulí en éste. El manejo extensivo considera un raleo a desecho y un raleo comercial. Con esto, se espera obtener madera aserrable nudosa y pulpable solamente.

Las plantaciones ubicadas en sitios de mayor crecimiento de 23 m<sup>3</sup>/ha/año consideran un manejo intensivo, es decir, un raleo a desecho, 3 raleos comerciales y 3 podas, con el objetivo de producir madera debobinable, madera aserrable y madera pulpable.

A continuación se indican los esquemas de manejo a considerar en cada uno de los sitios analizados. Se definen también las siglas con las cuales se identificará a cada una de estas situaciones.

**Sitio I:**

IMA	: 23 m <sup>3</sup> /ha/año
Tipo de manejo	: Intensivo
Objetivo	: Madera debobinable, aserrable y pulpable
<i>Esquema</i>	<i>Escenario</i>
Ra 40 11	: Escenario I, costos bajos - precios altos
Ra 40 12	: Escenario II, costos y precios probables
Ra 40 13	: Escenario III, costos altos - precios bajos

**Sitio II:**

IMA	: 17 m <sup>3</sup> /ha/año
Tipo de manejo	: Extensivo
Objetivo	: Madera aserrable y pulpable
<i>Esquema</i>	<i>Escenario</i>
Ra 40 21	: Escenario I, costos bajos - precios altos
Ra 40 22	: Escenario II, costos y precios probables
Ra 40 23	: Escenario III, costos altos - precios bajos

CUADRO 26

ESQUEMA DE MANEJO PARA RAULÍ MODALIDAD Ra4011

EDAD (años)	N° arb/ha Residual	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN EXTRAER (m³/ha)	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
0	1.600	-	-	-	Roce	Liviano
					Cortafuego	Ancho: 4m
					Plantación	Plantas a raíz desnuda 1:0
					Control de malezas	Control puntual
6	1.000	7,25	11,3	-	Raleo a desecho	
					Primera poda selectiva	40% de la altura de los árboles
14	800	13,58	21,8	44	Primer raleo comercial	
					Segunda poda selectiva	40% de la altura de los árboles
20	600	17,09	27,6	85	Segundo raleo comercial	
					Tercera poda selectiva	40% de la altura de los árboles, sólo los árboles que quedarán para la cosecha
26	400	20,06	32,5	123	Tercer raleo comercial	
40	-	27,58	44,9	658	Cosecha	Considera construcción de campamentos, volteo y madereo con skidder

CUADRO 27

## ESQUEMA DE MANEJO PARA RAULÍ MODALIDAD Ra 40 12

EDAD (años)	Nº arb/ha Residual	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN EXTRAER (m³/ha)	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
0	1.600	-	-	-	Roce	Liviano
					Reducción de desechos	Ordenamiento en fajas mediano
					Cortafuego	Ancho: 4m
					Plantación	Plantas a raíz desnuda 1:0
					Control de malezas post-plantación	Control puntual
6	1.000	7,25	11,3	-	Raleo a desecho	
					Primera poda selectiva	40% de la altura de los árboles
14	800	13,58	21,8	44	Primer raleo comercial	
					Segunda poda selectiva	40% de la altura de los árboles
20	600	17,09	27,6	85	Segundo raleo comercial	
					Tercera poda selectiva	
26	400	20,06	32,5	123	Tercer raleo comercial	
40	-	27,58	44,9	658	Cosecha	Considera construcción de campamentos, volteo y madereo con skidder

**CUADRO 28**  
**ESQUEMA DE MANEJO PARA RAULÍ MODALIDAD Ra 40 13**

<b>EDAD</b> <b>(años)</b>	<b>N° arb/ha</b> <b>Residual</b>	<b>ALTURA</b> <b>(m)</b>	<b>DAP</b> <b>(cm)</b>	<b>VOLUMEN</b> <b>EXTRAER</b> <b>(m³/ha)</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
0	1.600	-	-	-	Roce	Mediano
					Reducción de desechos	Ordenamiento en fajas
					Cortafuego	Ancho: 4m
					Control de malezas pre-plantación	Control total aéreo
					Plantación	Plantas a raíz cubierta genéticamente mejorada Aplicación de 1g de copolímero de ácido acrílico y poliacrilamida a base de sal de potasio
					Fertilización	Aplicación en dos hoyos
					Control de malezas	Control puntual
1	1.600	-	-	-	Desbroce	Desbroce manual con rendimiento mediano
6	1.000	7,25	11,3	-	Raleo a desecho	
					Primera poda selectiva	
14	800	13,58	21,8	44	Primer raleo comercial	
					Segunda poda selectiva	40% de la altura de los árboles
20	600	17,09	27,6	85	Segundo raleo comercial	
					Tercera poda selectiva	
26	400	20,06	32,5	123	Tercer raleo comercial	
40	-	27,58	44,9	658	Cosecha	Considera construcción, campamentos, volteo y madereo con torre

**CUADRO 29**  
**ESQUEMA DE MANEJO PARA RAULÍ MODALIDAD Ra 40 21**

<b>EDAD</b> <b>(años)</b>	<b>N° arb/ha</b> <b>Residual</b>	<b>ALTURA</b> <b>(m)</b>	<b>DAP</b> <b>(cm)</b>	<b>VOLUMEN</b> <b>EXTRAER</b> <b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
0	2.500	-	-	-	Roce	Liviano
					Cortafuego	Ancho: 4m
					Plantación	Plantas a raíz desnuda 1:0
					Control de malezas post-plantación	Control puntual
8	1.400	10,39	11,93	-	Raleo a desecho	
22	800	19,66	24,64	87	Primer raleo comercial	
40	-	26,59	34,13	615	Cosecha	Considera construcción de campamentos, volteo y madereo con skidder

**CUADRO 30**  
**ESQUEMA DE MANEJO PARA RAULÍ MODALIDAD Ra 40 22**

<b>EDAD</b> <b>(años)</b>	<b>N° arb/ha</b> <b>Residual</b>	<b>ALTURA</b> <b>(m)</b>	<b>DAP</b> <b>(cm)</b>	<b>VOLUMEN</b> <b>EXTRAER</b> <b>(m<sup>3</sup>/ha)</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
0	2.500	-	-	-	Roce	Liviano
					Reducción de desechos	Ordenamiento en fajas mediano
					Cortafuego	Ancho: 4m
					Plantación	Plantas a raíz desnuda 1:0
					Control de malezas post-plantación	Control puntual
8	1.400	10,39	11,93	-	Raleo a desecho	
22	800	19,66	24,64	87	Primer raleo comercial	
40	-	26,59	34,13	615	Cosecha	Considera construcción de campamentos, volteo y madereo con skidder

CUADRO 31

ESQUEMA DE MANEJO PARA RAULÍ MODALIDAD Ra 40 23

EDAD (años)	N° arb/ha Residual	ALTURA (m)	DAP (cm)	VOLUMEN EXTRAER (m³/ha)	ACTIVIDAD	OBSERVACIONES
0	2.500	-	-	-	Roce	Mediano
					Reducción de desechos	Trituración de desechos
					Cortafuego	Ancho: 4m
					Control de malezas	Control total aéreo
					Plantación	Plantas a raíz cubierta genéticamente mejorada Aplicación de 1 gr gel por planta.
					Fertilización	Aplicación en dos hoyos
					Control de malezas	Control puntual
1	-	-	-	-	Desbroce	Mediano
8	1.400	10,39	11,93	-	Raleo a desecho	
22	800	19,66	24,64	87	Primer raleo comercial	
40	-	26,59	34,13	615	Cosecha	Considera construcción de campamentos, volteo y madereo con skidder

**6.7 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA**

En base a los antecedentes anteriormente señalados, se procedió a realizar la evaluación económica de las plantaciones de Raulí, bajo los diferentes esquemas de manejo propuesto.

Para mayor detalle de esta evaluación (flujos de costos e ingresos), remitirse a biblioteca INFOR o CONAF.

Los resultados de esta evaluación se resumen en el Cuadro 32, en el cual se puede observar la rentabilidad del cultivo bajo diferentes esquemas de manejo, con bonificación forestal y sin ella, en los diferentes escenarios planteados.

**CUADRO 32**  
**RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA RAULÍ (M\$ / ha)**

	IMA (m <sup>3</sup> /ha/año)					
	17			23		
	10%	8%	6%	10%	8%	6%
<b>SIN BONIFICACIÓN</b>						
Costos bajos - precios altos	-245	-82	326	169	619	1.613
Costos y precios probables	-451	-343	-46	-145	200	993
Costos altos y precios bajos	-854	-807	-639	-610	-361	236
<b>CON BONIFICACIÓN</b>						
Costos bajos - precios altos	-47	122	536	367	823	1.823
Costos y precios probables	-253	-139	164	53	404	1.202
Costos altos y precios bajos	-656	-603	-429	-412	-158	446

El VES puede ser interpretado como el valor máximo a pagar por el suelo, en cuyo caso los valores varían entre - 854.000 y 1.613.000 \$/ha, según la tasa de descuento y la zona de crecimiento considerada, siendo la alternativa más rentable la de costos bajos - precios altos, con una tasa de actualización del 6 % en sitios con incrementos medios anuales de 23 m<sup>3</sup>/ha/año.

Una primera observación de los resultados que arroja la evaluación económica, bajo los parámetros que ha fijado el investigador muestra que la plantación de Raulí debe hacerse en buenos sitios, en los cuales se justifiquen la practica de una silvicultura intensiva orientada a obtener productos de alta calidad. En sitios malos, no parece conveniente invertir en plantaciones de Raulí, excepto casos muy coyunturales.

En buenos sitios, por el contrario, en la mayoría de los casos, la evaluación económica muestra índices positivos, sobre todo tratándose de una inversión de largo plazo, los cuales en otras plazas y con este índice de riesgo bordean, en el mejor de los casos, el 5%. Es conveniente recordar que las plantaciones forestales, según la opinión de variados economistas forestales, dado su bajo nivel de riesgo, no debiera exigírsele tasas de descuento superiores al 6%, en cuyo caso todos los resultados muestran índices positivos o muy positivos (El valor de estos terrenos oscila entre \$300.000 y \$800.000).

Aún más, con tasas de descuento mayores al 8% la mayoría de los resultados son positivos con excepción de aquellos escenarios en los cuales se ha realizado una

mala gestión, como es el caso de elevar los costos de producción o vender a precios bajos cuestión que en la producción silvícola forestal siempre es salvable por la vía de esperar, «bodegando en vivo», un escenario más propicio en la relación al valor del producto. Una inversión a 30 años al 8% de rentabilidad es una excelente inversión.

Resulta interesante destacar además que los flujos de ingreso comienzan ya el año 14-15 repitiéndose año 20, 25 y 26.

La bonificación estatal puede llegar a ser muy significativa en cuanto sean mayores las exigencias de gestión y rentabilidad impuestas al cultivo, determinantes en algunos casos pudiendo llegar a duplicarla.

# 7.

## Obtención de zonas potenciales para el establecimiento de Raulí, Regiones VII-X

---

### 7.1 INTRODUCCIÓN

A continuación, se sintetiza el trabajo realizado para identificar las zonas potenciales de establecimiento de Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) en Chile, en el marco del proyecto Potencialidad de Especies y Sitios para una Diversificación Silvícola Nacional.

Para determinar las zonas potenciales de plantación de una especie, es necesario conocer sus requerimientos edáficos, climáticos o altitudinales. Y también es necesario conocer las características que identifican a la zona, principalmente: precipitación, humedad relativa, evapotranspiración potencial, temperaturas, drenaje, textura, profundidad del suelo y otras que puedan tener un especial interés.

Una vez determinadas ambas variables en este trabajo, fueron analizadas con la asistencia de un Sistema de Información Geográfica y Bases de Datos Relacionales.

Para obtener las características del área de estudio se consultó literatura de suelos, zonificaciones climáticas y antecedentes topográficos. La escala utilizada es variable, aunque predomina 1: 250.000 y 1: 500.000. En la identificación de los requerimientos de las especies se consultó bibliografía, nacional y extranjera, para realizar una caracterización completa de la especie. Finalmente se representaron gráficamente los resultados de este análisis a escala 1:1.000.000.

### 7.2 RESUMEN DE LAS ÁREAS REGIONALES POTENCIALES PARA RAULÍ

Se han estimado las superficies totales potenciales por región aptas para la introducción de *Nothofagus alpina*, las que se indican en el Cuadro 34. Se debe hacer la salvedad que estas zonas no han sido corregidas por restricciones como: uso de la tierra, capacidad de uso del suelo, áreas silvestres protegidas, bosque nativo e infraestructura, entre otras; lo que, unido a la escala de trabajo, sólo permite obtener superficies indicativas de la distribución potencial de la especie en base a clima y suelo, por lo que los datos *no se pueden traducir en superficie útil para plantación*.

Un estudio que incluya las restricciones mencionadas y una escala superior de análisis, proporcionará información más precisa.

CUADRO 34  
SUPERFICIE POTENCIAL REGIONAL PARA RAULÍ

Región	Área Potencial (ha)	Porcentaje Potencial (%)
VII Región del Maule	73.062	8,49
VIII Región del Bío - Bío	242.235	28,13
IX Región de la Araucanía	293.598	34,10
X Región de Los Lagos	252.081	29,28
TOTAL	860.976	100,00

### 7.3 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE RAULÍ, VII- X REGIONES

#### 7.3.1 Zona de estudio

En Chile, Raulí se desarrolla desde el sur de la provincia de Curicó (VII Región), hasta la provincia de Valdivia (X Región) (Rodríguez *et al.*, 1983); desde el río Teno, en la provincia de Curicó, VII Región, hasta el sur de la provincia de Valdivia, X Región, por la Cordillera de los Andes y en la Cordillera de la Costa desde el río Itata, VIII Región, hasta el norte de la provincia de Llanquihue, X Región (Donoso, 1978 *cit.* por Tajan, 1989).

De acuerdo a los antecedentes expuestos, la zona de estudio para *Nothofagus alpina* se extendió desde la Región VII a la X.

#### 7.3.2 Información general utilizada

Para la obtención de las características del área en estudio se consultó literatura y cartografía que varía en origen y en escala. En la recopilación de los antecedentes climáticos se utilizaron principalmente el "Atlas Agroclimático de Chile de las Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena" (Santibáñez y Uribe, 1993) y el "Mapa Agroclimático de Chile" (Novoa S. A., R.; Villaseca C., S., Editores, 1989).

La información de suelos de la zona de estudio se obtuvo principalmente del Plan de Desarrollo Agropecuario 1965-1980. Unidades de uso agrícola de los suelos

de Chile entre las provincias de Aconcagua y Chiloé (Ministerio de Agricultura; ODEPA; SAG; INIA; IREN, 1968), y variadas fuentes que entregaron información más detallada o cubrieron zonas que el citado plan no consideró.

### **7.3.3 Requerimientos ecológicos de *Nothofagus alpina***

#### **7.3.3.1 Temperatura media**

Donoso *et al.* (1993b) establece 4 zonas de crecimiento para Raulí (Anexo I), la mejor de ellas posee temperaturas medias desde octubre a mayo superiores a 7°C y las otras tres zonas tienen temperaturas mayores a 8 y 10°C.

Al contrastar las zonas de crecimiento del mencionado autor, así como la distribución señalada por Gajardo (1983) con los climas de las bases de datos del proyecto, se encontró que los sitios correspondían a temperaturas medias anuales iguales o superiores a 9,7°C.

En razón de lo expuesto se consideró, una temperatura media octubre-mayo superior a 7,0°C y una temperatura media anual superior o igual a 9,7°C.

#### **7.3.3.2 Humedad relativa octubre-mayo**

De acuerdo a Donoso *et al.* (1993b), la humedad relativa de verano (octubre-mayo) para Raulí, varía entre 51 y 66 %, correspondiendo el valor inferior a la mejor zona de crecimiento que este autor define (Anexo I). En razón a lo expuesto, se consideró una humedad relativa octubre-mayo superior o igual a 50%.

#### **7.3.3.3 Período libre de heladas**

Según Donoso *et al.* (1993b), en la mejor zona de crecimiento para Raulí se indica un período libre de heladas de 180 días; para el resto, el rango varía entre 130 y 170 días. En consecuencia, un período libre de heladas mayor o igual a 130 días, el cual corresponde a la 2ª zona de crecimiento.

#### **7.3.3.4 Precipitación anual**

Los valores de precipitación anual para las zonas de crecimiento encontradas por Donoso *et al.* (1993b), Anexo I, son superiores a 2.000 mm. Por otra parte, Donoso (1981), indica para el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe, una pluviometría entre 1.500 y 3.000 mm anuales, la que va en aumento de norte a sur.

Al comparar las zonas determinadas por Donoso *et al.* (1993b) y la distribución de Gajardo (1983), con los datos climáticos utilizados en el estudio, se ubicaron valores mínimos de entre 1.800 y 2.000 mm de precipitación.

De acuerdo a los resultados obtenidos para la precipitación anual se consideraron en las Regiones VII y VIII, montos iguales o superiores a 1.800 mm y en las

Regiones IX y X, valores iguales o superiores a 2.000 mm

### 7.3.3.5 Meses secos

Según Donoso *et al.* (1993b), la duración del período seco para Raulí varía entre 0 y 4 meses, donde el mayor valor corresponde a la zona de más bajo crecimiento. El mejor sector tolera hasta 3 meses secos al año, siendo éstos los considerados en la generación de la zona potencial para la especie.

Se estableció como mes seco aquel cuya precipitación es menor o igual a un quinto de la evapotranspiración potencial:

$$Pp_{\text{mensual}} > (1/5) \times Ev_{\text{mensual}}$$

donde :

$Pp_{\text{mensual}}$  = Precipitación media mensual

$Ev_{\text{mensual}}$  = Evapotranspiración media potencial mensual

Esta relación se determinó en base a las experiencias de varios investigadores (De La Lama, 1982; Bourke<sup>3</sup>, 1996).

### 7.3.3.6 Textura del suelo

En la Cordillera de los Andes, *Nothofagus alpina* en el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe y en el tipo Coigüe-Raulí-Tepa se encuentra en suelos desarrollados de cenizas volcánicas o trumaos, o sobre escoria o pumicita Donoso, (1981); Garrido *et al.*, (1979). Estos suelos presentan usualmente en la superficie texturas franco arenosa muy fina o franco limosa y en profundidad franco arenosa fina a franco limosa hasta franco arcillosa (Peralta, 1976).

En la Cordillera de la Costa, Raulí se presenta en suelos pardo rojizos y amarillentos desarrollados a partir de materiales metamórficos, especialmente micaesquistos que presentan texturas franca a franco arcillosas, (Peralta, 1975). Según este último autor, Burschel *et al.* (1976) y Donoso *et al.*, sin publicar, todos citados por Donoso (1981), el tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa, en la Cordillera de la Costa, presenta suelos con texturas francolimosas a limoarenosas.

En consideración a la literatura consultada, en el análisis de las zonas potenciales se incluyeron los suelos con textura moderadamente liviana a moderadamente pesada. A continuación, en el Cuadro 35, se especifica la clasificación textural utilizada.

CUADRO 35  
CLASIFICACIÓN TEXTURAL

Textura	Clasificación
Franco arenosa; franco arenosa fina	Moderadamente liviana
Franco limosa; franca, franco arenosa muy fina	Media
Franco arcillo arenosa; franco arcillo limosa; franco arcillosa	Moderadamente Pesada

Fuente: adaptado de Peralta (1976)

### 7.3.3.7 Profundidad del suelo

Según Donoso (1981), Raulí crece en suelos desarrollados en cenizas volcánicas o trumaos, o sobre escoria o pumicita, suelos que son generalmente profundos. Garrido *et al.* (1979) menciona suelos profundos a moderadamente profundos (0,9 - 2,0 m.). En la Cordillera de la Costa, según Peralta (1975), *Nothofagus alpina* crece en suelos relativamente profundos (más de 0,8 m).

Se realizó una comparación de las zonas de crecimiento encontradas por Donoso *et al.* (1993b) y la distribución de Gajardo (1983) para la especie, con los suelos de la base de datos del proyecto, encontrándose suelos, desde medianos a muy profundos.

En consecuencia, se consideraron todos los suelos, con una profundidad mayor o igual a 50 cm.

### 7.3.3.8 Drenaje del suelo

Raulí crece en suelos con buen drenaje (Donoso, 1981). En general se desarrollan, tanto el tipo forestal Roble-Raulí-Coigüe como el Coigüe-Raulí-Tepa, sobre trumaos los que poseen buen drenaje (*Op. cit.*). Burschel *et al.* (1976) cit. por Tajan (1989) coincide con un buen drenaje.

Al comparar las zonas determinadas por Donoso *et al.* (1993b), así como la distribución de Gajardo (1983), con los datos de suelo empleados en el estudio, se observaron drenajes buenos, moderados y excesivos; este último se presenta especialmente en la Cordillera de los Andes, entre las Regiones VIII y X.

En razón a lo expuesto, el drenaje utilizado como condición para las áreas potenciales fue bueno, moderado y excesivo.

### 7.3.3.9 Reacción del suelo

El tipo Roble-Raulí-Coigüe, *Nothofagus alpina* crece en suelos de pH ácidos a moderadamente ácidos (Donoso, 1981). Y el tipo forestal Coigüe-Raulí-Tepa, los pH son, en general, ácidos a ligeramente ácidos (4,5 a 6,0) (Peralta, 1975; Burschel *et al.*, 1976; y Donoso *et al.*, sin publicar, cit. por Donoso, 1981). Por otro lado, en el

área norte de distribución del mismo tipo forestal, los suelos son de pH ácido a neutro (5,5 a 7,0) (Peralta, 1975; Donoso sin publicar; ambos citados en Donoso, 1981).

Como se desprende de la literatura, en los análisis realizados se utilizaron suelos con reacción ácida a neutra (4,5 - 7,0).

### **7.3.3.10 Altitud**

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (1983), *Nothofagus alpina* se desarrolla sobre los 100 msnm en su límite austral y normalmente sobre los 500 msnm en las cordilleras. Para Rodríguez (1969), Raulí se presenta de preferencia sobre los 500 msnm y su mejor desarrollo lo obtiene entre los 700 y 800 msnm. Bajo los 400 msnm, esta especie es atacada por taladradores que se alimentan de la nervadura de la hoja, lo cual hace que su desarrollo sea mínimo. Según Donoso (1993b), los mayores valores de productividad de Raulí ocurren en el extremo norte de su distribución y en los faldeos cordilleranos andinos del sur de la provincia de Malleco y de las provincias de Cautín y Valdivia, entre los 400 y 800 msnm.

De acuerdo con la literatura mencionada, se consideró un rango altitudinal que varía de 500 a 1.000 msnm.

## **7.4 ZONAS POTENCIALES PARA EL ESTABLECIMIENTO DE RAULÍ, VII-X REGIONES**

### **7.4.1 Área potencial para Raulí en la VII Región del Maule**

La VII Región, presenta un 2,42 % de la superficie regional potencialmente apta para la plantación de Raulí. La zona favorable se ubica en la parte baja de la Cordillera de los Andes, al sur del río Maule (Anexo VI). Los parámetros más restrictivos corresponden a *altitud*, *precipitación anual* y *meses secos*.

### **7.4.2 Área potencial para Raulí en la VIII Región del Bío-Bío**

La VIII Región, presenta un 6,54 % de la superficie regional potencialmente apta para la plantación de Raulí. La zona favorable se ubica a lo largo de la precordillera y partes bajas de la Cordillera de los Andes, además de sectores en la Cordillera de Nahuelbuta (Anexo VI). Las limitantes que tienen mayor influencia, dada su reducida área propicia en esta región, son *altitud* y *precipitación anual*.

### **7.4.3 Área potencial para Raulí en la IX Región de La Araucanía**

La IX Región, presenta un 9,23 % de su superficie potencialmente apta para la plantación de Raulí. La zona favorable se distribuye a lo largo de la precordillera y zonas bajas de la Cordillera de los Andes (Anexo VI) Los parámetros más restrictivos corresponden a *altitud* y *precipitación anual*.

#### **7.4.4 Área potencial para Raulí en X Región de Los Lagos**

Las zonas de la X Región que cumplen con las características necesarias para el desarrollo de la especie, abarcan un 3,83 % de la superficie regional. La zona favorable se distribuye principalmente en la Cordillera de los Andes hasta el Seno de Reloncaví, así como en pequeñas áreas de la costa (Anexo VI). Las limitantes que menor superficie aportan a la zona potencial de *Nothofagus alpina* en esta región, son: *altitud, precipitación anual y período libre de heladas.*

# COMUNICACIONES PERSONALES

---

- 1.- Pablo Donoso. 1996. Ingeniero Forestal. Instituto de Silvicultura, Valdivia.
- 2.- Luis Otero. 1996. Ingeniero Forestal. Instituto de Silvicultura, Valdivia.
- 3.- Michael Bourke. 1996. Ingeniero Forestal. Asesor de la Corporación Nacional Forestal.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- ALDHOUS, J. 1972. Nurcery practice. Forestry Comission N° 43. London. England.
- BALDINI, U., A.; LE-QUESNE G., C.; PUENTES M., O.; OJEDA G., P. 1994. Daños bióticos en Roble, Raulí y Coihue: guía de reconocimiento. Santiago, Chile. CONAF.
- BALOCCHI, C. 1992. Mejoramiento genético de Eucalyptus y Raulí. En: Fundación Chile, Grupo Silvícola. Santiago. Chile. 116 p.
- BAY-SCHMITH, T. 1965. Algunas observaciones sobre ensayos de especies forestales en la provincia de Arauco. Boletín Informativo N° 10. Instituto Forestal. Santiago, Chile.
- BENDA, P. 1965. Informe sobre el fundo «El Morro». Departamento de Silvicultura, Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Chile, Santiago.
- BOURKE, M. 1987. Germinación de Raulí bajo diferentes temperaturas. Ciencia e Investigación Forestal 1(1): 57 - 65.
- BOURKE, M.; GROSSE, H. 1987. Fertilización de Raulí en vivero. Ciencia e Investigación 1(2): 21 - 29.
- BURGOS, R. 1984. Determinación de índices de sitio para renovales de Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) en la Cordillera Andina de la VIII Región. Chillán, Chile. Universidad de Concepción. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Tesis Ingeniería Forestal. 37 p.
- BURSCHEL, P; GALLEGOS, C; MARTÍNEZ, O y MOLL, W. 1976. Composición y dinámica regenerativa de un bosque virgen mixto de Raulí y Coigüe. Universidad Austral de Chile, Valdivia. Bosques 1 (2): 55 - 74

- CAMPOS, A; CUBILLOS, G; MORALES, F; PASTENE, A. 1990. Propiedades y usos de especies madereras de corta rotación. Informe técnico N° 122. INFOR. 119 p.
- CLASING, G. 1983. Germinación de frutos de Raulí. *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst., bajo diferentes condiciones de temperatura y substrato. Tesis Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 52 p.
- CHACÓN C., I. 1995. Edad óptima de Cosecha. Una discusión en torno al valor presente neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR). Ciencia e Investigación Forestal. 09(1): 103-116.
- CISTERNAS, J. 1989. Caracterización de renovales de Roble - Raulí - Coigüe en la Cordillera de Nahuelbuta, provincia de Arauco VIII Región. Tesis. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 79 p.
- CUEVAS, E. 1983. Maderas nativas chilenas de interés en el comercio internacional. Santiago, Chile: Proyecto CONAF / PNUD/ FAO. Documento de Trabajo N° 48. 77p.
- CUBILLOS, V. 1987. Modelos de crecimiento diametral para algunos renovales de Raulí. Ciencia e Investigación Forestal 1(1): 67 - 76.
- CRUZ, L. 1981. Ciclo biológico del microlepidóptero perforador de semillas de Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.). Tesis Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile.
- DE CAMINO, R; SMITH, B; BENAVIDES, M; RODAS, J. 1974. Los renovales del bosque nativo como recurso forestal. Instituto de Manejo y Economía Forestal. Universidad Austral de Chile 56 p.
- DE LA LAMA G., C. 1982. Atlas del eucalipto. Tomo V. Ministerio de Agricultura. INIA. ICONA. Madrid, España. 70 p.
- DE LA MAZA, C. 1976. Determinación del área basal ideal para renovales de Raulí, en la provincia de Bío-Bío. Tesis Facultad de Ciencias Forestales Universidad de Chile. Santiago.

- DÍAZ-VAZ, E. 1987. Anatomía de la madera de *Nothofagus alpina* (P. et. E) Oerst. Bosque 08 (2): 143 - 145.
- DONOSO, C. 1978. La silvicultura del género *Nothofagus* en Chile. Dpto. de Silvicultura y Conservación. Universidad de California. Berkeley. Col. USA. 102 p.
- DONOSO, C. 1979. Mini monografía sobre *Nothofagus* en Chile. Consulta técnica sobre especies arbóreas frondosas de crecimiento rápido para su plantación en la zona mediterránea y en la zona templada. FAO. Reunión Técnica N° 7. Portugal. 15 p.
- DONOSO, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Investigación y desarrollo forestal. FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 38. Santiago. Chile. 70 p.
- DONOSO, C. 1987. Variación natural en especies de *Nothofagus* en Chile. Bosque 08 (2): 85-97.
- DONOSO, C. 1989. Regeneración y crecimiento en el tipo forestal siempreverde costero y andino tras distintos tratamientos silviculturales. Bosque 10 (2): 69-83.
- DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Ecología Forestal. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. 484 p.
- DONOSO, C y CABELLO, A. 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. Ciencias Forestales 1(2): 31-41.
- DONOSO C; ESCOBAR, B; CORTÉS, M. 1991. Técnicas de vivero y plantación para Raulí (*Nothofagus alpina*). Documento técnico N° 53. Chile forestal. 8 p.
- DONOSO, P. 1988. Caracterización y proposiciones silviculturales para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*) en el área de protección "Radal 7 tazas", VII Región. Revista Bosque, 9(02): 103-114.

- DONOSO, P.; MONFIL, T.; OTERO., L.; BARRALES, L. 1993a. Estudio de crecimiento de plantaciones y renovales manejados de especies nativas en el área andina de las provincias de Cautín y Valdivia. *Ciencia e Investigación Forestal*. 07(2). 253-288.
- DONOSO, P.; DONOSO, C.; SANDOVAL, V. 1993b. Proposición de zonas de crecimiento para renovales de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et. Endl.) Oerst.) en su rango de distribución natural, *Bosque* 14 (2): 37 -55
- ESPINOSA, M; GARCÍA, J; PEÑA, E. 1988. Evaluación del crecimiento de una plantación de Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl.) Oerst.) a los 34 años de edad. Santiago. Chile. *Agro-ciencia*. 4 (1).
- FAULKNER, R. 1975. Seed orchards. A joint production by specialist members of the IUFRO's working party on seed orchards. London, Gran Bretaña, Forestry Comission. Bulletin N° 054. 149 p.
- FERCOVIC, F. y LANFRANCO, D. 1995. Guía de trabajos prácticos de Entomología Forestal. Universidad Austral de Chile. Fac. de Cs. Forestales. Instituto de Silvicultura. Valdivia, Chile. 117 p.
- FORESTAL RÍO VERGARA. 1987. Raulí. Manejo de Renovales. Chile. 12p.
- GAJARDO M., R., 1983. Sistema básico de clasificación de la vegetación nativa chilena. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad de Chile; CONAF. Santiago, Chile. 240 p., anexos y mapas.
- GARRIDO, F; IBARRA, M; STEINMETZ, J; SERON, J. 1979. Variación de poblaciones naturales de Raulí. Revisión bibliográfica. FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 28. Santiago. Chile. 40 p.
- GROSSE, H. 1987. Desarrollo inicial de plantaciones de Raulí. *Ciencia e Investigación Forestal*, 1 (1): 49-56
- GROSSE, H. 1988. Crecimiento de plantaciones de Raulí y Roble bajo dosel en dependencia del grado de luminosidad y fertilización. *Ciencia e Investigación Forestal* 2 (3): 13-80.

- GROSSE, H. 1989. Antecedentes para el manejo de renovales de Raulí. CORMA. N° 206: 16-20.
- GROSSE, H; CUBILLOS, V. 1991. Antecedentes para el manejo de renovales de Raulí, Coigüe y Tapa. CORFO, División Silvicultura. Informe técnico N°127. Concepción. Chile. 50 p.
- HERRERA, N. 1992. Prospección de la actividad productiva del bosque nativo. Tesis Universidad de Chile. Escuela Ciencias Forestales. Santiago, Chile.
- HOFFMANN, A. 1982. Flora silvestre de Chile. Zona Austral. Una guía ilustrada para la identificación de las plantas leñosas del sur de Chile. Santiago, Chile. Fundación Claudio Gay. 258 p.
- HUERTA, A; COCOLLOR, G. 1995. Apuntes docentes N° 8. Practicando entomología forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. 65 p.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR - CORFO). 1994. La industria del aserrío 1993. División de estudios económicos. Boletín Estadístico N° 36. Santiago, Chile.
- 1966. Estadísticas de productos forestales 1962-1965. Informe técnico N° 28. Santiago, Chile.
  - 1967. Recopilación de propiedades mecánicas de maderas creciendo en Chile. Nota técnica N° 8. Santiago, Chile.
  - 1989. La industria del aserrío 1989. División de Estudios Económicos Boletín Estadístico N°18. Santiago, Chile.
  - 1990. La industria del aserrío 1990. División de Estudios Económicos. Boletín Estadístico N°22. Santiago, Chile.
  - 1990. Exportaciones Forestales Chilenas (Enero - Diciembre 1990). División Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 19. Santiago, Chile.
  - 1990. Precios de productos forestales. División de Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 23. Santiago, Chile.

- 1991. Exportaciones Forestales Chilenas (Enero - Diciembre 1991). División Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 24. Santiago, Chile.
- 1991. Precios de productos forestales. División de Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 29. Santiago, Chile.
- 1992. Precios de productos forestales. División de Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 35. Santiago, Chile.
- 1992. Exportaciones Forestales Chilenas (Enero - Diciembre 1992). División Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 27. Santiago, Chile.
- 1993. Precios de productos forestales. División de Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 41. Santiago, Chile.
- 1993. Exportaciones Forestales Chilenas (Enero - Diciembre 1993). División Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 33. Santiago, Chile.
- 1994. Exportaciones Forestales Chilenas (Enero - Diciembre 1994) División Estudios Económicos. Boletín Estadístico N°38. Santiago, Chile.
- 1994. Precios de productos forestales (Actualizados al primer semestre de 1994). División de Estudios Económicos. Boletín Estadístico N° 47. Santiago, Chile.
- 1994. Secado de madera de renovales de Roble y Raulí. Instituto Forestal, División Industria. Informe Técnico N° 134. 31 p.
- 1995. Precios de productos forestales actualizados a diciembre de 1994. Boletín Estadístico N° 39 Santiago, Chile.

JICA.1993. Estudio para el manejo de recursos forestales en el área andina de las regiones del Bío-Bío y la Araucanía de la República de Chile. Informe final. Japan International Cooperation Agency.

JORDÁN, N; VELOZO, J. 1992. Micropropagación de Raulí (*Nothofagus alpina*) En: Fundación Chile. Grupo silvícola. Eucalyptus bosque nativo. Concepción. Chile. 116 p.

- KUMMEROV, J y LABARCA, C. 1961. Estudios sobre fruto y la semilla de *Nothofagus alpina* (Poepp. et. Endl.) Oerst. Argentina. Phytion 17 (2).
- KUNSTMANN, G. 1965. Explotación de bosques autóctonos del fundo Trafún desde el punto de vista de sus propietarios. Seminario Forestal. Boletín Informativo N°10. Instituto Forestal.
- LÓPEZ J; JIMÉNEZ G; REYES B. 1986. Algunos antecedentes sobre cosecha, procesamiento y viverización de varias especies nativas (I parte). Boletín técnico N° 14. Chile forestal. 8 p.
- MARTÍNEZ J.P.1992. Control químico de malezas en vivero con Roble (*Nothofagus obliqua*) y Raulí (*Nothofagus alpina*). Tesis Universidad Austral. Valdivia. Chile. 56 p.
- MELLA, M. 1989. Prospección entomológica de algunas especies en vivero. Tesis. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 83 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA; ODEPA; SAG; INIA; IREN. 1968. Plan de Desarrollo Agropecuario 1965-1980. Unidades de uso agrícola de los suelos de Chile entre la provincia de Aconcagua y Chiloé. Ministerio de Agricultura, ODEPA. Santiago. Chile.
- MORALES, J. 1987. Hibridación natural entre Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp et Endl.) Oerst.). 84 p.
- MORENO y RAMÍREZ DE ARELLANO. 1976. Ensayo de algunas técnicas para la producción en vivero de plántulas de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et. Endl.) Oerst.). Tesis Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. Santiago.
- MUÑOZ, M. 1966. Sinopsis de la flora chilena. De la Universidad de Chile.
- NAVEILLAN, M. 1986. Utilización de renovales de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.) y Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et. Endl.) Oerst.) en la fabricación de tableros de partículas. Tesis Ing. For. Universidad Austral. 56 p.

- NOVOA, S. A., R.; VILLASECA C., S.; DEL CANTO S., P; ROUANET M., J. L.; SIERRA B., C.; DEL POZO L., A. 1989. Mapa Agroclimático de Chile. INIA. Santiago. Chile. 221 p. y mapas.
- PAREDES, M., R. 1982 Proyección de raleos de renovales de Raulí (*Nothofagus alpina* (Proepp. et. Endl.), según diversos criterios de intervención. Tesis Ing. For. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. 109 p.
- PERALTA, M. 1975. Ecología y silvicultura del bosque nativo. Suelos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Boletín Técnico N° 31.
- PERALTA, P., M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Ministerio de Agricultura, Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago. Chile. 337 p.
- PÉREZ, V. 1993. Manual de propiedades físicas y mecánicas de maderas chilenas. Investigación y desarrollo forestal. FO:DP / CHI / 76 / 003. Documento de trabajo N° 47.
- PINCHEIRA, M. 1993. Evaluación de raleos aplicados en un renoval de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*) ubicado en el fundo Jauja, provincia de Malleco, IX Región. Tesis. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile.
- POBLETE, H. Y ZÁRATE, M. 1986. Influencia de los extrafles sobre las propiedades de la madera y su utilización como materia prima. Valdivia. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Publicación Docente N° 20. 55 p.
- POBLETE W., H. 1989. Tableros de partículas con renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*), Raulí (*Nothofagus alpina*) y un híbrido de ambos. Bosque 10(1): 9-17.
- PUENTE, M; DONOSO, C; PEÑALOZA, R; MORALES, E. 1979. Manejo de renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*) y caracterización de renovales de Roble y Raulí. Investigación y desarrollo forestal. Documento de trabajo N° 29. 84 p.

- PUENTE, M; PEÑALOZA, R; DONOSO, C; PAREDES, R; NUÑEZ, P; MORALES, R.; ENGD AHL, O. 1981. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Roble y Raulí. Instalación de ensayos de raleo. Santiago, Proyecto CONAF/ PNUD/ FAO. Documento de Trabajo N° 41. 74 p.
- ROCUANT, L. 1969. Raleos en renovales de Roble (*Nothofagus obliqua*) (Mirb) Oerst. y Raulí (*Nothofagus alpina*) (Poepp. et Endl.) en la cordillera de Nahuelbuta. Universidad de Concepción Escuela de Agronomía. Departamento de Suelos. Circular Informativa N° 26.
- ROCUANT, L. 1974. Raleos en renovales de Roble-Raulí. (15 años de observaciones).
- RODRÍGUEZ, G. 1969. Antecedentes botánicos y silvícolas de las especies chilenas. Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et. Endl.) Oerst.) y Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst.). Tesis Universidad de Chile. Esc. Ing. For. Santiago.
- RODRÍGUEZ, C. 1993. Estimación de la mortalidad natural en los renovales de Roble y Raulí entre 20 y 50 años de edad. Tesis de Ingeniería Forestal. Universidad Austral de Chile, Valdivia. 67 p. , anexos.
- RODRÍGUEZ, R; MATTHEI, O; QUEZADA, M. 1983. Flora arbórea de Chile. Ediciones de la Universidad de Concepción. Concepción. Chile. 404 p.
- ROJAS, P.; BARROS, D. 1979. Crecimiento de seis especies forestales ensayadas entre Arauco y Llanquihue. Instituto Forestal. Informe Técnico N° 94. 25p.
- SANTELICES, R. 1993. Propagación vegetativa de Raulí, Roble y Coigüe a partir de estacas. Ciencia e Investigación Forestal. 7(1): 37 - 48.
- SANTIBÁÑEZ, Q., F.; URIBE, M., J.M. 1993. "Atlas agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena". Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Ministerio de Agricultura, Fondo de Investigación Agropecuaria. Corporación Nacional de Fomento. Santiago. Chile. 99 p.
- SILVA, J. 1968. Arraigamiento de estacas de Raulí, *Nothofagus alpina* (Poepp. Et. Endl.) Oerst. Santiago, Universidad de Chile, Escuela de Ingeniería Forestal. Tesis Ingeniería Forestal. 23 p.

- SCHMIDT, H; IPINZA, R; VIAL, L. 1979. Regeneración en bosque nativo de Raulí. Estudio Bibliográfico. FO: DP/CHI/76/003. Documento de trabajo N° 24. 124 p.
- SOLER, M.; HIDALGO, D. 1981. Resultados preliminares del programa de introducción de especies forestales en la X Región. Santiago, CONAF, 31 p.
- TAJAN, P. 1989. Crecimiento y resistencia a la sequía de 8 procedencias de Raulí, durante el segundo período vegetativo en Valdivia. Tesis. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile. 52 p.
- URRUTIA, J; AVILÉS. 1990. Investigación en renovales de Roble - Raulí orientados a bosques productivos. En: Fundación Chile. Grupo Silvícola. Primer Taller del Grupo. p. 86 - 106.
- VERGARA L., R. 1995. Métodos de injertación en Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et. Endl.) Oerst.) Tesis Ing. For. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 66 p.
- VITA, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura de Raulí. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Boletín técnico N° 28. 17 p.
- VON DESSAUER, G. 1972. Desarrollo cronológico de las proporciones de albura y duramen en Raulí. Tesis. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia. Chile.
- YUDELEVICH, M; BROWN, H; ELGUETA, H; CALDERÓN, S. 1967. Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Santiago, Chile. INFOR, Informe Técnico N° 27. 18 p.

# ANEXOS

## ANEXO I

### DESCRIPCIÓN DE LAS ZONAS DE CRECIMIENTO

Donoso *et al.*, (1993b) señalan cuatro zonas de crecimiento de *Nothofagus alpina* ubicadas entre las provincias de Curicó y Llanquihue. Los mejores crecimientos se producen en la zona de crecimiento 1, los que van decreciendo hasta la zona 4.

**Zona de crecimiento 1:** La constituye el extremo norte de la distribución de Raulí, provincia de Talca, y los faldeos cordilleranos andinos de las provincias de Linares y del Maule (*Op. cit.*).

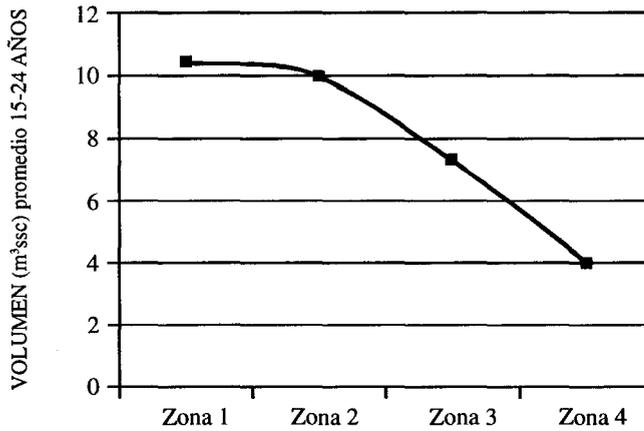
**Zona de crecimiento 2:** La componen los rodales de los faldeos cordilleranos del sur de la provincia de Malleco y de las provincias de Cautín y Valdivia (*Op. cit.*).

**Zona de crecimiento 3:** Está constituida por poblaciones de la Cordillera de Nahuelbuta y las que se ubican desde Ñuble hasta el norte de Malleco en altitudes bajo 600 msnm. Además se incluyen en esta zona los renovales que se internan hacia el límite con Argentina en las provincias de Cautín y Valdivia (*Op. cit.*).

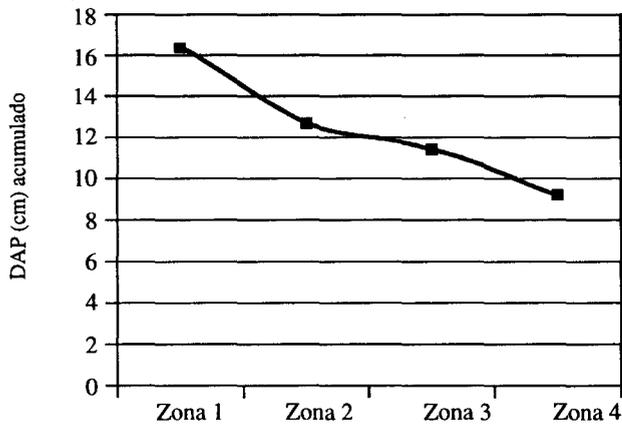
**Zona de crecimiento 4:** La componen poblaciones que existen en las provincias de Valdivia y Osorno, en la ladera oriental de la Cordillera de la Costa; y los renovales ubicados sobre 800 msnm entre los 36° y los 38°70' latitud sur, aproximadamente (*Op. cit.*).

## ZONAS DE CRECIMIENTO PARA RAULÍ

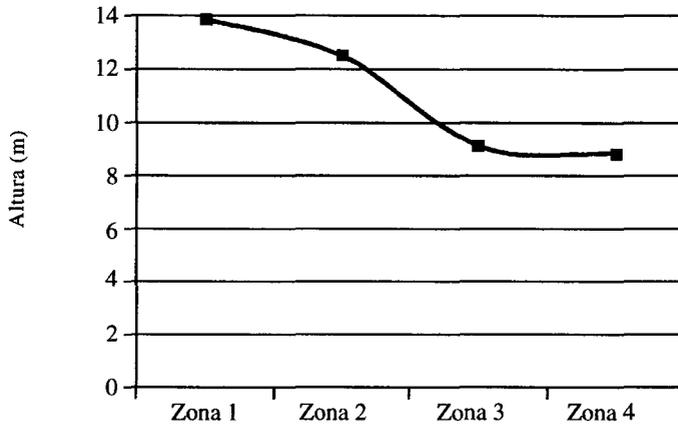
### CRECIMIENTO EN VOLUMEN PARA RAULÍ



### CRECIMIENTO EN DIÁMETRO PARA RAULÍ



### CRECIMIENTO EN ALTURA PARA RAULÍ



Fuente: Donoso (1993)

ANEXO II

TABLA RESUMEN DE CRECIMIENTO SEGÚN AUTOR Y LOCALIDADES

Localidad	Coordenadas		Especie	Edad años	Autor	Crecim. Diam. cm/año	Crecim. Ab. m <sup>2</sup> /ha/ año	Crecim. Vol. m <sup>3</sup> /ha/ año	Tratamiento	Ab. Residual m <sup>2</sup> /ha	Edad Rotación años
	lat.	long.									
LOS ANGELES	39°51' S	71°55' O	RO-R- A	26-45	Donoso, 1989	0,3 - 0,4			Raleo selectivo	25 - 30	40 - 60
MULCHÉN	37°42' S	72°14' O	RO-R- A								
NAHUEL- BUTA	38°40' S	73°10' O	RO		Rocuant, 1969	0,28 - 0,38				57-68%	
NAHUEL- BUTA	38°40' S	73°10' O	RO-R- A	30-35	Rocuant, 1974	0,3	1,1		Raleo sistem.c/10- 12 años, a partir de E- 20	65-70%	
PROVINCIA NUBLE- LLANQUI- HUE			RO-R- A		De Camino <i>et al.</i> , 1974			5-14,3			
COLLIPU- LLI	37°55' S	72°25' O	RA		Herrera, 1992	0,46 - 0,73					
			RO-R- A	30-35	Soler y Delfin, 1981	0,1 - 0,9	1,14	10			
			RO-R- A		Puente <i>et al.</i> , 1979		1,4 - 2,6	8-15			
COLLIPU- LLI	37°55' S	72°25' O	RO-R- A		Paredes, 1982	0,2 - 0,6		10			
			RO		Puente, 1981		1,14				
NAHUEL- BUTA	38°40' S	73°10' O	RA	10-20	Donoso, 1981	0,76					
PANGUI- PULLI	39°39' S	72°19' O	RA	20-45	Cubillos, 1987	0,7					
NELTUME	39°51' S	71°55' O	RA								
MOLINA	36°06' S	71°16' O	RO	20	Donoso, 1987	0,5 - 0,7		5-18	2-3 raleos		
			RO	30-50	Donoso, 1988	0,3 - 0,5			2-3 raleos	70-75%	60 - 80

Localidad	Coordenadas		Especie	Edad años	Autor	Crecim. Díam. cm/año	Crecim. Ab. m <sup>2</sup> /ha/ año	Crecim. Vol. m <sup>3</sup> /ha/ año	Tratamiento	Ab. Residual m <sup>2</sup> /ha	Edad Rotación años
	lat.	long.									
COLLIPULLI	37°55' S	72°25' O	RA-R- O	30-45	Urrutia, 1990	0,5	1,1	11,6	Raleo	65-70 %	
MALLECO	38°07' S	71°53' O	RA	47	Grosse, 1987		0,95	7,9	Raleo selectivo suave	70%	
MELIPEUCO	38°50' S	71°43' O	RA	28	Grosse, 1987		1,29	11,9	Raleo suave	60-70%	
LLANCA- CURA	40°13' S	73°20' O	RA	28	Grosse, 1987		1,88	16	Raleo suave	60-70%	
NELTUME	39°51' S	71°55' O	RA	24	Grosse, 1989	1			Raleo: 5, 15, 25 años		30-40
NELTUME	39°51' S	71°55' O	RO	41		0,5		20	Raleo suave a 31		55-75
			RO-R- A	31		0,8-1 (proyec- ción)			Raleo del 37% de los individuos		40-60
NELTUME	39°51' S	71°55' O									
I.Truful			CO	40		0,4			Raleo	59,2%	50-70
I.Los Hornos			CO	46		0,9			Raleo	62%	
PANGIPU- LLI	39°39' S	72°19' O	RA	30-45	Donoso <i>et al.</i> , 1993	0,83- 0,93			Raleo 1: 12-15 a		
									Raleo 2: 16-20 a		
						0,98			1 Raleo 12 - 15 a		
PUCÓN	39°15' S	71°58' O	RA (plan- tac.)	14-16		0,80- 0,86		14	Raleo entre 8-10 a		
PUCÓN	39°15' S	71°55' O	RO	1-10		0,48					
				11-20		0,85					
PITRUF- QUÉN	38°59' S		RO	36-46	Castillo, 1992	0,45- 0,55			Raleo	70-75%	
FRUTILLAR	41°07' S		RO-R- A	11	Vita, 1974	0,7					

Localidad	Coordenadas		Especie	Edad años	Autor	Crecim. Díam.	Crecim. Ab.	Crecim. Vol.	Tratamiento	Ab. Residual	Edad Rotación años
	lat.	long.				cm/año	m <sup>2</sup> /ha/ año	m <sup>3</sup> /ha/ año		m <sup>2</sup> /ha	
LONCOCHE	39°21' S	72°29' O	RO (plan- tac.)		Rojas, Barros 1979	0,84					
MALLECO	38°07' S	71°53' O	RA		Pincheira, 1993		0,72	9,92	Raleo	30 m <sup>2</sup> /ha	

### ANEXO III

#### CUADRO RESUMEN PARA RAULÍ

Característica	Antecedentes	Cita bibliográfica
REQUERIMIENTOS ECOLÓGICOS	Raulí se desarrolla en suelos derivados de cenizas volcánicas y rocas metamórficas, con una profundidad media de 0,9 - 2,0 m; es una especie intolerante a la sombra (pionera) y, en estado de plántula, es intolerante al stress hídrico o a períodos prolongados de sequía	
CLIMA	El óptimo climático para desarrollo de Raulí se sitúa en las provincias de Cautín y Malleco en la Cordillera de los Andes donde las precipitaciones son moderadas y el período seco no supera los tres meses, no hay heladas fuertes ni bruscas fluctuaciones de temperatura	Nimmo, 1971, cit. por Garrido <i>et al.</i> , 1979
ALTITUD	Raulí obtiene su mejor desarrollo entre los 700 - 800 msnm. Bajo los 400 msnm, la especie se ve muy atacada por taladradores que se alimentan de la nervadura de las hojas, lo que hace que su desarrollo sea mínimo	Rodríguez, 1969
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS	El proceso de nuez a fruto dura entre 5 y 6 meses, de manera que los frutos caen entre marzo y abril. Existe periodicidad en la semillación, siendo año de buena semillación uno de cada 3 años y uno de producción máxima cada 6 - 7 años. Para 4 años de observaciones, una producción promedio es de 3.700 semillas por m <sup>2</sup> bajo el árbol	Schmidt <i>et al.</i> , 1979. Garrido <i>et al.</i> , 1979.
PLAGAS	El mayor daño a la semilla de Raulí lo causa el insecto del Género <i>Perzelia</i> cuyas larvas perforan la semilla y se alimentan del embrión	Garrido <i>et al.</i> , 1979.
NÚMERO DE SEMILLAS Y ANTECEDENTES DE VIABILIDAD	El número de semillas por kilo es bastante variable. Va desde 50.000 hasta 140.000, lo cual depende de la edad, variación anual y el sitio. La capacidad germinativa es bastante variable y va desde 18,9% hasta máximos de 71,6%	Garrido <i>et al.</i> , 1979. Kummerov y Labarca, 1971, cit. por Schmidt <i>et al.</i> , 1979

Característica	Antecedentes	Cita bibliográfica
GERMINACIÓN	Bastante irregular con elrededor de un 20% - 30%. No posee duración mayor que 3 años. Posee latencia fisiológica y para romperla se utiliza estratificación a 4°C +/- 1°C e inmersión en agua destilada y tiourea por distintos períodos. Se produce entre 15 a 20 días después de la siembra	Garrido <i>et al.</i> , 1979
SIEMBRA	De Temuco al sur, el período de siembra va de la 2ª semana de septiembre a la 1ª semana de octubre. De Temuco al norte, las 3 primeras semanas de septiembre. Si hay heladas se recomienda poner esteras	Nimmo, 1971
DENSIDAD DE SIEMBRA	1.100 semillas viables por m <sup>2</sup>	Aldohus, 1972 cit. por Schmidt <i>et al.</i> , 1979
CUIDADOS CULTURALES	Fertilización con NP y K en dosis de 200 kg/ha. Riego de acuerdo a condiciones climáticas, evitando inundaciones. Nitrato de amonio 14 g/m <sup>2</sup> Sulfato potásico 14,4 g/m <sup>2</sup> Superfosfato triple 20 g/m <sup>2</sup> Sulfato de magnesio 31,4 g/m <sup>2</sup>	
GENÉTICA	Existe un híbrido entre Roble y Raulí que se da preferentemente en bosques de 2º crecimiento. El mejoramiento genético que se hace de Raulí garantiza que su propagación por semilla entrega un 20% - 30% de ganancia genética	Donoso, 1993 Balocchi, 1992
CRECIMIENTO	En rodales sin manejo se estima en 7m <sup>3</sup> /ha/año. El crecimiento en diámetro va desde 0,5 - 1,0 cm/año. La altura acumulada a los 20 años varía entre 9,3 - 12,6 m. El área basal varía entre 30 - 60 m <sup>2</sup> /ha, dependiendo del sitio y la edad. En rodales raleados con un 30 - 40% de área basal residual, el incremento medio ha sido entre 11 - 12 m <sup>2</sup> /ha/año. Para densidades mayores es posible obtener 18 m <sup>2</sup> /ha/año pero concentrado en un mayor número de individuos	Vita <i>et al.</i> , 1979 Espinoza <i>et al.</i> , 1989 Burgos, 1965, cit. por Donoso, 1993 Garrido <i>et al.</i> , 1979 Forestal Río Vergara, 1987

Característica	Antecedentes	Cita bibliográfica
USOS DE LA MADERA	Puertas, ventanas, mueblería, pisos, parquets de resistencia media, chapas, duelas, tejuelas, partículas para tableros, tableros aglomerados, celulosa de fibra corta, madera aserrada	JICA, 1993
PLANTACIÓN	X Región costa: Desde junio a la 1ª semana de agosto, pudiendo extenderse a la 1ª ó 2ª semana de septiembre. Se debe considerar protección lateral (sombra) la que debe ser más densa en los lugares más alejados de su hábitat. Se recomienda 1.600 plantas/ha con un espaciamiento de 2,5 x 2,5 m ó 2.500 plantas/ha con un espaciamiento de 2 x 2 m	Donoso <i>et al.</i> , 1991
PODA	Su finalidad es prevenir el ataque de enfermedades en la base expuesta de ramas caídas. En lo referido al manejo, la 1ª poda se realiza a 2,5 m y la 2ª poda cuando llega a los 4 m	
RALEO	75% del área basal cuando la plantación está destinada a madera aserrable. 30% - 40% cuando se diversifica la producción. Extracción del 12% del área basal dejando entre 30 - 40 m <sup>2</sup> /ha. Forestal Río Vergara recomienda 30 m <sup>2</sup> /ha de área basal	Grosse, 1989 Grosse, 1989 Pincheira, 1993 Forestal Río Vergara, 1987
LIMITACIONES	No tolera acumulaciones de agua o inundaciones. Su distribución altitudinal óptima es entre los 700 - 800 msnm. No tolera heladas en estado de plántula	

**ANEXO IV / COSTOS *Nothofagus alpina***

**COSTO DE ESTABLECIMIENTO (\$/ha)**

<b>ÍTEM</b>		<b>Ra4011</b>	<b>Ra4012</b>	<b>Ra4013</b>	<b>Ra4021</b>	<b>Ra4022</b>	<b>Ra4023</b>
Roce	Mano de obra	7.362	22.086	117.792	117.792	22.066	117.792
	Ropa seguridad	97	216	950	950	216	950
	Materiales	119	332	1.462	1.462	332	1.462
	<b>Total</b>	<b>7.579</b>	<b>22.634</b>	<b>120.203</b>	<b>120.203</b>	<b>22.634</b>	<b>120.203</b>
Reducción desechos		0	60.000	110.000	0	60.000	110.000
Cortafuego	Mano de obra	9.843	10.937	12.030	9.843	10.937	12.030
Cercos	Mano de obra	15.460	23.190	30.920	15.460	23.190	30.920
	Ropa seguridad	204	227	249	204	227	249
	Insumos	26.190	29.100	32.010	41.086	29.100	50.217
	<b>Total</b>	<b>51.697</b>	<b>52.517</b>	<b>63.180</b>	<b>56.751</b>	<b>62.517</b>	<b>81.386</b>
Control de malezas Pre-plantación Aéreo	Maquinaria	0	0	11.820	0	0	11.820
	Ropa seguridad	0	0	0	0	0	0
	Insumos	0	0	38.940	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>50.760</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11.820</b>
Preparación suelos	Subsolado	0	0	0	0	0	0
	Tractor agrícola (2 pasadas)	0	0	0	0	0	0
Plantación	Mano de obra	7.139	13.088	22.437	11.155	20.450	3.057
	Ropa seguridad	95	128	181	147	200	283
	Materiales	76	102	145	118	160	226
	Insumos	72.000	80.000	104.013	112.500	12.500	153.513
	Fletes	1.800	2.450	3.100	1.800	2.450	3.100
	<b>Total</b>	<b>81.109</b>	<b>95.768</b>	<b>129.875</b>	<b>125.719</b>	<b>148.260</b>	<b>192.178</b>
Fertilización	Mano de obra	0	0	12.081	0	0	18.877
	Ropa seguridad	0	0	97	0	0	112
	Insumos	0	0	5	0	0	10.931
	Materiales	0	0	3.089	0	0	8
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12.184</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>29.928</b>

ÍTEM		Ra4011	Ra4012	Ra4013	Ra4021	Ra4022	Ra4023
Control de malezas post-plantación puntual	Mano de obra	1.227	1.841	2.454	1.227	1.841	2.454
	Ropa seguridad	14	16	17	14	16	26
	Materiales	7	8	9	7	8	9
	Insumos	8.694	9.660	10.620	8.694	9.660	10.620
	<b>Total</b>	<b>9.942</b>	<b>11.524</b>	<b>13.100</b>	<b>9.942</b>	<b>11.524</b>	<b>13.108</b>
Desbroce	Mano de obra	0	0	26.994	0	0	26.994
	Ropa seguridad	0	0	218	0	0	218
	Materiales	0	0	242	0	0	242
	<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>27.454</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>27.456</b>
Raleo a desecho	Mano de obra	4.466	7.362	19.632	9.816	14.724	19.632
	Ropa seguridad	26	32	71	58	65	71
	Materiales	102	124	273	224	248	273
	<b>Total</b>	<b>4.594</b>	<b>7.519</b>	<b>19.977</b>	<b>10.098</b>	<b>15.037</b>	<b>19.977</b>
Primera poda	Mano de obra	26.258	39.387	52.516	0	0	0
	Ropa seguridad	116	128	141	0	0	0
	Materiales	77	86	94	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>26.450</b>	<b>39.601</b>	<b>52.751</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Primer raleo comercial	Mano de obra	21.595	32.393	43.190	42.700	64.049	44.172
	Marcación	982	1.472	5.890	2.945	4.417	5.890
	Ropa seguridad	129	143	157	254	282	161
	Materiales	492	547	601	973	1.081	615
	<b>Total</b>	<b>23.197</b>	<b>34.555</b>	<b>49.838</b>	<b>46.871</b>	<b>69.830</b>	<b>50.837</b>
Segunda poda	Mano de obra	18.405	27.608	36.810	0	0	0
	Ropa seguridad	81	90	99	0	0	0
	Materiales	115	128	140	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>18.601</b>	<b>27.825</b>	<b>37.049</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
Segundo raleo comercial	Mano de obra	41.718	62.577	83.436	0	0	0
	Marcación	982	1.472	1.963	0	0	0
	Ropa seguridad	245	276	304	0	0	0
	Materiales	949	1.056	1.162	0	0	0
	<b>Total</b>	<b>43.893</b>	<b>65.381</b>	<b>86.864</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

ÍTEM		Ra4011	Ra4012	Ra4013	Ra4021	Ra4022	Ra4023
Tercera poda	Mano de obra	19.632	29.448	39.264	0	0	0
	Ropa seguridad	86	96	106	0	0	0
	Materiales	122	136	150	0	0	0
	<b>Total</b>	19.841	29.680	39.519	0	0	0
Tercer raleo comercial	Mano de obra	60.368	1.963	1.963	0	0	0
	Marcación	982	120.737	120.737	0	0	0
	Ropa seguridad	354	439	439	0	0	0
	Materiales	1.373	1.681	1.681	0	0	0
	<b>Total</b>	63.077	124.820	124.820	0	0	0

#### COSTOS DE COSECHA (\$/ha)

ÍTEM		Ra4011	Ra4012	Ra4013	Ra4021	Ra4022	Ra4023
Volteo	Mano de obra	134.561	201.842	269.122	125.768	188.651	251.535
	Ropa seguridad	790	890	979	749	832	915
	Materiales	3.060	3.406	3.747	2.865	3.183	3.502
	<b>Total</b>	138.410	206.137	273.848	129.381	192.666	255.952
Madereo		1.632.498	1.795.748	2.148.370	1.525.815	1.678.397	2.007.975
Caminos		331.155	367.950	404.745	331.155	367.950	404.745
Campamento		32.400	36.000	39.600	32.400	36.000	39.600

#### COSTOS DE MANTENCIÓN (\$/ha)

ÍTEM		Ra4011	Ra4012	Ra4013	Ra4021	Ra4022	Ra4023
Costos mantención	Cortafuego	7.340	7.875	8.411	7.340	7.875	8.411
	Caminos	0	0	0	0	0	0

**COSTOS DE ADMINISTRACIÓN (\$/ha)**

ÍTEM		Ra4011	Ra4012	Ra4013	Ra4021	Ra4022	Ra4023
Impuestos Supervisión		0	0	0	0	0	0
		9.816	14.724	19.632	9.816	14.724	19.632
Seguro de incendios, heladas y daños por viento	Primera mitad de la rotación	2.921	3.246	3.571	2.921	3.246	3.571
	Segunda mitad de la rotación	2.921	3.246	3.571	2.921	3.246	3.571

**COSTOS DE PROTECCIÓN FORESTAL (\$/ha)**

ÍTEM		Ra4011	Ra4012	Ra4013	Ra4021	Ra4022	Ra4023
Control y combate de incendios		2.570	2.856	3.142	2.570	2.856	3.142
Guardería		2.203	2.448	2.693	2.203	2.448	2.693

**ANEXO V**

**INGRESOS POR PRODUCTO**

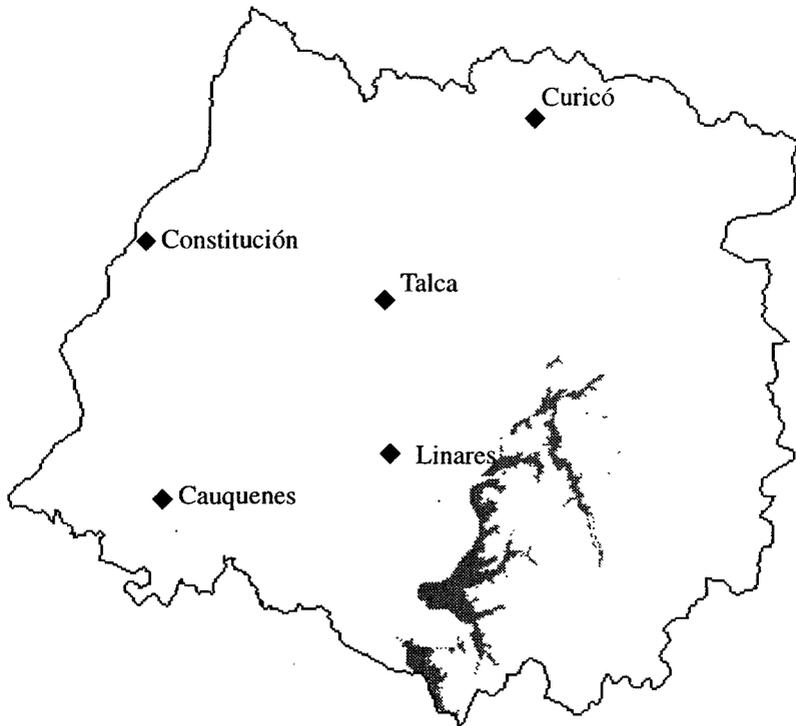
Productos	Primer raleo			Segundo raleo			Tercer raleo			Cosecha		
	Porcentaje (%)	Volumen (m³/ha)	Ingresos (\$)	Porcentaje (%)	Volumen (m³/ha)	Ingresos (\$)	Porcentaje (%)	Volumen (m³/ha)	Ingresos (\$)	Porcentaje (%)	Volumen (m³/ha)	Ingresos (\$)
<b>RA4011</b> Madera debobinable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	197	6.857.498
Madera aserrada	20	9	181.500	40	34	701.250	40	49	1.014.750	65	428	8.821.313
Madera pulpable	80	35	212.883	60	51	308.438	60	74	446.328	5	33	198.973
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>44</b>	<b>394.383</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>1.009.688</b>	<b>100</b>	<b>123</b>	<b>1.461.078</b>	<b>100</b>	<b>656</b>	<b>15.877.783</b>
<b>RA4012</b> Madera debobinable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	197	5.610.680
Madera aserrada	20	9	0	40	34	637.500	40	49	922.500	65	428	8.019.375
Madera pulpable	80	35	193.530	60	51	280.398	60	74	405.752	5	33	1.180.884
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>44</b>	<b>193.530</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>917.898</b>	<b>44</b>	<b>123</b>	<b>1.328.252</b>	<b>100</b>	<b>658</b>	<b>14.434.349</b>
<b>RA4013</b> Madera debobinable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	197	5.610.880
Madera aserrada	20	9	0	40	34	573.750	40	49	830.250	65	428	7.217.438
Madera pulpable	80	35	174.177	60	51	252.358	60	74	365.177	5	33	162.796
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>44</b>	<b>174.177</b>	<b>100</b>	<b>85</b>	<b>826.108</b>	<b>100</b>	<b>123</b>	<b>1.195.427</b>	<b>100</b>	<b>658</b>	<b>12.990.914</b>
<b>RA4021</b> Madera debobinable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Madera aserrada	0	0	0	30	0	0	0	0	0	70	431	8.879.083
Madera pulpable	100	87	526.159	70	0	0	0	0	0	30	185	1.115.819
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>526.159</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>615</b>	<b>9.994.882</b>
<b>RA4022</b> Madera debobinable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Madera aserrada	0	0	0	30	0	0	0	0	0	70	431	8.071.875
Madera pulpable	100	87	478.326	70	0	0	0	0	0	30	185	1.014.381
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>478.326</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>615</b>	<b>9.086.256</b>

Productos	Primer raleo			Segundo raleo			Tercer raleo			Cosecha		
	Porcentaje (%)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Ingresos (\$)	Porcentaje (%)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Ingresos (\$)	Porcentaje (%)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Ingresos (\$)	Porcentaje (%)	Volumen (m <sup>3</sup> /ha)	Ingresos (\$)
RA4023												
Madera debobinable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Madera aserrada	0	0	0	30	0	0	0	0	0	70	431	7.264.688
Madera pulpable	100	87	430.493	70	0	0	0	0	0	30	185	912.943
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>87</b>	<b>430.493</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>615</b>	<b>8.177.630</b>

**ANEXO VI**

**ILUSTRACIÓN DE LAS ÁREAS POTENCIALES  
REGIONALES**

## DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RAULÍ VII REGIÓN



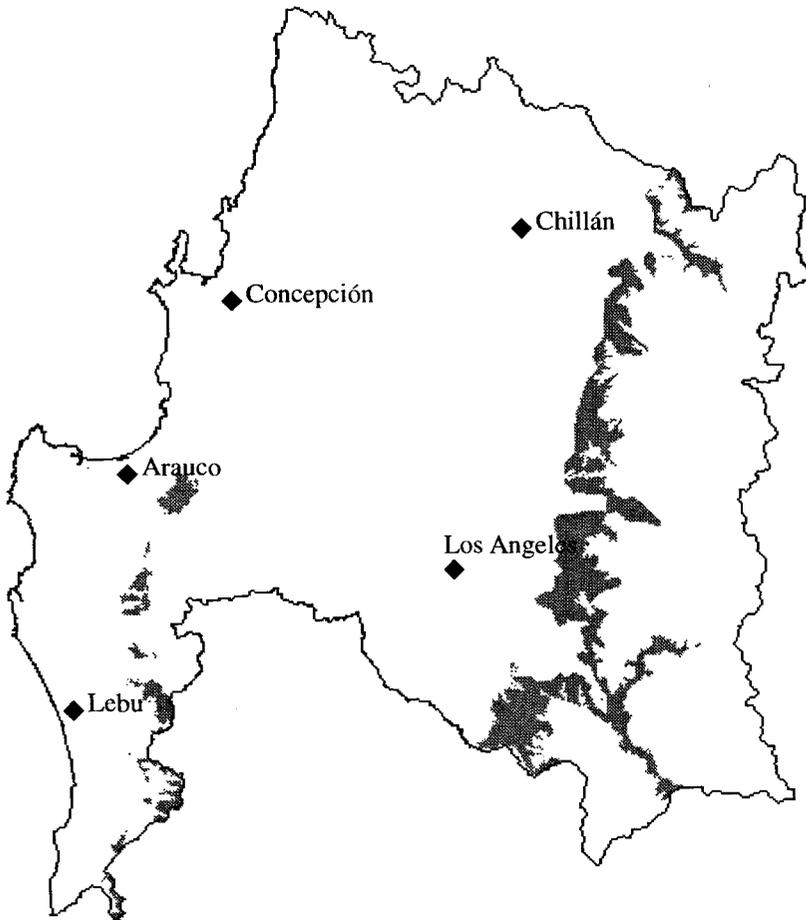
Zona apta



Zona no apta



# DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RAULÍ VIII REGIÓN



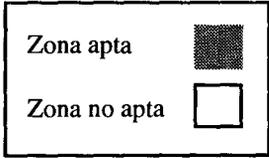
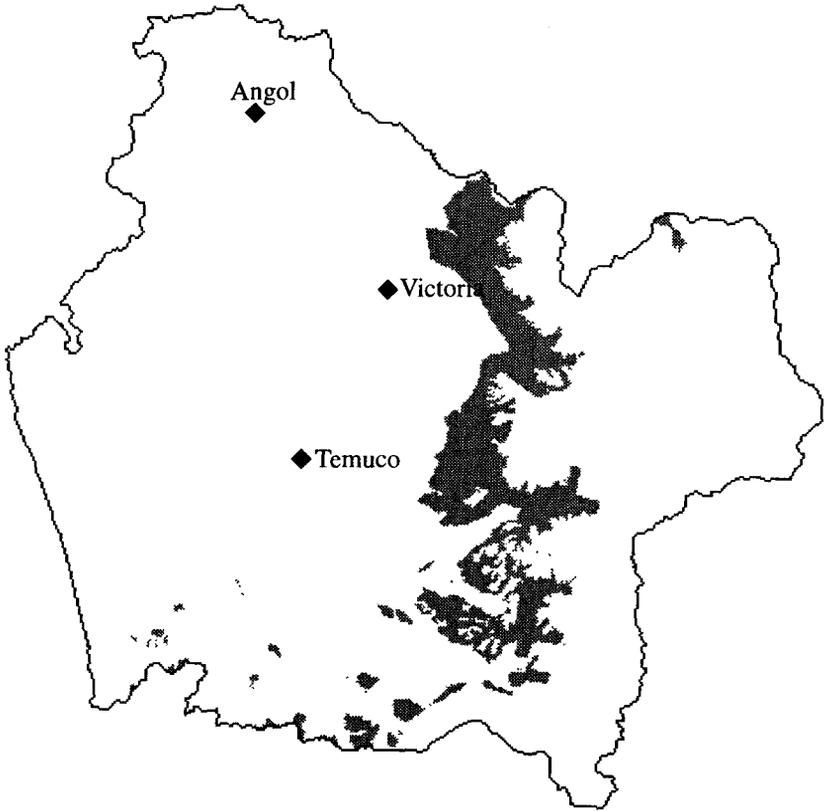
Zona apta



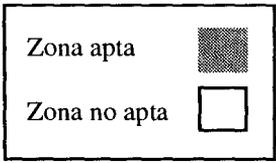
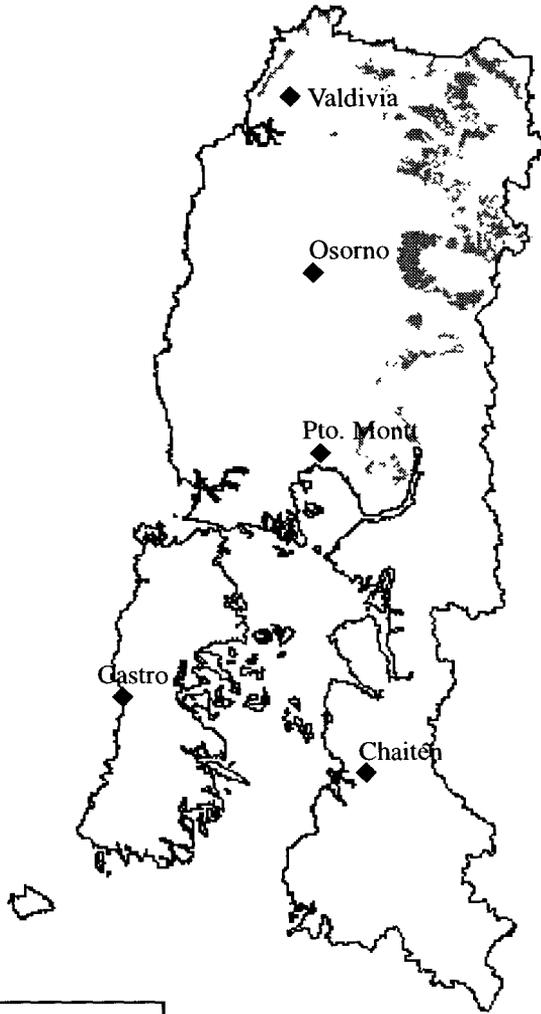
Zona no apta



**DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RAULÍ  
IX REGIÓN**



# DISTRIBUCIÓN POTENCIAL DE RAULÍ X REGIÓN



# RAULI

Para mejorar el potencial económico de la actividad silvícola del país, el Ministerio de Agricultura dio inicio el año 1994 a una campaña de Diversificación, la cual se materializó con la creación de un programa específico llevado a cabo por CONAF.

Su propósito ha sido generar una Política Nacional de Diversificación, cuyo principal objetivo se orienta a optimizar el uso económico del suelo sobre la base de la ampliación de las opciones de cultivo y de esta forma integrar con propiedad la actividad forestal a la segunda fase del modelo exportador chileno.

En lo social se procura la integración de nuevos sectores a las actividades y beneficios que proporciona el desarrollo forestal diversificado, provocando positivos impactos ambientales por la vía de incrementar la superficie arbolada del territorio nacional.

La diversificación es en suma un proceso de ampliación a gran escala de nuevas opciones de cultivo forestal destinados a mejorar la capacidad productora y exportadora del país, en el marco que fija el uso sustentable de los recursos naturales renovables.

