

U N I V E R S I D A D D E C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO SILVICULTURA

ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DE RENOVALES NO MANEJADOS
Y CRECIMIENTO DE ARBOLES COSECHA DE RAULI (*Nothofagus
alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) EN HACIENDA JAUJA IX
REGION, CHILE.



GABRIEL BERNARDO HAMDAN LUENGO

MEMORIA DE TITULO PRESENTADA
A LA FACULTAD DE CIENCIAS
FORESTALES DE LA UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION PARA OPTAR AL
TITULO DE INGENIERO FORESTAL

CONCEPCION - CHILE

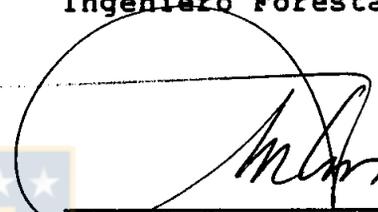
1995

ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DE RENOVALES NO MANEJADOS
Y CRECIMIENTO DE ARBOLES COSECHA DE RAULI (*Nothofagus*
alpina (Poepp. et Endl.) Oerst.) EN HACIENDA JAUJA IX
REGION, CHILE.

Profesor Asesor.

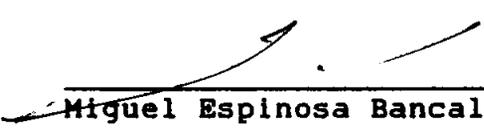

Miguel Espinosa Bancalari.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal Ph D.

Profesor Co - Asesor.

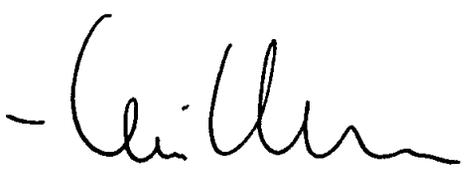

Jorge Cancino Cancino.
Profesor Asistente.
Ingeniero Forestal Ms. Sc.



Director Departamento
Silvicultura.


Miguel Espinosa Bancalari.
Profesor Asociado.
Ingeniero Forestal Ph. D.

Decano Facultad de
Ciencias Forestales.


Dr. Jaime Millán Herrera.
Profesor Titular.
Ingeniero Forestal.



A MIS PADRES

AGRADECIMIENTOS.

A todos los docentes, compañeros y personal de la Facultad, quienes aportaron en mi formación profesional y permitieron que llegara a esta etapa.

En el planteamiento del tema y la confianza en la realización de ésta investigación, agradezco al Ingeniero Forestal Dr. Bernardo Avilés Rosales.

Al profesor Sr. Miguel Espinosa Bancalari., por su apoyo y guía para hacer realidad este trabajo.

Al profesor Sr. Jorge Cancino Cancino, por su ayuda y aportes para mejorar el trabajo.

Al equipo de forestales que trabajo en terreno, Elio Barrios, Arturo Burgos, Hans-Jörg Henle y Benno Pokorny.

A la empresa Forestal Mininco S.A., personal de la Hacienda Jauja y centro de semillas de CONAF (Chillán) por las facilidades otorgadas durante la investigación.

INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA	
I	INTRODUCCION.....	1
II	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	3
	2.1 Antecedentes generales de los renovales...	3
	2.1.1 Definición.....	3
	2.1.2 Distribución natural.....	3
	2.1.3 Superficie.....	4
	2.1.4 Clasificación.....	4
	2.1.5 Origen.....	5
	2.1.6 Daños en los renovales.....	6
	2.2 Estructura de rodal.....	7
	2.3 Antecedentes de crecimiento.....	10
	2.3.1 Crecimiento diametral.....	11
	2.3.2 Crecimiento en altura.....	12
	2.3.3 Area basal.....	14
	2.3.4 Volumen.....	14
	2.3.5 Factor de forma cilindrico.....	15
III	MATERIALES Y METODO.....	17
	3.1 Materiales	17
	3.1.1 Ubicación geográfica y descripción del área de estudio	17
	3.1.2 Reconocimiento y selección del área de estudio	18
	3.2 Método	19
	3.2.1 Tamaño de la muestra	19
	3.2.2 Descripción de los grupos	19
	3.2.3 Arboles cosecha	21
	3.2.4 Análisis fustal	22
IV	RESULTADOS Y DISCUSION.....	26
	4.1 Estructura de los renovales.....	26
	4.1.1. Número de árboles.....	26
	4.1.2 Distribución diamétrica.....	31
	4.1.3 Area basal.....	35
	4.1.4 Volumen.....	38
	4.2 Caracterización de los árboles cosecha.....	40
	4.2.1 Edad.....	40
	4.2.2 Proporción de duramen.....	42
	4.2.3 Número de árboles.....	43
	4.2.4 Distribución diamétrica.....	44
	4.2.5 Area basal.....	46
	4.2.6 Altura total.....	47
	4.2.7 Volumen.....	48

CAPITULOS	PAGINA
4.3 Crecimiento individual de los árboles cosecha.....	50
4.3.1 Crecimiento diamétrico a la altura del pecho.....	50
4.3.2 Crecimiento área basal.....	54
4.3.3 Crecimiento en altura total.....	57
4.3.4 Crecimiento en volumen.....	62
4.3.5 Factores de forma.....	65
V CONCLUSIONES.....	67
VI RESUMEN.....	69
SUMMARY.....	70
VII BIBLIOGRAFIA.....	71
VIII APENDICE.....	78



INDICE DE TABLAS

TABLA N ^o		PAGINA
<u>En el texto</u>		
1	Descripción de los puntos de muestreo.....	19
2	Número de árboles de Nothofagus y otras especies en los grupos I y II.....	26
3	Tabla de rodal grupo I.....	31
4	Tabla de rodal grupo II.....	32
5	Estimadores del DAP para el grupo I y II.....	35
6	Area basal de Nothofagus y otras especies en los grupos I y II.....	36
7	Volumen de los grupos I y II.....	39
8	Edades registradas en Raulí.....	41
9	Número de árboles cosecha en los grupos I y II....	43
10	Estimadores del DAP para los árboles cosecha de los grupos I y II.....	46
11	Area basal de árboles cosecha en los grupos I y II	47
12	Estimadores de la altura total de los árboles cosecha de Raulí en los grupos I y II.....	47
13	Volumen de árboles cosecha en los grupos I y II...	49
14	Factores de forma natural y artificial del grupo I	65

TABLA NQ

PAGINA

En el Apéndice

1 A	Crecimiento e incrementos promedios en DAP de árboles cosecha del grupo I.....	79
2 A	Crecimiento e incrementos promedios en DAP de árboles cosecha del grupo II.....	79
3 A	Crecimiento e incrementos promedios en área basal de árboles cosecha del grupo I.....	80
4 A	Crecimiento e incrementos promedios en área basal de árboles cosecha del grupo II.....	80
5 A	Crecimiento e incrementos promedios en altura total de árboles cosecha del grupo I.....	81
6 A	Crecimiento e incrementos promedios en altura total de árboles cosecha del grupo II.....	81
7 A	Crecimiento e incrementos promedios en volumen de árboles cosecha del grupo I.....	82
8 A	Crecimiento e incrementos promedios en volumen de árboles cosecha del grupo II.....	82
9 A	Factor de forma natural y artificial en árboles cosecha del grupo I.....	83
10 A	Factor de forma natural y artificial en árboles cosecha del grupo II.....	83

INDICE DE FIGURAS

FIGURA NQ	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1	Distribución diamétrica en el grupo I..... 33
2	Distribución diamétrica en el grupo II..... 34
3	Distribución diamétrica de los árboles cosecha en los grupos I y II..... 45
4	Crecimiento promedio en DAP (a) e incrementos medio y periódico anual del DAP (b) de árboles cosecha del grupo I..... 52
5	Crecimiento promedio en DAP (a) e incrementos medio y periódico anual del DAP (b) de árboles cosecha del grupo II..... 53
6	Crecimiento promedio en área basal (a) e incrementos medio y periódico anual en área basal (b) de los árboles cosecha del grupo I..... 55
7	Crecimiento promedio en área basal (a) e incrementos medio y periódico anual en área basal (b) de los árboles cosecha del grupo II..... 56
8	Crecimiento promedio en altura total (a) e incrementos medio y periódico anual en altura total (b) de árboles cosecha del grupo I..... 60
9	Crecimiento promedio en altura total (a) e incrementos medio y periódico anual en altura total (b) de árboles cosecha del grupo II..... 61
10	Crecimiento promedio en volumen (a) e incrementos medio y periódico anual en volumen (b) de árboles cosecha del grupo I..... 63
11	Crecimiento promedio en volumen (a) e incrementos medio y periódico anual en volumen (b) de árboles cosecha del grupo II..... 64

I INTRODUCCION

Las investigaciones en los renovales de *Nothofagus* de la Hacienda Jauja comenzaron con una caracterización de la estructura de los rodales y un análisis para el ordenamiento de éstos, realizada por Herrera y May (1975). La información obtenida dio lugar a ensayos de raleo que se evaluaron en parcelas permanentes. En 1985, Forestal Mininco realizó un catastro en el que se determinó el patrimonio, el estado de desarrollo y calidad de este recurso (Forestal Río Vergara S.A., 1986).

Para incorporar al manejo la hacienda Jauja se realizó un inventario en los renovales de *Nothofagus* sin intervención. La información fue analizada por Espinosa (1990), quien rodalizó en base al área basal de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*) y determinó opciones silvícolas para estos renovales agrupando las parcelas del inventario en cuatro grupos operacionales.

Con la información de las investigaciones anteriores se tiene un conocimiento general del estado de estos renovales. Sin embargo, la variabilidad y complejidad de la estructura que presentan éstos, producto de los distintos usos en el pasado,

quemadas y tala rasa para habilitar suelos para la agricultura, y las explotaciones selectivas, obligan a evaluar estos rodales en forma detallada para decidir sobre las posibilidades de intervención silvícola.

Una alternativa que se analiza en este estudio corresponde a la práctica de un raleo alto, y a la selección de árboles cosecha, con lo cual se pretende transformar un bosque natural en un bosque comercial productivo de alto valor. Este procedimiento, de aceptación general no sólo en Europa Central, en donde fue creado, sino también en Africa y Asia, consiste básicamente en la liberación de los árboles dominantes, que tienen las mejores características fenotípicas y de crecimiento, y en la mantención y mejoramiento de la dinámica y ecología del rodal. Estos árboles constituirán el rodal final y la base para un manejo sostenido del recurso (Avilés, 1993).

Basándose en dos de los grupos operacionales determinados por Espinosa (1990), ésta investigación tiene por objetivos describir el estado de los renovales de *Nothofagus* no intervenidos, en relación a su estructura, cuantificar y caracterizar los árboles cosecha y determinar su crecimiento.

II REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes generales de los Renovales

2.1.1 Definición. Se entiende por renoval a toda masa proveniente de la regeneración natural de un bosque, desde su estado de diseminado al de latizal alto, es decir, hasta 30 cm de diámetro de fuste (Yoma, 1984). En el proyecto de ley de bosque nativo se define como renoval a una formación juvenil constituida por especies arbóreas nativas, en donde el diámetro límite está en relación con cada tipo forestal establecido en el reglamento (CONAF, 1992). Para el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue el reglamento establece la participación de cualquiera de las tres especies o una combinación de ellas en un 50 % del total de los individuos por hectárea, con un diámetro no inferior a 10 cm a 1.3 m de altura (Garrido, 1983).

2.1.2 Distribución natural. El tipo forestal Roble-Raulí-Coihue se desarrolla entre los paralelos 36°30' Sur y 40°30' Sur desde los 100 a los 1000 m.s.n.m. en ambas cordilleras, principalmente en las laderas interiores y en valles cordilleranos (Donoso, 1981). El Raulí se distribuye

latitudinalmente a través de 640 km, desde la provincia de Curicó, sector los Queñes, hasta Valdivia por la Cordillera de los Andes, y desde la ribera Norte del Río Itata hasta la zona de Hueyusca en la Cordillera de la Costa de la X Región. Normalmente, habita sobre los 500 m.s.n.m. en ambas cordilleras, ocupando sectores de exposición Sur. En su límite austral se le encuentra desde los 100 m.s.n.m. (Rodríguez et al., 1983; Hormazábal y Benoit, 1987).

2.1.3 Superficie. De la superficie total de bosque nativo productivo del país (7.616.500 ha), aproximadamente el sesenta por ciento lo cubren especies de *Nothofagus* (Hartwig, 1990). De este total, la superficie de renovales de interés económico, es decir aquellos que pueden ser manejados, lo que incluye a masas boscosas desde el estado de monte bravo al de latizal alto, es de alrededor de 600.000 ha, constituidas principalmente por especies de *Nothofagus* y del bosque húmedo (Ulloa, 1984; Yoma, 1984).

2.1.4 Clasificación. La clasificación preliminar del bosque nativo (Yudelevich et al., 1967), aunque es de carácter general, diferencia en el tipo Roble-Raulí formaciones originales y renovales en la precordillera. Wadsworth (1976) distingue dos tipos de formaciones en el género *Nothofagus* : los de primer crecimiento, degradados y

sobremaduros, y bosques de segundo crecimiento, tanto de regeneración de monte alto como de monte bajo. Donoso (1981) distingue tres subtipos dentro del tipo forestal Roble-Raulí-Coihue: subtipo renoval y bosque puro secundario, subtipo remanentes originales y subtipo bosques degradados. Dentro de los bosques de segundo crecimiento, los renovales puros o mezclados de Roble-Raulí-Coihue constituyen un tipo forestal de alto interés económico, que no existía originalmente en Chile (Donoso, 1981; Yoma, 1984).

2.1.5 Origen. La presencia de estos bosques de segundo crecimiento se debe principalmente a catástrofes originadas por fuerzas naturales y a la acción alteradora del hombre en la habilitación de suelos para la agricultura (De Camino et al., 1974; Donoso, 1981). Los incendios en los bosques originales, la explotación masiva del recurso y las posteriores quemas, dieron origen a renovales coetáneos. Las distintas intensidades de extracción de Raulí, Roble y Lingue dieron lugar a bosques degradados (Donoso, 1981).

De las especies originales de estos bosques se ha observado que Roble y Raulí rebrotan de tocones cortados y/o quemados, y excepcionalmente de raíces; en cambio, Coihue produce abundante regeneración por semillas que llegan a lugares donde una quema ha eliminado los árboles de la especie

(Medina y Ojeda, 1972; Wadsworth, 1976). A esto se debe entonces que la mayoría de estos renovales sean formaciones de monte medio y en menor proporción de monte alto (De Camino et al., 1974).

2.1.6 Daños en los renovales. Aunque los principales problemas que presentan los renovales son los referidos a la forma de los árboles, también lo son los daños por insolación en las plantaciones de Raulí con exposición Norte-Oeste (Yudelevich et al., 1967; Rack, 1970; Espinosa et al., 1988; Donoso, 1989). Estos daños pueden ser controlados con el aumento de la densidad de especies tolerantes (Donoso, 1989) o reduciendo la intensidad del raleo (Avilés, 1993).

En Nueva Zelanda se comprobó que los bosques de *Nothofagus* más susceptibles a los ataques de insectos y hongos, son los que están bajo situación de stress por competencia, como los renovales no manejados, en situaciones de sequía o inundación (Milligan, 1974; citado por Hartwig, 1990).

Particularmente en Chile, se ha observado que el Raulí tiende a ser de mejor calidad que el Roble, por presentar menores daños causados por agentes bióticos (Puente et al., 1979). El Raulí es atacado por insectos defoliadores y enfermedades fungosas a nivel foliar, ramas y troncos; el

Roble es atacado frecuentemente por defoliadores y taladradores de la madera. En las zonas más húmedas las raíces de los *Nothofagus* son atacadas por *Armillaria mellea*. También es importante, para la regeneración de estos bosques, considerar el ataque que sufren las semillas por microlepidopteros (Garrido et al., 1979; Donoso, 1989).

2.2 Estructura de Rodal

Se determina considerando la frecuencia de las especies componentes y las clases de edad, el arreglo de diferentes estratos o pisos de vegetación (estructura vertical) y la distribución de clases diamétricas (estructura horizontal) que tiene un rodal o bosque (Daniel et al., 1982; Smith, 1986). Es el resultado de los hábitos de crecimiento de las especies y de las condiciones ambientales y prácticas silviculturales en que se originaron y desarrollaron los rodales. En general, las estructuras típicas de rodal son la uniforme y la irregular, aunque en condiciones naturales se presentan gradientes entre ellas (Husch et al., 1972).

Rodales de estructura regular o uniforme, son aquellos en que un grupo de árboles se ha originado dentro de un corto periodo, de modo que los árboles tienen aproximadamente la misma edad o pertenecen a una sola clase de edad. Los rodales

irregulares, son aquellos en que los individuos se han originado continuamente, obteniéndose árboles de varias edades o clases de edad (Husch et al., 1972; Daniel et al., 1982).

Considerando estas características, y los antecedentes del uso de los bosques de *Nothofagus*, se han de esperar estructuras más complejas que las típicas. Según Puente et al. (1979, 1981), los bosques generados en condiciones naturales se caracterizan por presentar variabilidad en su composición, origen, edad, existencia y calidad de los rodales. La composición y origen se relacionan con la condición original de los bosques, la frecuencia y tipo de intervenciones, realizadas en el pasado, como tala rasa o floreo y factores de azar.

Los renovales del tipo Roble-Raulí-Coihue, son bosques en los cuales las especies en conjunto o separadamente son predominantes. En general, con respecto a la altitud están formados por Roble en las áreas bajas, Roble-Raulí en áreas intermedias y Raulí-Coihue en las más altas (Yudelevich et al., 1967; De Camino et al., 1974; Wadsworth, 1976; Donoso, 1981).

Asociados a las especies principales y dependiendo de la

latitud, altitud, exposición y condiciones edáficas se encuentran también Laurel (*Laurelia sempervirens* (R. et P.) Tul), Tapa (*Laurelia philipiana* (Phil.) Losser), Lingue (*Persea lingue* (R. et P) Nees ex Kopp), Ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.), Olivillo (*Aextoxicon punctatum* R. et P.), Avellano (*Gevuina avellana* Mol.), Tineo (*Weinmannia trichosperma* Cav), Trevo (*Dasyphyllum diacanthoides* (Less.) Cabr.), Mañío de hojas largas (*Podocarpus saligna* D. Don) y Mañío de hojas cortas (*Saxegothaea conspicua* Lindl.). Entre las especies arbustivas destacan Arrayán (*Luma apiculata* (DC.) Burret), Pitra (*Myrceugenia planipes* (H. et A.) Berg), Luma (*Anomyrtus luma* (Mol.) Legr. et Kausel), Radal (*Lomatia hirsuta* (Lam.) Diels ex Macbr.), Fuique (*Lomatia ferruginea* (Cav.) R.Br.), Avellanillo (*Lomatia dentata* (R. et P.) R.Br.) y Arrayán macho (*Rhaphithamnus spinosus* (Juss.) Mold.). En el sotobosque se encuentran Colihue, Quila (*Chusquea coleu*, Ch. quila) y helechos en las zonas más húmedas (Donoso, 1981).

Con respecto a la tolerancia de las principales especies que forman el tipo forestal Roble-Raulí-Coihue, se trata estrictamente de especies intolerantes (Donoso, 1981), siendo Coihue la más intolerante (Espinosa, 1972; Rosenfeld, 1972), seguida por Roble y luego por Raulí (Puente et al., 1979).

Dada la capacidad pionera de Raulí y Coihue, ambas se

consideran especies colonizadoras, ya que con frecuencia se desarrollan en áreas desnudas derivadas de deslizamientos de tierra (Veblen y Ashton, 1978; Uebelhör, 1984). En cambio, Roble se ha encontrado creciendo tanto en suelos fértiles como suelos poco desarrollados (Veblen y Asthon, 1977, citados por Donoso, 1981).

En resumen, los renovales de Roble-Raulí-Coihue, presentan estructuras diferentes que se originan en la edad, composición, localización geográfica y topográfica de éstos (Puente et al., 1979). En general, se trata de rodales coetáneos cuya edad está en directa relación con la explotación no planificada de los bosques nativos adultos.

2.3 Antecedentes de Crecimiento

El crecimiento de un árbol consiste en la elongación y engrosamiento de raíces, tallos y ramas. Esto produce cambios en peso, volumen y forma (Husch et al., 1972). Los principios de crecimiento de los árboles son en su mayoría fisiológicos, pero se les debe interpretar dentro de un marco de tipo ecológico, ya que interactúan factores climáticos, de suelo, topográficos y de competencia. El crecimiento, es el resultado de la capacidad de un árbol para expresar su

potencial genético a través de la fisiología dentro del medio al que está expuesto (Daniel et al., 1982).

Con la excepción de Coihue en algunas áreas, Raulí es considerada la especie de crecimiento más rápido dentro del bosque nativo, sobretodo en su rango de distribución óptimo, entre Malleco y Cautín (Gilchrist, 1973; citado por Garrido et al., 1979; Donoso, 1974, 1978).

2.3.1 Crecimiento diametral. En rodales no manejados, el crecimiento inicial en diámetro es lento (aproximadamente 0.5 cm); luego aumenta progresivamente hasta 1.0 cm, para bajar luego de los 35 años a 0.7 cm (Benda, 1965, citado por Vita, 1974).

El crecimiento diametral de rodales no manejados es similar a las observaciones realizadas en un árbol dominante de una plantación de Raulí, en el que el DAP presentó una tasa de crecimiento anual muy reducida durante los primeros siete años, aumentando apreciablemente a partir del octavo año (Espinosa et al., 1977). Mediciones posteriores confirman un lento crecimiento inicial que incrementa entre los 12 y 21 años, con un máximo a los 22-26 años, para luego descender rápidamente (Espinosa et al., 1988).

El crecimiento en diámetro, dependiendo de la edad y el sitio, en mediciones periódicas se han registrado cifras de 0.10 a 1.20 cm por año (De la Maza y Gilchrist, 1980; Puente et al., 1981). Datos registrados en rodales de Jauja (IX región), Casas Viejas (IX) y Pirihueico (X región) permitieron concluir que tanto los datos de cada localidad como el total tenían una distribución Normal, presentándose la mayor frecuencia entre 0.3 y 0.4 cm y los mejores crecimientos correspondían al rodal más joven (Casas Viejas) con una edad media de 25 años (Puente et al., 1981).

2.3.2 Crecimiento en altura. Wadsworth (1976) realizó un estudio en las provincias de Bio-Bio, Malleco y Cautín, donde determinó índices de sitio a una edad de 40 años en rodales ubicados en laderas medias, que correspondían a las situaciones más comunes. Encontró diferencias en los índices de sitio de los extremos geográficos del estudio, estimando que la latitud de Cunco era más productiva que la de Collipulli y ésta mejor que la de Santa Bárbara. En promedio, los índices de sitio determinados fueron de 22.4 m, 17.8 m y 16.1 m, respectivamente.

En un estudio más detallado en la Cordillera Andina de la VIII Región, Burgos (1984) especifica que la mayor productividad potencial de Raulí está en sitios con

exposición Sur bajo los 650 m.s.n.m. y los sitios de menor calidad están en exposición Norte y Sur sobre los 650 m.s.n.m. En el sector Sur se registró el mayor incremento medio anual en altura, medido a los 40 años, con 0.48 m y el menor en el sector Norte con 0.42 m.

En renovales de monte bajo de Raulí ubicados en la Hacienda El Morro, comuna de Mulchén, se registraron incrementos medios anuales en altura de 0.58 m y 0.67 m con edades de 10 a 56 años (De la Maza y Gilchrist, 1980). Estos valores son superiores a los medidos en una plantación de Raulí de 34 años creciendo en Villarrica, en la que el crecimiento medio fue de 0.39 m. El incremento periódico en altura es máximo entre los 17 y 21 años con 0.53 m, permaneciendo constante hasta los 31 años, para decrecer lentamente (Espinosa et al., 1988).

En renovales de monte bajo de Raulí localizados en la Cordillera Andina de la VIII Región, con edades entre 10 y 60 años, fue posible visualizar que el crecimiento en altura correspondiente a la etapa inicial era creciente y sostenido (Burgos, 1984). Según Hawley y Smith (1972) los bosques de monte bajo inicialmente se desarrollan más rápido, pero en turnos largos tienden a ser de menor altura que los originados de semilla.

2.3.3 Area basal. El área basal total medida en los renovales de la Hacienda Jauja es del orden de 23.0 a 75.9 m²/ha (Herrera y May, 1976; Wadsworth, 1976; Puente, 1979). La participación de Raulí varía de un 50 a 80 % sobre el total, dependiendo del sitio, edad y composición de los bosques originales (Wadsworth, 1976; Garrido et al., 1979; Puente, 1979; Donoso, 1981). Dependiendo de la densidad, las cifras de crecimiento medio anual en área basal para Raulí varían de 0.6 a 1.57 m²/ha/año (De la Maza y Gilchrist, 1980; Espinosa et al., 1988).

2.3.4 Volumen. En diferentes localidades las cifras de crecimiento medio anual para renovales de Nothofagus sin intervención, de 26 a 130 años de edad, con densidades de 317 a 4100 arb/ha, varían entre 5 m³/ha/año y 14.2 m³/ha/año, concentrándose en 7m³/ha/año (De Camino et al., 1974).

En un renoval de monte bajo de Raulí sin intervención ubicado en la comuna de Mulchén, se registraron para la especie incrementos medios en volumen de 10.6 y 13.1 m³/ha/año, con una densidad de 1792 y 715 arb/ha, y con edades de 10 a 40 años y de 25 a 50 años, respectivamente (De la Maza y Gilchrist, 1980).

En una plantación de Raulí de 34 años sin intervención

silvícola el crecimiento periódico anual (10 años) fue de 12.2 m³/ha/año y el medio anual 5 m³/ha/año (Espinosa et al., 1988).

Además de cifras de crecimiento interesa el comportamiento de éste en el tiempo. Para renovales de monte bajo de Raulí sin intervención, estudiados por De la Maza y Gilchrist (1980), las tasas anuales corrientes para volumen, área basal y diámetro indican que aun mantenían su tendencia ascendente, es decir, estarían en pleno desarrollo .

En una plantación de Raulí sin intervención de 24 años se encontró que ésta estaba en pleno desarrollo. Evaluaciones posteriores indican que el crecimiento en diámetro y área basal decrece después de los 26 años; en altura, después de los 31 años; en cambio el volumen presentaba a los 34 años un fuerte crecimiento (Espinosa et al., 1988).

2.3.5 Factor de forma cilíndrico. Se define como la razón entre el volumen de un árbol y el de un cilindro de igual diámetro y altura total (Bruce y Schumacher, 1965). Dependiendo de la altura a la cual se mide el diámetro existe un **factor de forma artificial** si es medido a 1.3 m de altura y **natural** si se mide a un décimo de la altura del árbol (Cailliez, 1980). En general tanto el diámetro como la

altura hacen variar los factores de forma.

De Camino y Drake (1977) calcularon el factor de forma, a partir de información de Wadsworth (1976), presentando un rango 0.51 a 0.66 para *Nothofagus* en Chile, en tanto que en plantaciones en Gran Bretaña, éste varía entre 0.44 y 0.55. Espinosa et al.(1988), determinaron en una plantación de Raulí que el factor de forma artificial, medido en tres árboles, fue de 0.41 a los 24 años, aumentando a 0.54 a los 34 años. Cubillos (1988) determinó, para renovales de Raulí ubicados en Panguipulli, que el factor de forma natural variaba de 0.436 a 0.530 y el artificial de 0.430 a 0.504.



III MATERIALES Y METODO

3.1 Materiales

3.1.1 Ubicación geográfica y descripción del área de estudio. La investigación se realizó en la Hacienda Jauja, propiedad de Forestal Mininco S.A., ubicada en la precordillera Andina, 38º Latitud Sur y 72º Longitud Oeste, a 60 km al Este de Collipulli, provincia de Malleco, IX región.

Los suelos de la cordillera y precordillera Andina son principalmente " Trumaos", formados por cenizas volcánicas. En Jauja la serie de suelo corresponde a Santa Bárbara, que se caracteriza por una textura media a moderadamente fina, suelo profundo, alto contenido de materia orgánica, estructura granular, buen drenaje, alta capacidad de retención de agua; la topografía varía de lomajes suaves a zonas escarpadas (Peralta, 1976; INIA, 1985).

El clima del sector se caracteriza por presentar una precipitación del orden de los 2300 mm anuales, concentrada entre los meses de Mayo a Septiembre. La temperatura media anual varía de 11 a 13 ºC aproximadamente; las medias máximas

corresponden a Enero y Febrero con 16 y 19 °C y las medias mínimas de 0 a 8°C entre Mayo y Agosto (Forestal Mininco S.A., 1993).

El tipo forestal para los rodales de Jauja corresponde al tipo "Roble-Raulí-Coihue" (*N.obliqua*, *N.alpina*, *N.dombeyi*), según la tipificación de Donoso (1981).

3.1.2 Reconocimiento y selección del área de estudio. La selección del área de estudio se realizó mediante fotografías aéreas color, escala 1:10.000, planos de uso actual y de rodalización en grupos operacionales. Estos grupos operacionales corresponden a cuatro unidades territoriales homogéneas en área basal de Roble-Raulí, cuya base fue el inventario de Forestal Río Vergara del año 1987 para los predios Jauja y Santa Luisa (Espinosa, 1990).

Los puntos de muestreo se establecieron en el predio Jauja, sector dos, en los grupos operacionales que reúnen el mayor número de parcelas, que corresponden a los grupos operacionales B y C con áreas basales de 15.1 a 25 m²/ha y 25.1 a 39 m²/ha, respectivamente. Para este trabajo los grupos operacionales B y C serán llamados grupos I y II, respectivamente.

3.2 Método

3.2.1 Tamaño de la muestra. El tamaño de la muestra fue condicionado principalmente por la accesibilidad al lugar y una observación previa del sector cuidando que éste fuese lo más homogéneo posible.

En cada grupo se establecieron tres puntos de muestreo (Tabla 1) y en cada punto se marcaron tres parcelas circulares concéntricas de 250 y 500 m² para la descripción de la estructura y composición, y de 1000 m² para evaluar los árboles cosecha.

TABLA 1. DESCRIPCION DE LOS PUNTOS DE MUESTREO.

Grupo nº	Punto nº	Altitud m.s.n.m.	Exposición	Pendiente %
I	1	830	Noroeste	18
	2	860	Noreste	21
	3	890	Noroeste	20
II	1	720	Sur	43
	2	800	Suroeste	14
	3	785	Noreste	10

3.2.2 Descripción de los grupos. Las variables registradas para la caracterización de los grupos incluyen básicamente la especie y el diámetro medido a la altura del pecho (DAP).

En la parcela de 250 m² se registró la especie y el DAP de los árboles entre 5.0 y 18.0 cm. En la de 500 m² las mismas variables en los árboles mayores de 18.0 cm de DAP.

A partir de la información anterior se hace la descripción de los grupos en base al número de árboles por hectárea (N), distribución diamétrica, área basal por hectárea (G) y volumen total (V), que se determinó a partir de las siguientes funciones de volumen local:

Raulí y Roble (Pokorny, 1991)

$$V5 = 0.01271341 - 0.007852978 * DAP + 0.001005287 * DAP^2$$

Donde V5: Volumen en m³ ssc, DLU 5 cm.

Coihue (Cubillos, 1988 b)

$$V = - 0.05476487 + 0.00073611 * DAP^2$$

Donde V: Volumen total en m³ ssc, desde una altura de 0.3 m hasta el ápice.

Para determinar el volumen de otras especies se utilizó la función de volumen para Lingue de Santelices (1989).

$$V = 0.003155 + 0.000475 * DAP^2$$

Donde V: Volumen total en m³ ssc.

3.2.3 Arboles cosecha. Estos árboles fueron seleccionados en la parcela de 1000 m². Se registró el DAP y altura total de todos los árboles cosecha.

La selección de los árboles cosecha se basó en los siguientes aspectos:

- a. Vitalidad
- b. Calidad
- c. Distribución espacial

La vitalidad corresponde a características fenotípicas relacionadas con la copa. Para determinarla se consideraron aspectos relativos a su forma (redonda, un lado, oval), dimensión, grado de dominancia, color y densidad del follaje.

La calidad se relaciona con características del fuste de los árboles, para lo cual se observó curvatura e inclinación, daños en el fuste y especialmente la presencia de ramas en el fuste y el estado sanitario de éstas.

La distribución espacial de los árboles se define mediante el espaciamiento de estos en el área.

Se eligieron aquellos árboles que reunían las siguientes características:

- a. Dominantes y ocasionalmente codominantes.
- b. Buena forma de fuste (sin curvaturas, ondulaciones, bifurcaciones, menor presencia de ramas y buen estado sanitario de éstas).
- c. Árboles sin daños mecánicos o por insectos, hongos o enfermedades de reconocimiento visual.
- d. Árboles de copas bien formadas (simétricos).

La caracterización de estos árboles se realizó en base al número de árboles por hectárea (N), distribución diamétrica, área basal por hectárea (G) y volumen total referencial (V).

3.2.4 Análisis fustal. Considerando las restricciones de acceso a cada rodal, tiempo y transporte de las muestras, se seleccionaron de la especie Raulí 24 árboles cosecha del grupo I y 20 árboles cosecha del grupo II que cumplían las restricciones presentadas en el punto 3.2.3.

El método usado en el análisis fustal corresponde al recomendado por Husch et al. (1972). En cada árbol seleccionado para el análisis fustal fue marcado el Norte como referencia; posteriormente fue cortado a una altura de 0.3 m, independiente de la presencia de contrafuertes

basales. Se midió el largo total del árbol y fue trozado para la obtención de las rodelas a 0.3 m, al DAP y cada un metro, a partir de este punto hasta el ápice. En el caso que un corte coincidiera con ramas o defectos de la corteza, éste se desplazó hacia la copa. Para la identificación posterior de cada rodela se registró la siguiente información en la cara superior de esta:

- a. Marcación del punto cardinal Norte.
- b. Número de la rodela. Enumerada progresivamente desde la base hasta la copa.
- c. Número del árbol.
- d. Número de la parcela, a través de la cual se identifica el grupo.



Las rodelas se marcaron con un lápiz indeleble y se almacenaron en bolsas plásticas resistentes, que permitían la aireación. Las bolsas fueron etiquetadas con la información del origen de la muestra y se almacenaron en una cámara de frío, hasta el momento de la medición, para evitar la aparición de grietas por efecto de la pérdida de humedad.

Para las mediciones, la cara de la rodela a medir fue lijada y mojada con agua, de esta manera se facilitó la marcación de los anillos. Las mediciones fueron registradas en un formulario confeccionado para este tipo de estudio.

En cada rodela se midió el espesor de corteza, el número y ancho acumulado de los anillos de crecimiento año a año en dos radios perpendiculares, trazados con un punto central de intersección que corresponde a la médula del árbol. El dato registrado corresponde a un promedio aritmético de las mediciones. Además, se identificó y registró la proporción de duramen que presentaban las rodelas de los árboles, estimado a partir de la relación entre el diámetro de la sección duraminizada y el diámetro de la rodela.

El conteo de anillos en la rodela a la altura de tocón (0.3 m) se utilizó como referencia para la edad de los grupos en estudio.

Para describir el ciclo de crecimiento de estos árboles se promediaron los árboles de la misma edad. En el grupo I se midieron 17 árboles de 32 años y en el grupo II cuatro árboles de la clase mayor de edad (79 años). Para destacar la tendencia de las gráficas, el registro anual de los anillos se redujo a períodos de cinco años, contando desde el cámbium a la médula.

El análisis fustal proporcionó información de diámetro a la altura del pecho sin corteza - edad (DAP-E), y a partir de

éste se calculó el área basal-edad (G-E). Gráficamente se determinó la altura total-edad (H-E) y el volumen total-edad (V-E) que se calculó con la fórmula del cono truncado ya que es la más adecuada para trozas con forma cilíndrica y cónica (Cailliez, 1980) y la zona del tocón con la fórmula del volumen de un cilindro (Husch et al., 1982).

A partir de estas relaciones se obtuvieron las curvas de crecimiento acumulado, incremento medio anual (IMA) e incremento periódico anual (IPA) para árboles individuales.

Con la información de volumen total con corteza de cada árbol se calcularon los factores de forma natural y artificial (Cailliez, 1980).



IV RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Estructura de los renovales

4.1.1 Número de árboles. El promedio del número de árboles por hectárea de Nothofagus y otras especies de los grupos I y II se presenta en la Tabla 2.

TABLA 2. NUMERO DE ARBOLES DE NOTHOFAGUS Y OTRAS ESPECIES EN LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	I		II	
	N	%	N	%
Rauli	2792	48	893	32
Roble	86	1.5	61	2
Coihue	—	—	87	3
Nothofagus	2878	49.5	1041	37
Avellano	1746	30	1293	46
Avellanillo	—	—	407	14
Lingue	1052	18	41	1
Arrayán	—	—	14	0
Olivillo	—	—	27	1
Trevo	53	1	7	0
Maitén	40	1	—	—
Notro	26	0	—	—
Azara	13	0	—	—
Subt. Otras. esp.	2930	50.5	1789	63
Total	5808	100	2830	100

El número total de árboles por hectárea considerando *Nothofagus* y otras especies en el renoval del grupo I es de 5808 árboles/ha y en el grupo II, que corresponde al de más edad, disminuye aproximadamente a la mitad (2830 árboles/ha). Esta diferencia, en el total de individuos, puede ser explicada por el número de rebrotes que presentaron los tocones de Raulí, Avellano y Lingue del grupo I, observándose normalmente entre 2 y 8, o bien debido al resultado de los diferentes métodos de extracción a que fueron sometidos, uno originado de una corta a tala rasa con quema posterior y el de mayor edad a cortas periódicas o "floreo". Es probable que la mortalidad natural influya, ya que antecedentes en renovales indican que ésta es del orden del 1 % anual (Rocuant, 1969; Forestal Río Vergara S.A.,s/a).

En general se aprecia un mosaico de densidades en el lugar de estudio, que corresponde a una característica de bosques inadecuadamente explotados ya que en algunas zonas ésta es excesiva y en otras escasa (Hawley y Smith, 1972).

El número de árboles por hectárea dentro del grupo I alcanza a 2878 árboles/ha de *Nothofagus* y 2930 árboles/ha en otras especies. En el grupo II, *Nothofagus* reúne 1041 árboles/ha y otras especies suman 1789 árboles/ha. El porcentaje en que participa *Nothofagus* en

el grupo I corresponde al 49.5 % del total, disminuyendo a un 37 % en el grupo II, donde la mayor incidencia corresponde a otras especies (63 %). La explicación de esto puede ser la extracción de especies de *Nothofagus* a que ha sido sometido el grupo, dejando árboles de inferior calidad, que producen sombra y bajo ésta sólo especies tolerantes son favorecidas, que corresponden a las agrupadas en "otras especies".

Las especies de *Nothofagus* que componen estos grupos de renovales son : *N.alpina* (Raulí), *N.obliqua* (Roble) y *N.dombeyi* (Coihue). Dentro de éstas, Raulí es la más frecuente, con 2792 y 893 árboles/ha en los grupos I y II respectivamente, con participaciones sobre el total del 48 % en el grupo I y 32 % en el II. Lo que corresponde probablemente a una limitante de sitio, ya que la altitud registrada en las parcelas, 720 a 890 m.s.m., corresponde al rango altitudinal (600 a 900 m.s.m.), en que Raulí tiene mayor participación que los otros *Nothofagus* (Puente et al., 1979; Donoso, 1981); además, debe agregarse a esto la fuerte regeneración de monte bajo, principalmente en los Raulí del grupo I.

La especie Roble está presente en ambos grupos en menor proporción y Coihue se encontró sólo en el grupo II con un 3 % de participación. Se trata de árboles regenerados en los

claros dejados por el "floreo" y de árboles del bosque original dejados por su mala calidad, los que hoy son de gran tamaño y sus amplias copas condicionan la regeneración favoreciendo a las especies tolerantes. Existe una relación entre el tamaño de los claros del bosque y la regeneración que se establezca (Donoso, 1993).

De las otras especies, *Gevuina avellana* (Avellano) es la especie tolerante más frecuente, con 1746 y 1293 árboles/ha en los grupos I y II, participando con un 30 % en el grupo I y 46 % en el grupo II. En el grupo I también se encuentran con participaciones en menor orden *Persea lingue* (Lingue), y en el sotobosque *Dasyphyllum diacanthoides* (Trevo), *Maytenus* spp. (Maitén), *Embothrium coccineum* (Notro) y *Azara* spp.

En el grupo II, además de avellano, se encontraron especies tolerantes con participaciones menores como *Lomatia dentata* (Avellanillo) y Lingue. En el sotobosque se registraron *Luma apiculata* (Arrayan), *Aextoxicon punctatum* (Olivillo) y Trevo.

En el renoval del grupo I no existía regeneración de *Nothofagus* y en el grupo II era escasa, observándose sólo en los sectores en que hubo extracción o caída de árboles que mejoraron las condiciones de sustrato y luz.

Las causas más evidentes, observadas en terreno, que no favorecen el establecimiento de la regeneración natural, es la cantidad de hojarasca bajo los renovales, dificultando el contacto de la semilla con el suelo y el pastoreo de bovinos que ramonean la regeneración de los bosques durante el año.

En Raulí la edad de producción de semillas en rodales naturales no se conoce con exactitud, pero se sabe que existen años buenos y malos en la producción de éstas (Burschel et al., 1976; Garrido et al., 1979). Para plantaciones de la especie se determinó en 23 años (Forestry Commission, 1957; citado por Donoso, 1978).

En relación a la condición de monte bajo del grupo I la literatura discrepa con la capacidad de producir semillas: algunos autores plantean que la producción ocurre más temprano (Donoso, 1978) y otros que es baja a nula (Daniel et al., 1982).

En rodales de mayor edad, como en el grupo II, hay regeneración de *Nothofagus* sólo en los claros del bosque (Vita, 1974; Donoso, 1981, 1993). Sin embargo, se encontró regeneración de las especies tolerantes (arbóreas y arbustivas), además de *Lomatia ferruginea* (Radal), *Sophora*

macrocarpa (Mayu), *Aristotelia chilensis* (Maqui), *Chusquea* spp. (Quila y Colihue), *Rosa moschaeta* (Mosqueta), *Rubus* spp. (Zarza), especies de Myrtaceas, helechos y enredaderas.

4.1.2 Distribución diamétrica. El grupo I presenta un rango diamétrico para *Nothofagus* que varía de 5 a 35 cm (Tabla 3; Figura 1), y para las otras especies de 5 a 20 cm. En *Nothofagus* la mitad de los individuos se agrupan en las clases diamétricas inferiores a 15 cm y en otras especies el 69 % de los individuos se concentra en la primera clase diamétrica.

TABLA 3. TABLA DE RODAL DEL GRUPO I.

DAP (cm)	<i>Nothofagus</i>	Otras especies (árboles /ha)	Total
5	546	2012	2558
10	973	692	1665
15	1000	213	1213
20	233	13	246
25	106	0	106
30	13	0	13
35	7	0	7
Total	2878	2930	5808

El rango de DAP que presenta el grupo II es más amplio, de 5 a 55 cm, encontrándose también árboles en la clase de DAP 95 cm (Tabla 4; Figura 2).

TABLA 4. TABLA DE RODAL DEL GRUPO II.

DAP (cm)	Nothofagus	Otras especies (árboles/ha)	Total
5	247	540	787
10	260	841	1101
15	173	341	514
20	100	34	134
25	53	33	86
30	47	0	47
35	33	0	33
40	40	0	40
45	20	0	20
50	47	0	47
55	7	0	7
95	14	0	14
Total	1041	1789	2830

Los Nothofagus se distribuyen en un rango diamétrico de 5 a 55 cm y 95 cm, concentrándose la mitad de los árboles en las dos primeras clases. En la clase de DAP 95 cm se encuentran los árboles del bosque antiguo, que alcanzan al 1% de los Nothofagus y corresponden a las especies Roble y Coihue, cuya presencia se debe probablemente a que sus maderas en ese momento no eran de interés o la calidad de los árboles no eran las mejores. Donoso (1981) plantea que cuando Raulí estaba presente en el tipo era la única especie que se extraía, Roble y Lingue en las zonas bajas y cuando éstas no eran abundantes se explotaban Coihue y otras especies.

Los árboles de las especies tolerantes se distribuyen entre los 5 y 25 cm de DAP, agrupándose en las dos primeras clases diamétricas el 77 % de los individuos.

En el grupo I los *Nothofagus* presentan una distribución semejante a la distribución normal, la típica distribución de bosques coetáneos (Hawley y Smith, 1972), en donde los árboles se agrupan en el centro y disminuyen su frecuencia hacia los extremos (Figura 1). De las otras especies es clara la concentración de individuos en la primera clase diamétrica (5 cm), y su distribución se asemeja a la "J" invertida, lo que indica que la regeneración bajo dosel favorece principalmente a las especies tolerantes, las que forman el sotobosque en renovales jóvenes y posteriormente constituyen el dosel intermedio (Puente et al., 1979).

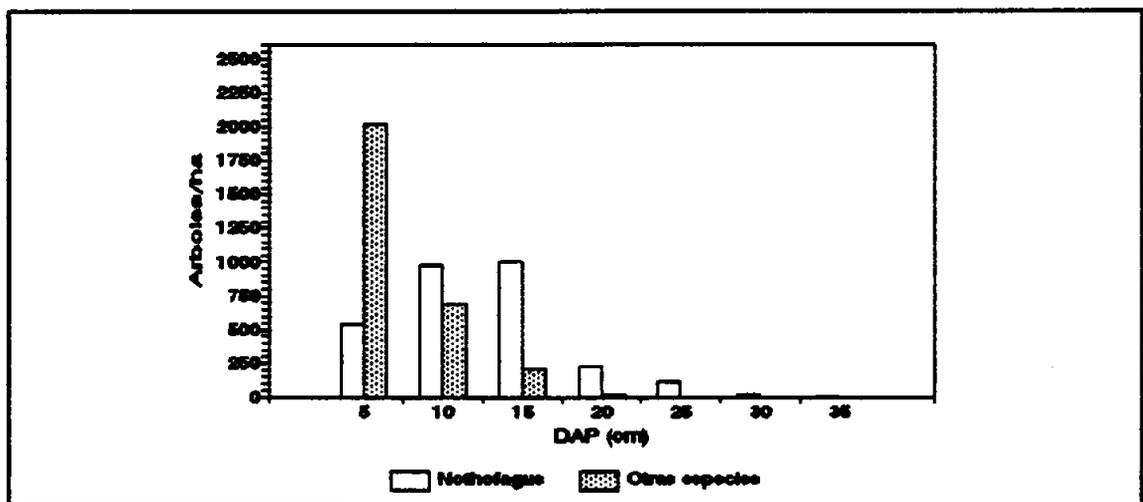


FIGURA 1. Distribución diamétrica en el grupo I.

El grupo II presenta una distribución más irregular (Figura 2). En *Nothofagus* la curva corresponde a la de un bosque heteroetáneo irregular (Smith, 1986). La curva de las otras especies se asemeja a la normal, pero los individuos se concentran en las clases de diámetro inferiores haciéndola asimétrica. En este grupo la mayor concentración de árboles está en la clase de DAP de 10 cm.

La concentración de especies secundarias en las clases diamétricas inferiores fue una característica común encontrada por Herrera y May (1976) en los renovales de Jauja con 35 a 40 años de edad media.

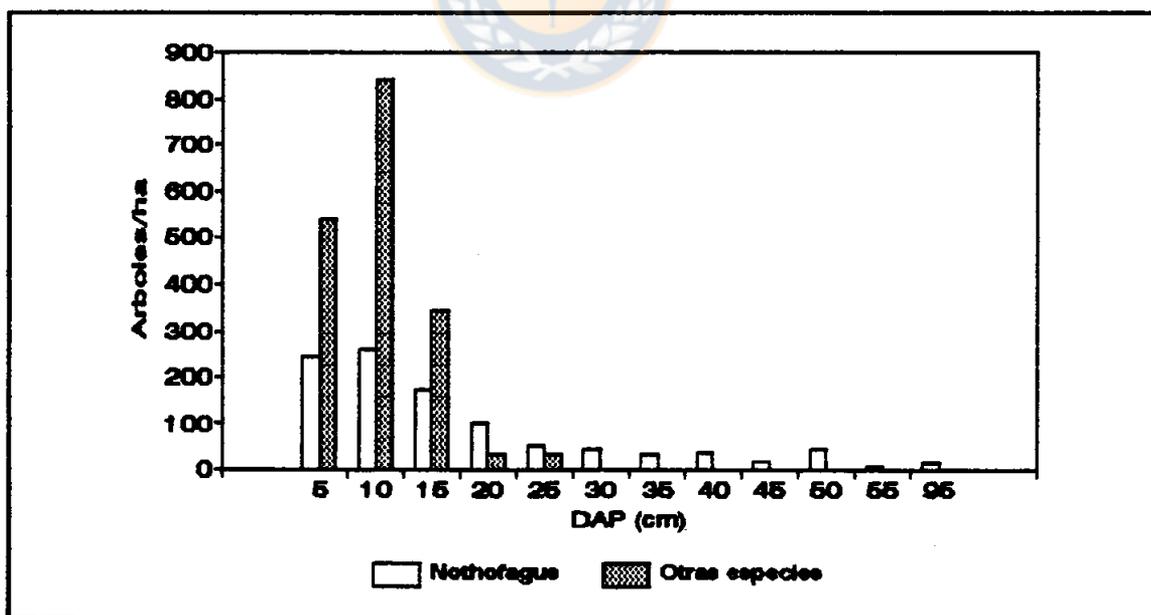


FIGURA 2. Distribución diamétrica en el grupo II.

El promedio y la desviación estándar del DAP de los Nothofagus presenta cifras superiores al de las otras especies (Tabla 5). Un resultado esperado ya que las otras especies ocupan principalmente los estratos inferiores del rodal.

El promedio y la dispersión del DAP de los Nothofagus del grupo II son mayores a los del grupo I, debido a que corresponde al grupo de mayor edad promedio que agrupa árboles de varias edades y el grupo I corresponde al coetáneo.

TABLA 5. ESTIMADORES DEL DAP PARA EL GRUPO I Y II.

Grupo	I			II		
	Media	Desv.Estd.	Dap (cm) CV(%)	Media	Desv.Estd.	CV(%)
Raulí	12.2	5.1	42	16.1	12.1	75
Roble	16.6	8.3	50	27.4	29.8	109
Coihue	—	—	—	32.5	22.3	69
Nothofgs.	12.3	5.3	43	18.1	15.6	86
Otras	6.9	3.2	46	9.9	4.3	43
Total	9.6	5.1	53	12.9	10.8	84

4.1.3 Area basal. La Tabla 6 presenta el promedio de las áreas basales de Nothofagus y otras especies en los grupos I y II.

TABLA 6. AREA BASAL DE NOTHOFAGUS Y OTRAS ESPECIES EN LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	I		II	
	Area basal		Area basal	
Especie	m2/ha	%	m2/ha	%
Raulí	39	72	29	47
Roble	2	4	7	11
Coihue	-	-	10	16
Nothofagus	41	76	46	74
Avellano	4	7	13	21
Avellanillo	-	-	3	5
Lingue	9	17	0	0
Arrayán	-	-	0	0
Olivillo	-	-	0	0
Trevo	0	0	0	0
Maitén	0	0	-	-
Notro	0	0	-	-
Azara	0	0	-	-
Sbt.Otras.esp.	13	24	16	26
Total	54	100	62	100

El área basal total del grupo I es de 54 m²/ha y en el grupo II es de 62 m²/ha. Para el grupo I se determinó en Nothofagus 41 m²/ha y en las otras especies 13 m²/ha. En el grupo II, Nothofagus y otras especies ocupan 46 m²/ha y 16 m²/ha, respectivamente.

La participación de Nothofagus sobre el total es similar en ambos grupos, 76 % para el grupo I y 74 % para el grupo II. Herrera y May (1976) observaron que la participación de

Raulí y Roble en renovales de Jauja con edades medias entre 35 y 40 años superaban el 80 %.

La dominancia de los *Nothofagus* podría relacionarse con la altitud en la que se realizó el estudio, entre 720 y 890 m.s.n.m., rango asignado principalmente a Raulí (Puente et al., 1979) o con la dinámica que presentan estos bosques originados de las alteraciones de tipo natural y las causadas por el hombre, que permiten la invasión de estas especies (Veblen y Asthon, 1978; Donoso, 1981).

Existen diferencias en el aporte de cada uno de los *Nothofagus* en el grupo, mientras en el I un 72 % corresponde a Raulí, en el II sólo es de 47 %, disminución relacionada con las cortas selectivas hechas en el pasado, de las que existe evidencia como tocones y restos de trozos en el bosque.

Originalmente los renovales del grupo I y II fueron asignados al Grupo Operacional B, con área basal entre 15.1 y 25 m²/ha y Grupo Operacional C de 25.1 a 39 m²/ha de área basal de Raulí y Roble (Espinosa, 1990). Si consideramos el área basal de Raulí y Roble de este trabajo, 41 m²/ha y 36 m²/ha para los grupo I y II respectivamente, sólo el promedio del grupo II está entre los rangos de la clasificación anterior

y el grupo I supera en promedio el rango en el cual fue asignado. La diferencia en la clasificación podría deberse a los diferentes métodos de medición de las parcelas (Forestal Río Vergara S.A., 1986) o a la alta variabilidad en área basal de estas especies dentro de los grupos.

Las especies que hacen los mayores aportes en área basal en el grupo I son Raulí, con 39 m²/ha que equivale al 72 %, y Lingue con 9 m²/ha (17%); en el grupo II, Raulí con 29 m²/ha (47 %) y Avellano con 13 m²/ha (21%).

El análisis de la información indica que la composición de especies entre los grupos es similar y que la diferencia principal se encuentra en las edades de los árboles que componen estos rodales, en el rango y en la distribución de los DAP, y en el origen del bosque, como resultado de las extracciones realizadas en lugares y tiempos diferentes. Estos antecedentes además de la uniformidad de las copas en el grupo I y lo irregular en el grupo II, reflejan que el renoval del grupo I corresponde a una estructura homogénea y el grupo II a una heterogénea.

4.1.4 Volumen. En la Tabla 7 se muestra el volumen total por hectárea calculado para cada grupo.

TABLA 7. VOLUMEN DE LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	Volumen (m ³ /ha)					Total
	Raulí	Roble	Coihue	Nothofagus	Otras	
I	258.09	19.64	-	277.73	91.24	368.97
II	263.28	87.23	94.72	445.23	104.71	549.94

La participación en volumen de Nothofagus y otras especies en los grupos es de 75 y 25 % para el grupo I, y de 81 y 19 % en el grupo II.

Aunque es mayor la participación de Nothofagus en el grupo II, las intervenciones selectivas que dieron origen a esta situación de renoval, han influido en el volumen aportado por especie, principalmente si comparamos el de Raulí, con una alta participación sobre el total en el grupo I, alrededor de un 70 % y en el grupo II disminuye a un 48 % .

La participación en volumen de cada una de las especies y las calidades de las maderas de éstas, son aspectos que deben ser considerados en las alternativas de manejo de estos renovales, como ejemplo está el volumen aportado por otras

especies a los grupos, compuesto principalmente de Avellano y Lingue; la primera de éstas se caracteriza por ser de mala forma y su madera no tiene el mismo valor y calidad que la de Lingue, especialmente como madera para elaborar muebles (Santelices, 1989; Cabaña, 1993).

4.2 Caracterización de los árboles cosecha

En los puntos de muestreo donde se realizó el estudio dominaba principalmente la especie Raulí y su calidad, a simple vista, superaba a las otras especies de Nothofagus que por lo general eran de mala forma; otras especies como Lingue, que presentaban buena calidad de fuste, sólo se encontraron como codominantes. Bajo estas condiciones y con las exigencias señaladas en el punto 3.2.3, que corresponden a las que se plantean para cumplir con el objetivo de producción de madera de calidad (Aviles, 1993), se seleccionaron los árboles cosecha.

4.2.1 Edad. Esta fue medida sólo en la especie Raulí, que corresponde a la especie con mayor frecuencia e interés para este estudio. Las edades registradas en la muestra de árboles cosecha de Raulí de cada grupo se presentan en la Tabla 8.

TABLA 8. EDADES REGISTRADAS EN RAULI.

Grupo	Punto de Muestreo	Edad (años)	Rango Edad
I	1	30 31 31 32 32 32 32 32	2
	2	31 32 32 32 32 32 32 32 32 32	1
	3	25 30 32 32 32 33	8
II	1	33 41 43 43 44 57	24
	2	61 67 72 76 77 79 79	18
	3	48 49 52 54 60 79	31

Para el grupo I las edades registradas varían de 25 a 33 años, mientras que en el grupo II de 33 a 79 años, variación asociada con el uso pasado y origen del bosque.

El grupo I presenta una menor dispersión de edades; la mayor frecuencia corresponde a 32 años. Esto se debe a que los árboles se originaron preferentemente de brotes regenerados de los tocones de los árboles que fueron explotados y posteriormente quemados, regeneración que ocurre durante un período. Se asemeja, en consecuencia, a los rodales reproducidos por el método de monte bajo, que son necesariamente de edades uniformes (Daniel et al., 1982), y debido a esta uniformidad en las edades podría considerarse como un rodal coetáneo.

Los rangos de edad del grupo II son más amplios; los Raulies

están agrupados en distintas generaciones, como resultado de las intervenciones selectivas no planificadas que dejan áreas desocupadas en la medida que se extraen los mejores árboles. En los claros de los árboles cortados los tocones regeneran, y dependiendo del sitio y la producción de semillas del año se produce la germinación de éstas. La presencia de varias clases de edad (mayores a tres), permite clasificar al grupo como un renoval heteroetáneo (Smith, 1986). Este aspecto condiciona la selección de los árboles cosecha, haciéndola difícil por la existencia de árboles residuales de mala calidad y porque la diferencia de edades se expresa en diferentes alturas y dominancia de los árboles cosecha.

4.2.2 Proporción de duramen. En los árboles cosecha de Raulí del grupo I, en general no se observó duraminización, con la excepción de un árbol de 32 años que presentó galerías de larvas rodeadas de coloración. En el grupo II se registró duraminización en algunos árboles, observándose que no era una situación continua, ya que dentro de un rango de edad no todos presentaban duramen. El árbol de menor edad registrado es de 43 años, cifra que está entre las edades encontradas por von Dessauer (1972), con respecto a la iniciación de la formación de duramen, las que oscilan entre 30 y 60 años.

La forma de la duraminización no es regular en la sección

transversal de las rodelas y su diámetro disminuye con respecto a la altura. La proporción en cada sección varía entre 6 y 63 %. A nivel de DAP, el promedio fue alrededor de 28%, similar al registrado por Puente et al.(1976) citados por Puente (1979) para Raulí, quienes registraron valores menores al 30 % del diámetro.

4.2.3 Número de árboles. El número promedio de árboles cosecha encontrados en los renovales del grupo I y II es de 317 y 223 árboles por hectárea, respectivamente (Tabla 9). De éstos, alrededor del 90 % corresponde a Raulí. El resto se compone de Roble, con baja participación en ambos grupos, Coihue presente sólo en el grupo II y Lingue en ambos grupos, pero más frecuente en el grupo I.

TABLA 9. NUMERO DE ARBOLES COSECHA EN LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	Arboles/ha					Total
	Raulí	Roble	Coihue	Nothofagus	Lingue	
I	291	6	-	297	20	317
II	199	3	18	220	3	223

Al comparar el total de árboles por hectárea de cada grupo (5808 y 2830 árboles/ha), con la cantidad de árboles cosecha

(317 y 223 árboles/ha), se aprecia la baja cantidad de árboles que se necesitan para formar un bosque de calidad, donde la participación sobre el total es de alrededor de un 5 % en el grupo I y un 8 % en el grupo II.

La selección de árboles cosecha se facilita en la medida que se disponga de un total de árboles con una distribución espacial homogénea, situación que se presentaba preferentemente en el grupo I, no así en el grupo II, donde estos se encontraban agrupados.

El número definitivo de árboles cosecha queda limitado en la práctica por las posibilidades de selección que existan en cada rodal, lo que está determinado por la distribución, calidad y edad, para definir las posibilidades de intervenirlo en el transcurso de su desarrollo. Bajo condiciones ideales el número final de árboles cosecha se determina fijando el DAP en 60 cm, dada el área basal máxima del rodal (Avilés, 1993).

4.2.4 Distribución diamétrica. La distribución diamétrica de los árboles cosecha cubre aproximadamente el mismo rango diamétrico del total de los árboles en cada grupo; sólo en las clases diamétricas extremas hay ausencia de árboles cosecha ya que los de mayor tamaño normalmente presentaban

una calidad deficiente y los árboles de diámetros menores no se encuentran en el dosel superior. En general, la distribución diamétrica es similar a la del total de los grupos, lo que obedece a que el diámetro no se consideró como una restricción para la selección de árboles cosecha (Figura 3).

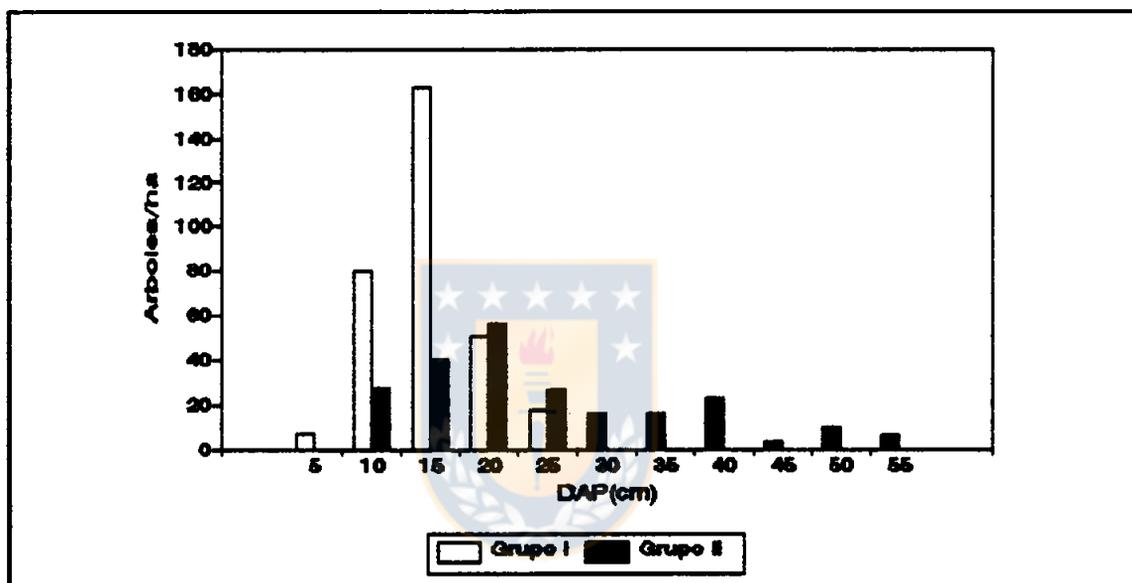


FIGURA 3. Distribución diamétrica de los árboles cosecha en los grupos I y II.

Los estimadores del DAP de los árboles cosecha de ambos grupos se presentan en la Tabla 10. El DAP medio en el grupo I es de 14.8 cm y en el grupo II, que corresponde al de mayor edad y menor frecuencia, de 24.9 cm. La dispersión de los diámetros en general sigue el mismo patrón del total de los

grupos; en el grupo I la variación es menor que en el grupo II. Los coeficientes de variación siguen el mismo patrón de los otros estimadores entre grupos, pero disminuyeron casi a la mitad con respecto a los totales de cada grupo.

TABLA 10. ESTIMADORES DEL DAP PARA LOS ARBOLES COSECHA DE LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	I			II		
	Media	Dsv.Estd.	CV (%)	Media	Dsv.Estd.	CV(%)
Raulí	14.8	4.4	30	23.8	11.3	47
Roble	17.5	2.7	15	30.0	0.0*	-
Coihue	-	-	-	37.5	12.9	34
Lingue	14.3	1.8	13	20.0	0.0*	-
Total	14.8	4.2	28	24.9	11.9	48

*:Arboles presentes en una clase diamétrica.

4.2.5 Area basal. El área basal de los árboles cosecha en el grupo I alcanza a 5.9 m²/ha y en el grupo II a 13.4 m²/ha (Tabla 11). El principal componente corresponde a Raulí en ambos grupos. Con respecto a la participación del área basal de los árboles cosecha sobre el área basal total, ésta es de un 11 % en el grupo I y de un 22 % en el grupo II, superior a la participación determinada entre el número de árboles cosecha y totales.

TABLA 11. AREA BASAL DE ARBOLES COSECHA EN LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	Raulí	Roble	A. Basal (m ² /ha)			Total
			Coihue	Nothofagus	Lingue	
I	5.5	0.1	—	5.6	0.3	5.9
II	10.9	0.2	2.2	13.3	0.1	13.4

4.2.6 Altura total. Algunos estimadores de las alturas totales medidas en los árboles cosechas de Raulí se presentan en la Tabla 12.

TABLA 12. ESTIMADORES DE LA ALTURA TOTAL DE LOS ARBOLES COSECHA DE RAULI EN LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	Min.	Max.	Altura Total (m)		CV(%)
			Media	Desv. Estand.	
I	12.3	18.7	15.3	1.7	10.9
II	15.3	28.5	21.8	3.8	17.5

En el grupo con mayor edad y más clases de edad, la altura total de los árboles cosecha de Raulí (grupo II) es superior y presenta mayor dispersión que la del grupo I. La variabilidad del diámetro (30 y 47 %) es superior a la de la altura total (10.9 y 17.5 %) en Raulí (Tabla 10).

Si se observan los valores extremos de altura total en cada

grupo se aprecia que mientras en el grupo I el rango sólo es de 6.4 m, en el grupo II éste alcanza a 13,2 m. La diferencia de altura indica de alguna manera la irregularidad del dosel de copas formado a partir del "floreo" a que fue sometido el rodal a través del tiempo. Las distintas edades explican la diferencia de altura total de los árboles presentados como cosecha y el que estos árboles se consideren dominantes es porque están creciendo tanto en lugares abiertos como cerrados y la dominancia se determina con respecto a los árboles más cercanos. La posibilidad de que algunos árboles sean árboles cosecha y mantengan ésta condición dependerá del espacio disponible, la tolerancia de la especie y la regularidad de las intervenciones.

Respecto a las alturas totales de las otras especies de árboles cosecha, en los pocos Robles encontrados la altura variaba entre 14 y 24 m, y en los Lingues entre 13 y 14 m en los grupos I y II, respectivamente. Los Coihues estaban sobre el dosel de copas, difíciles de medir, y eran árboles sobremaduros.

4.2.7 Volumen. El volumen total en los árboles cosecha del grupo I alcanza a 42.8 m³/ha y 126.7 m³/ha en el grupo II, lo que representa alrededor de un 12 y 23 % del volumen total en los respectivos grupos. La mayor participación

del volumen dentro de los árboles cosecha corresponde a Raulí, con un 93 y 82 % en los grupos I y II respectivamente (Tabla 13); con respecto al total del volumen de Raulí, un 15 % de éste volumen corresponde a los árboles cosecha de Raulí del grupo I y en el grupo II éste alcanza a un 40 % (Tabla 7).

TABLA 13. VOLUMEN DE ARBOLES COSECHA EN LOS GRUPOS I Y II.

Grupo	Volumen (m ³ /ha)					Total
	Raulí	Roble	Coihue	Nothofagus	Lingue	
I	39.7	1.1	-	40.8	2.0	42.8
II	104.4	2.0	19.7	126.1	0.6	126.7

El estado actual de los grupos estudiados es la expresión de las acciones a que fueron sometidos en el pasado, aspecto que condiciona la selección de los árboles cosecha. El grupo I presenta homogeneidad en diámetro, altura, edad y distribución, resultado del establecimiento de la regeneración en un corto período. Estas características facilitan la selección y respuesta de los árboles cosecha. Sin embargo, se debe considerar que parte de los árboles de cosecha joven pueden ser afectados, en el transcurso de la rotación, por agentes bióticos o abióticos que los podrían

descalificar. En el grupo II la permanencia del árbol cosecha en el tiempo es más segura ya que se trata de árboles de mayores dimensiones. Aunque la selección de los árboles en condiciones de heterogeneidad espacial y la edad actual de estos podría limitar su respuesta a las intervenciones silvícolas.

4.3 Crecimiento individual de los árboles cosecha

Se describe y analiza el crecimiento de los árboles cosecha, representado por el promedio de 17 árboles de 32 años para el grupo I y el promedio de los 4 árboles de mayor edad (79 años) en el grupo II.

4.3.1 Crecimiento diamétrico a la altura del pecho. El crecimiento promedio acumulado en DAP de los 17 árboles cosecha de Raulí del grupo I se presenta en la Figura 4 a. El crecimiento es lineal y uniforme hasta los 17 años, donde hay un pequeño incremento de la pendiente, disminuyendo lentamente a partir de los 22 años, para alcanzar 14.1 cm de DAP promedio sin corteza a los 32 años de edad.

Las curvas del crecimiento periódico y medio anual del DAP se presentan en la Figura 4 b. Esta muestra un fuerte incremento inicial, una característica de los árboles que rebrotan de

tocón (Hawley y Smith, 1972), disminuyendo a partir de los 7 años, lo que podría deberse al inicio de la competencia. El incremento periódico anual se mantiene constante con 0.48 cm desde los 7 hasta los 12 años, alcanzando un máximo de 0.51 cm a los 22 años, luego decae y aumenta lentamente a los 27 años. El incremento medio anual tiene un máximo de 0.46 cm logrado a los 22 años, y entre esta edad y los 27 años de edad se intersectan ambas curvas (Tabla 1 A).

El crecimiento promedio acumulado y los incrementos periódico anual y medio anual del DAP de los árboles cosecha de Raulí del grupo II se presentan en la Figura 5 a y 5 b.

La curva de crecimiento promedio del DAP tiende a ser de forma sigmoídea; inicialmente el crecimiento es lento, pero a partir de los 14 años la pendiente aumenta progresivamente presentando un punto de inflexión, alcanzando 33.4 cm de DAP sin corteza a los 79 años de edad. La curva de crecimiento en diámetro de los árboles cosecha de este grupo, para igual periodo, se asemeja en la forma a la curva de los del grupo I, pero numéricamente es inferior. Lo que se explica por las condiciones en que se forman los árboles de este grupo, ya que crecen en competencia permanente bajo árboles de mayor tamaño que van dejando un lugar para la formación o liberación de éstos.

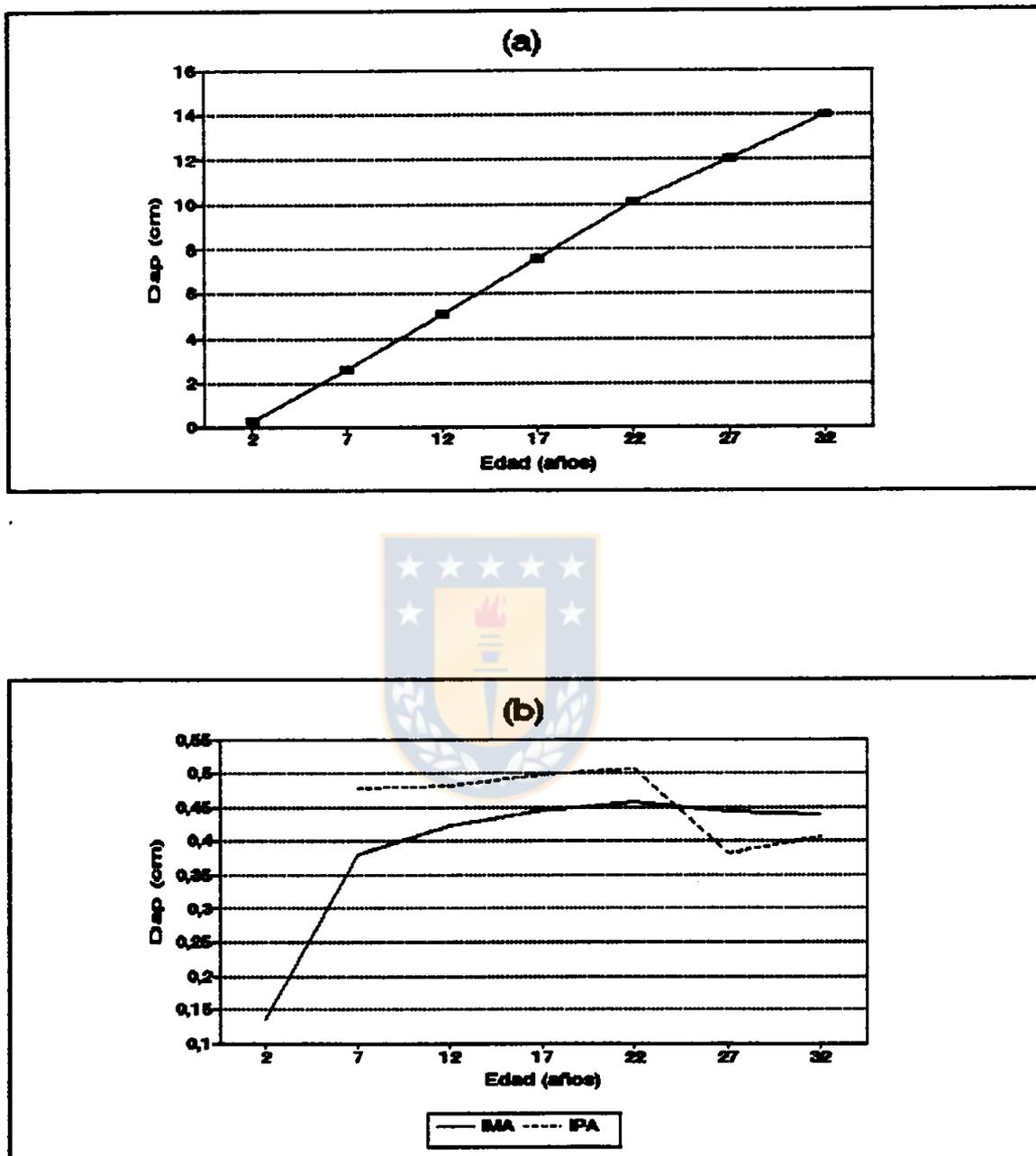


FIGURA 4. Crecimiento promedio en DAP (a) e incrementos medio y periódico anual del DAP (b) de árboles cosecha del grupo I.

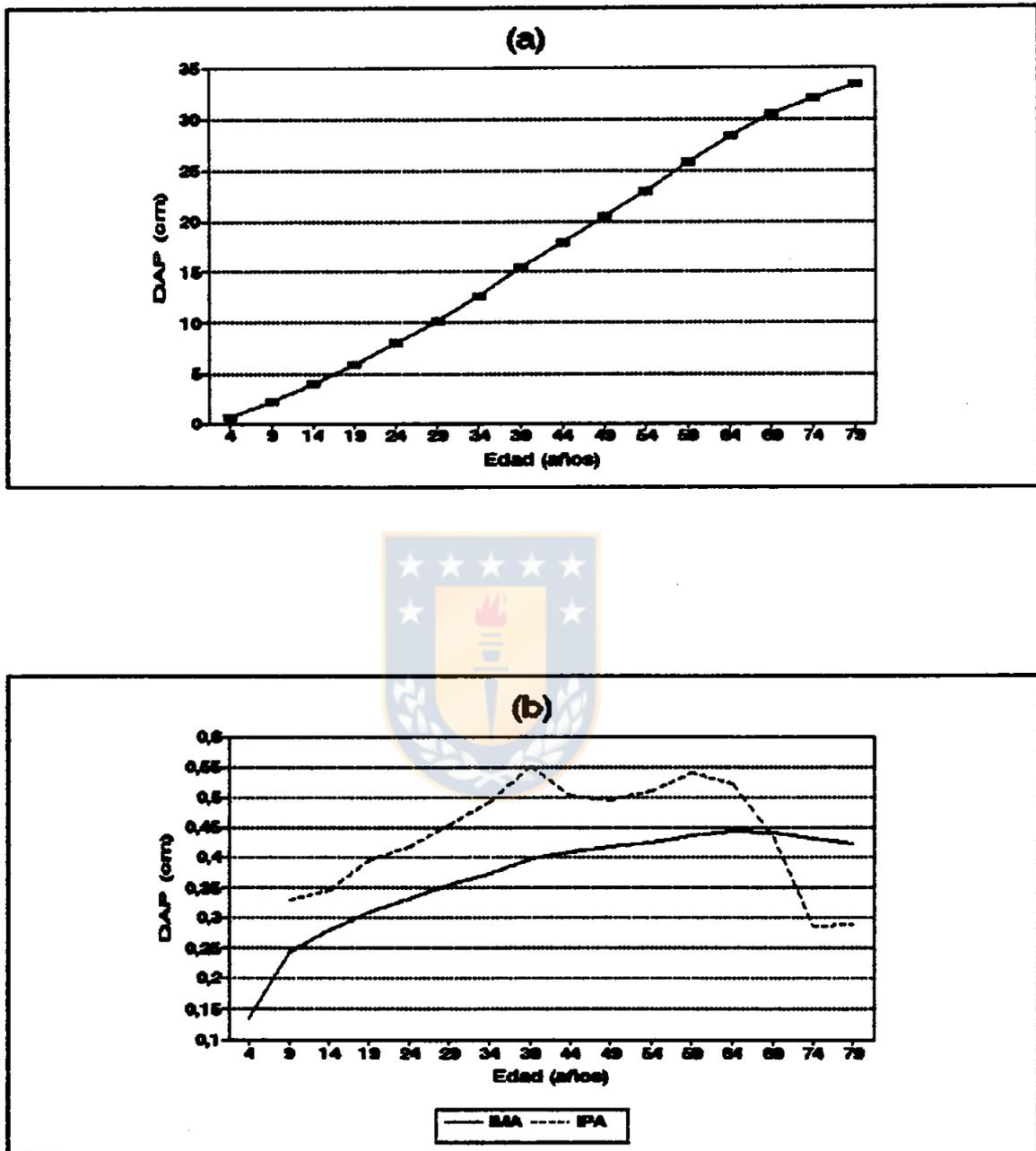


FIGURA 5. Crecimiento promedio en DAP (a) e incrementos medio y periódico anual del DAP (b) de árboles cosecha del grupo II.

La curva de crecimiento periódico es creciente hasta los 39 años, luego disminuye y alrededor de los 49 años aumenta nuevamente, lo que podría ser la respuesta al floreo a que fue sometido el rodal, existiendo como antecedente los árboles de diferentes clases de edad en el grupo. El incremento periódico alcanza máximos de 0.55 cm a los 39 años y de 0.54 cm a los 59 años. El incremento medio culmina a los 59 años y la intersección de las curvas se produce entre los 64 y 69 años de edad (Tabla 2 A).

4.3.2. Crecimiento área basal. El crecimiento acumulado en área basal promedio de los árboles del grupo I, es lento hasta los 7 años; posteriormente su desarrollo es de forma exponencial hasta alcanzar 0.0155 m² a los 32 años de edad (Figura 6 a).

La curva de crecimiento periódico anual tiene un aumento lento hasta los 7 años; luego incrementa fuertemente para lograr un máximo a los 22 años; disminuye hasta los 27 años para aumentar nuevamente hasta los 32 años, logrando un incremento periódico superior al registrado a los 22 años. Es probable que estas oscilaciones en el crecimiento sean la respuesta a variaciones de la competencia asociada a mortalidad natural o a variaciones en las condiciones climáticas. El crecimiento medio anual es siempre creciente

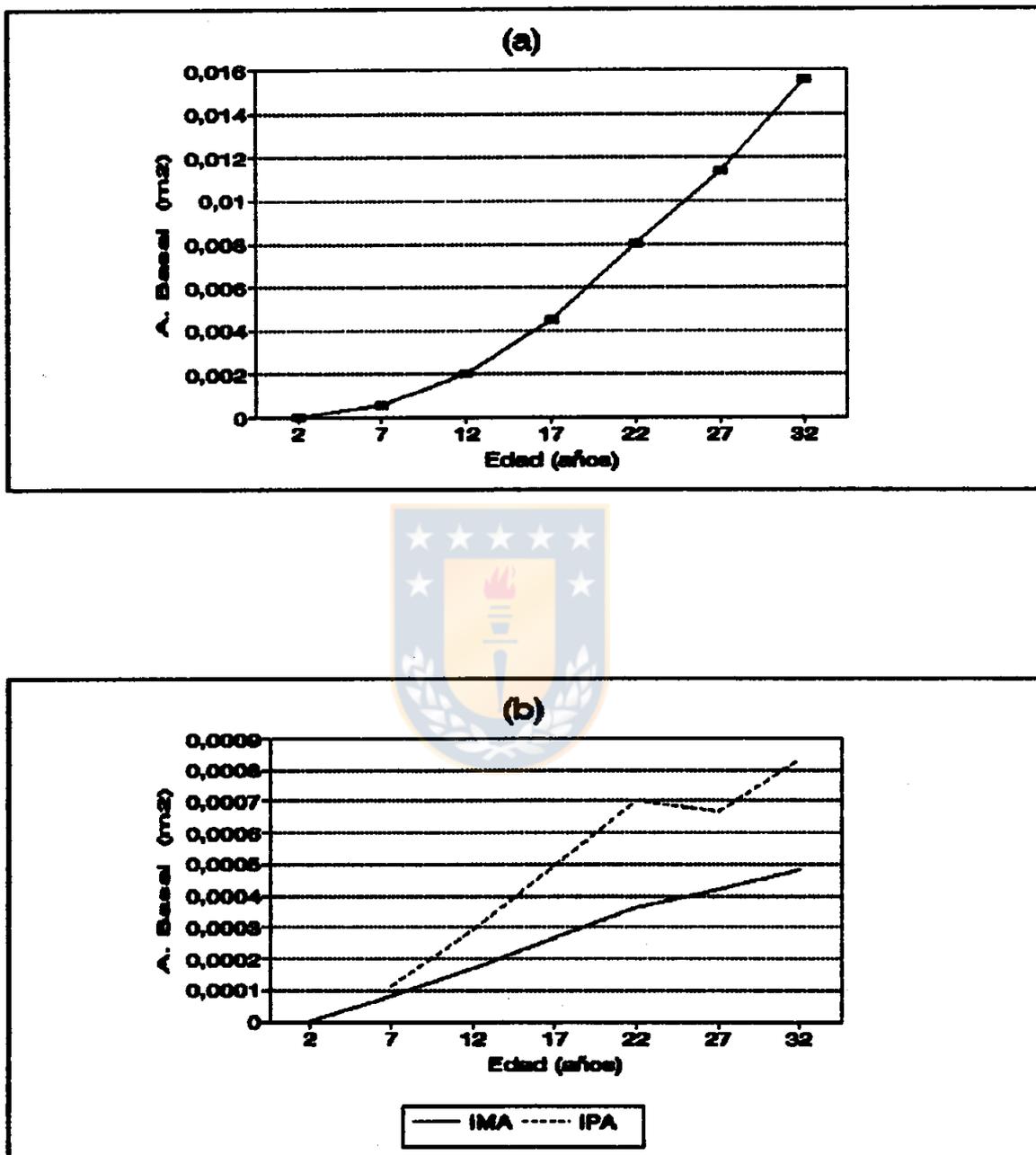


FIGURA 6. Crecimiento promedio en área basal (a) e incrementos medio y periódico anual en área basal (b) de los árboles cosecha del grupo I.

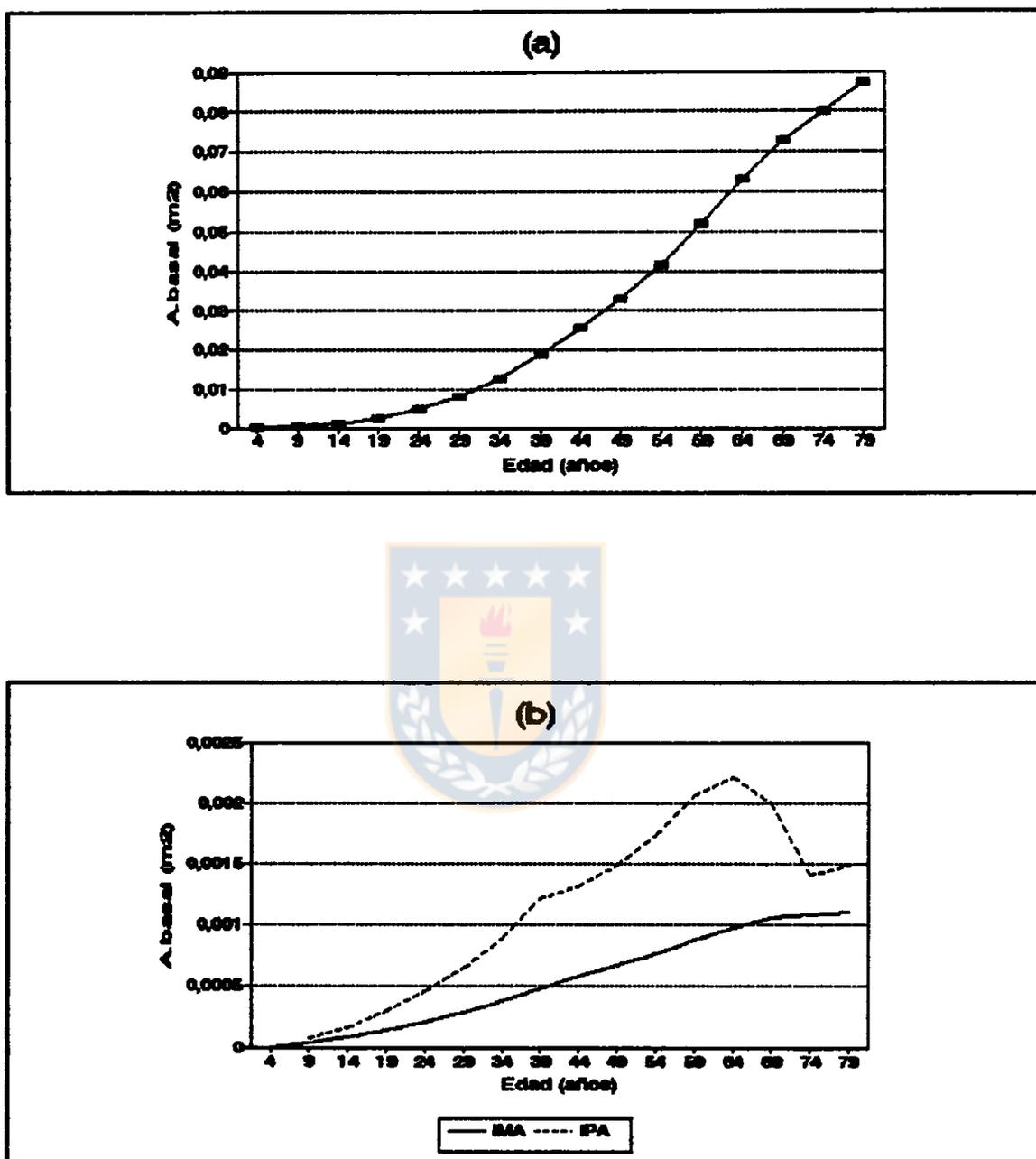


FIGURA 7. Crecimiento promedio en área basal (a) e incrementos medio y periódico anual en área basal (b) de los árboles cosecha del grupo II.

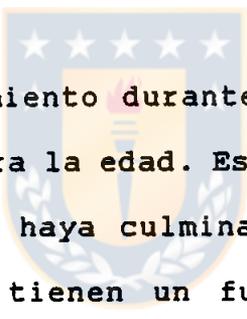
y por lo tanto no hay intersección con el crecimiento periódico anual, lo que indica que a los 32 años aún no ha culminado el crecimiento en área basal (Figura 6 b y Tabla 3 A).

El crecimiento en área basal de los árboles del grupo II tiene un comportamiento similar a los del grupo I. Presenta un lento crecimiento inicial hasta los 14 años, para continuar con un fuerte crecimiento alcanzando 0.0875 m² a los 79 años de edad (Figura 7 a).

El incremento periódico en área basal presenta un punto de culminación a los 64 años de edad, disminuyendo posteriormente hasta los 74 años para incrementar suavemente hasta los 79 años. El incremento medio anual tiende a estabilizarse a partir de los 69 años (Figura 7 b y Tabla 4 A).

4.3.3. Crecimiento en altura total. El crecimiento promedio en altura total de los árboles del grupo I se presenta en la Figura 8a. El crecimiento en altura es creciente hasta alrededor de los 22 años, luego de lo cual presenta una leve disminución de la pendiente, para llegar a 15.6 m a los 32 años.

Las curvas de incremento medio y periódico anual (Figura 8 b) difieren de los obtenidos para las otras variables, ya que el crecimiento medio anual es superior al periódico anual en toda la extensión de la curva. De un incremento de 0.85 m a los dos años decrece fuertemente hasta los siete años, de donde disminuye lentamente hasta los 32 años registrándose 0.49 m. El crecimiento periódico anual es estable y alcanza un incremento máximo a los 22 años con 0.53 m, no intersectándose con el crecimiento medio, y a partir de ésta edad disminuye fuertemente (Tabla 5 A).



En general, el crecimiento durante el período no supera el promedio alcanzado para la edad. Esto podría deberse a que el crecimiento periódico haya culminado a los dos años ya que los brotes de tocón tienen un fuerte crecimiento inicial (Hawley y Smith, 1972), y al alto número de árboles en el grupo, ya que en rodales muy abiertos y muy densos el crecimiento en altura es reducido (Larson, 1963; Allen y Marquis, 1970; Hawley y Smith, 1972; Daniel et al., 1982), porque en la medida que el dosel aumenta y exista competencia a nivel radicular las tasas de crecimiento en altura se reducen (Wardle, 1984).

Situaciones similares a las obtenidas en este estudio con respecto a los crecimientos medios y periódicos en altura

registraron Mollenhauer (1975) en un renoval coetáneo, de 20 a 39 años, de monte bajo de *Nothofagus glauca* con 5000 a 7600 árboles/ha y Alvarez y Rojas (1980), en renovales coetáneos de monte medio de Raulí de 40 años con 2889 árboles/ha, lo que atribuyeron a efectos de la competencia.

El crecimiento en altura total para los árboles del grupo II es lineal hasta los 34 años; luego aumenta la pendiente para estabilizarse nuevamente y alcanzar 26,8 m a los 79 años (Figura 9 a).

Los incrementos periódico y medio anual, tienen un comportamiento similar a la altura total de los árboles del grupo I. El crecimiento medio es superior al periódico, pero en estos existe intersección de las curvas (Figura 9 b). El incremento medio decrece de 0.5 m a los 4 años hasta 0.36 m a los 34 años, aumentando suavemente hasta los 39 años para luego disminuir lentamente y terminar con un incremento de 0.34 m a los 79 años. La curva de incremento periódico permanece bajo la curva de incremento medio presentando oscilaciones y un máximo a los 39 años, donde supera al crecimiento medio alcanzando un incremento de 0.54 m; posteriormente disminuye con oscilaciones menores hasta 0.21 m a los 79 años (Tabla 6 A). Estas oscilaciones en los

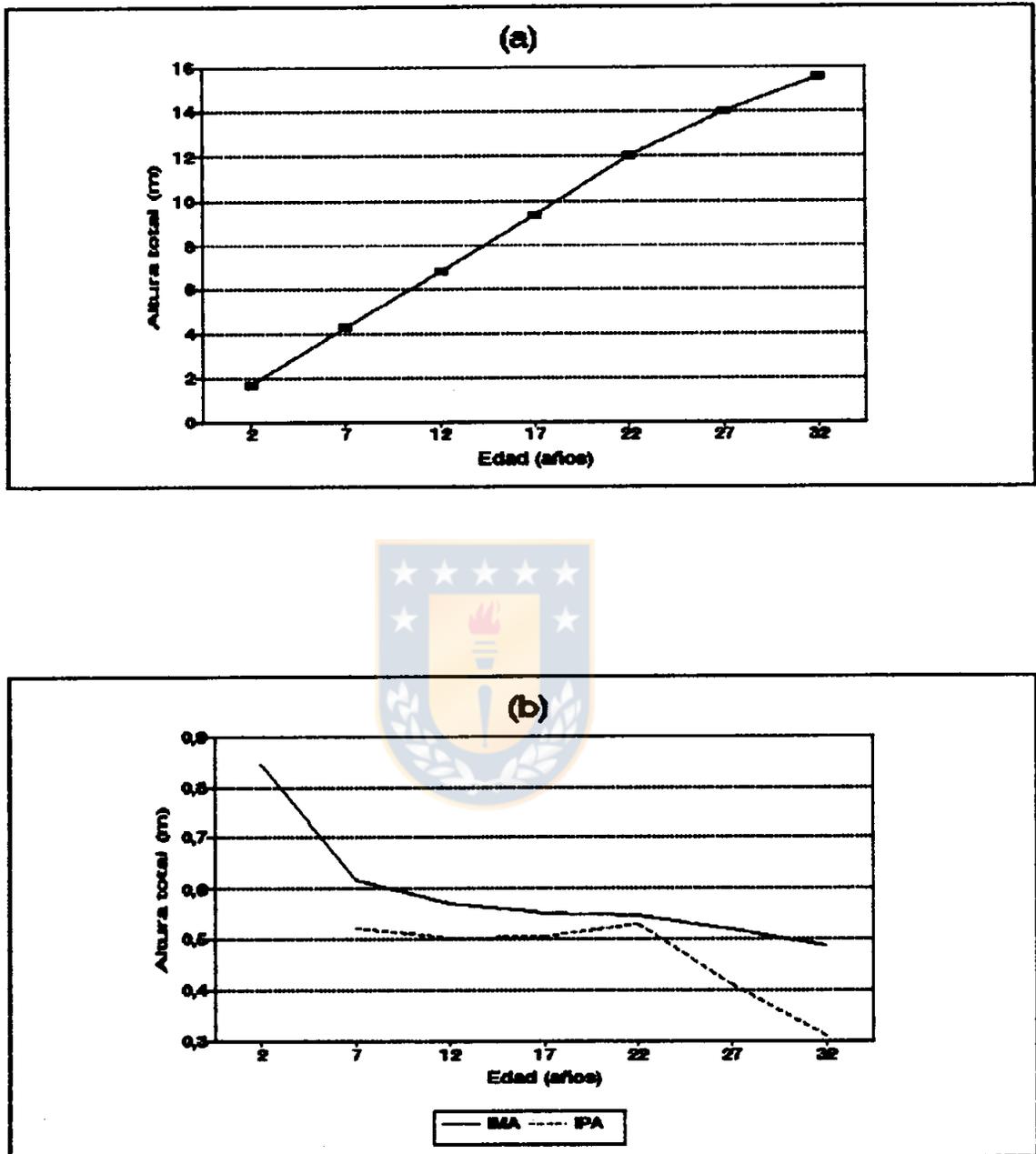


FIGURA 8. Crecimiento promedio en altura total (a) e incrementos medio y periódico anual en altura total (b) de árboles cosecha del grupo I.

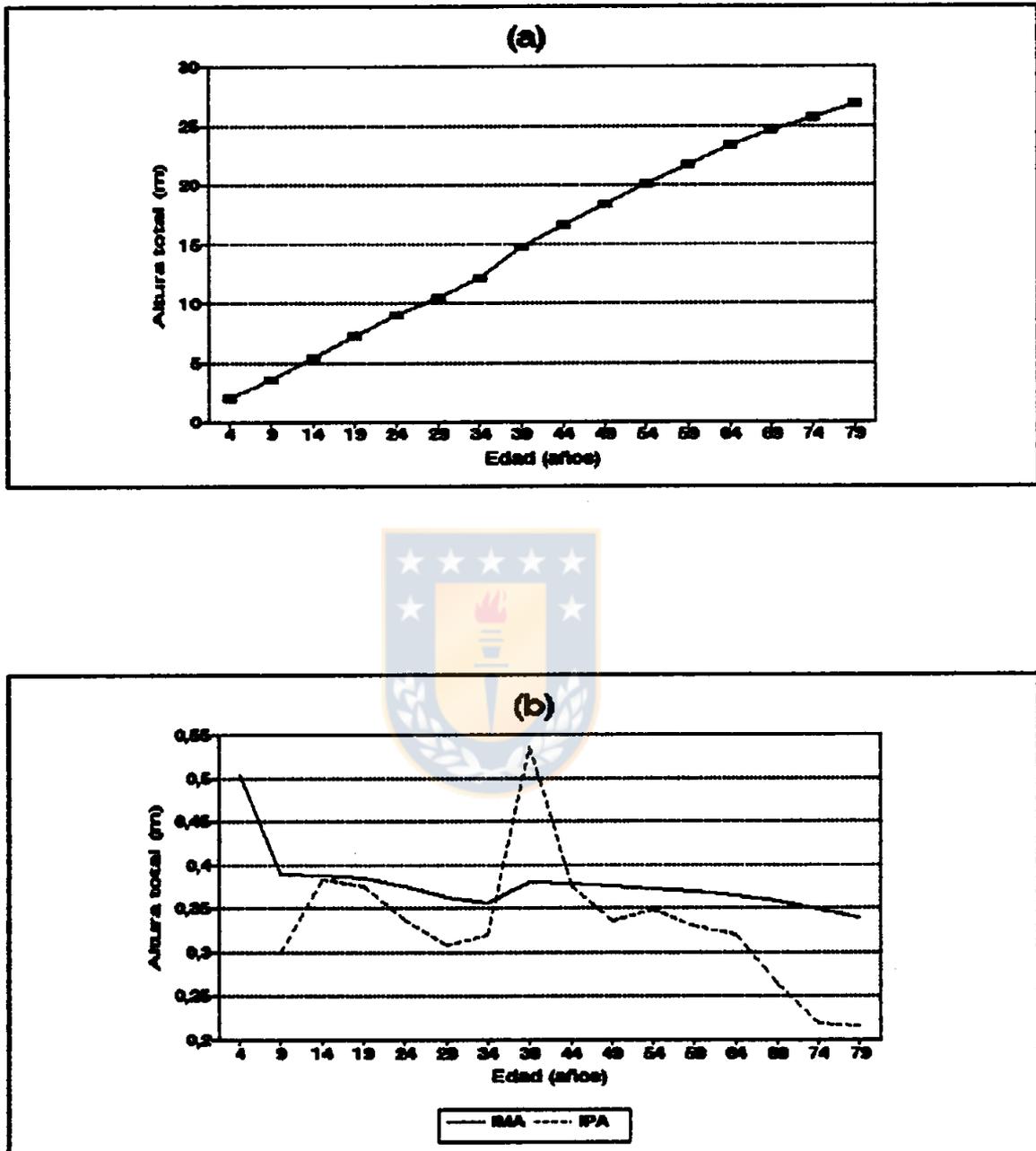


FIGURA 9. Crecimiento promedio en altura total (a) e incrementos medio y periódico anual en altura total (b) de árboles cosecha del grupo II.

incrementos anuales son probablemente la respuesta a las cortas no planificadas a que fue sometido este grupo, existiendo como antecedente la diferencia en edad de los árboles del grupo y la coincidencia de ésta con las variaciones.

4.3.4 Crecimiento en volumen. Para los árboles del grupo I el crecimiento es lento hasta los 12 años, luego de lo cual aumenta fuertemente (Figura 10 a). A los 32 años de edad el volumen promedio es de 0.13 m³.

Los incrementos medio y periódico anual muestran una tendencia creciente con un máximo de 0.0041 y 0.0093 m³, respectivamente, a los 32 años (Figura 10 b y Tabla 7 A).

El crecimiento en volumen para los árboles del grupo II también es creciente, con un bajo crecimiento inicial, alcanzando 1,2 m³ a los 79 años (Figura 11 a).

El incremento medio anual presenta una curva ligeramente creciente con tendencia a estabilizarse a partir de los 69 años. El incremento periódico anual también es creciente pero presenta oscilaciones hasta alcanzar un máximo de 0.033 m³ a los 69 años, disminuye hasta los 74 años para aumentar nuevamente (Figura 11 b y Tabla 8 A).

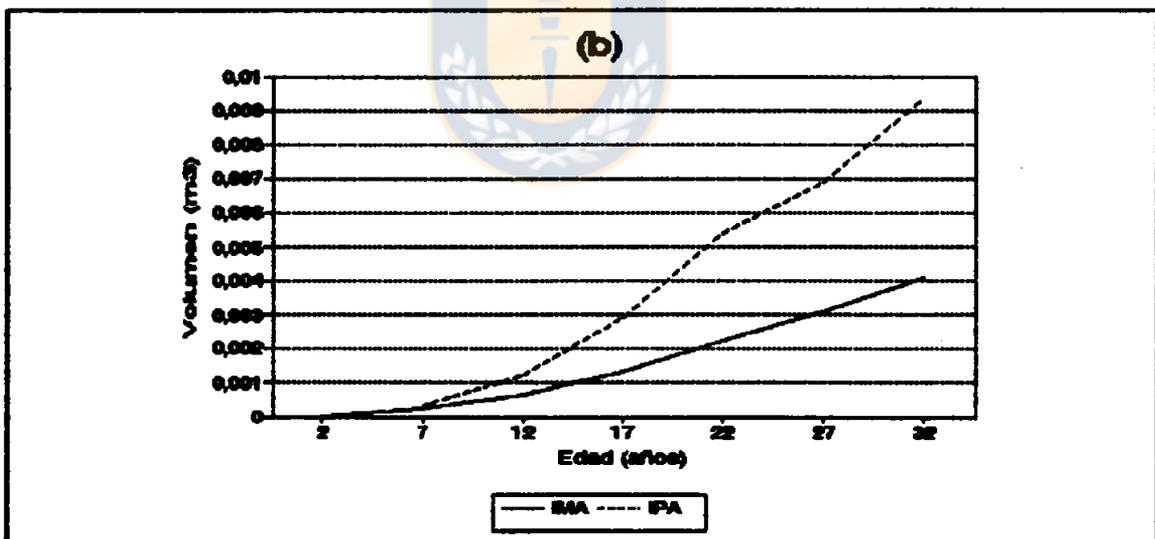
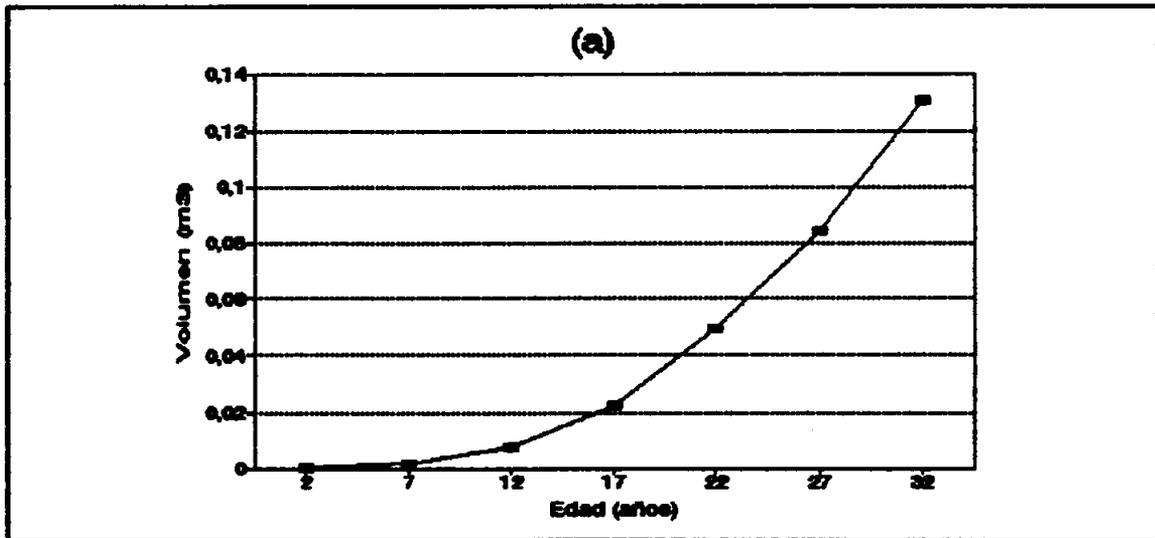


FIGURA 10. Crecimiento promedio en volumen (a) e incrementos medio y periódico anual en volumen (b) de árboles cosecha del grupo I.

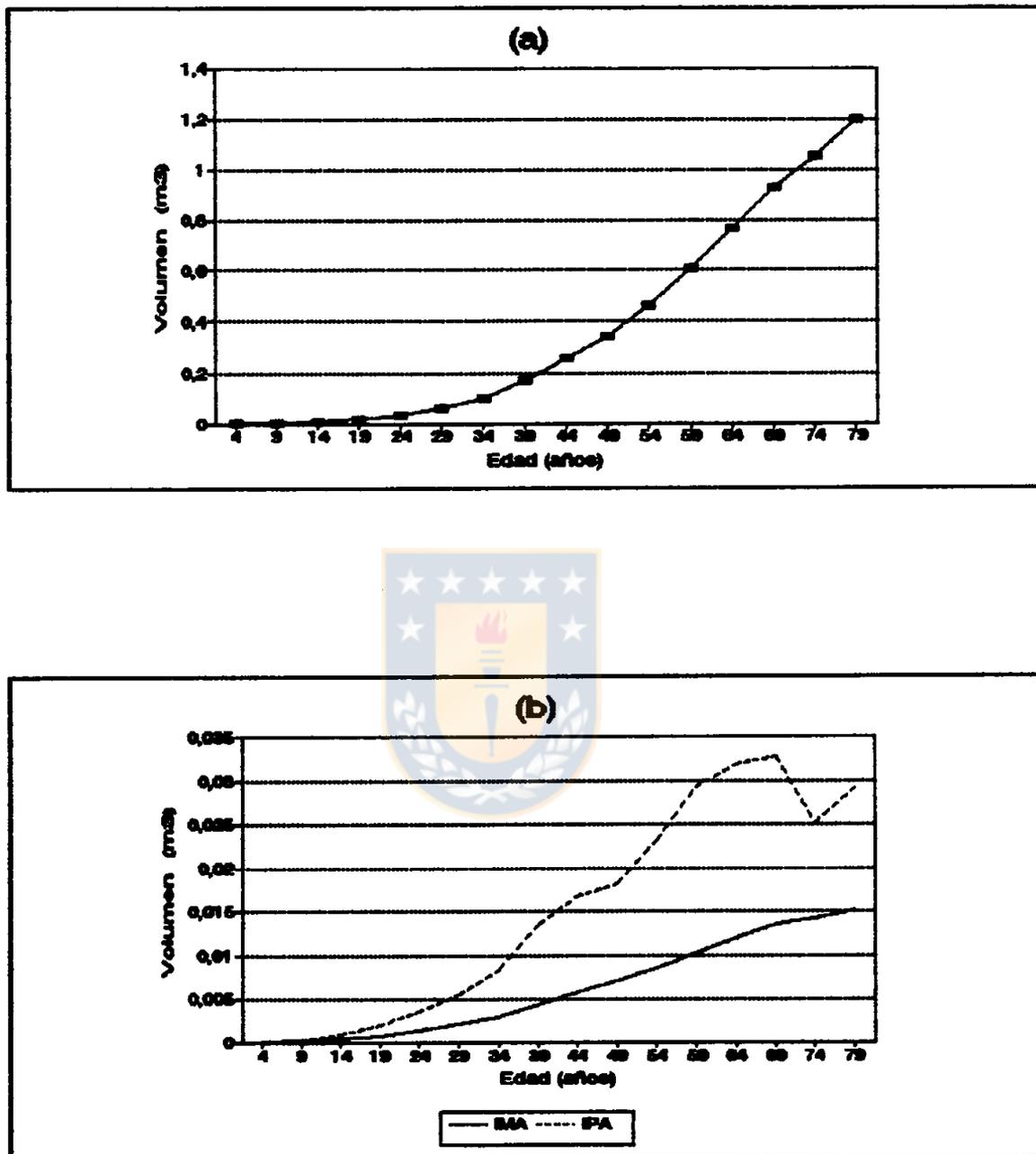


FIGURA 11. Crecimiento promedio en volumen (a) e incrementos medio y periódico anual en volumen (b) de árboles cosecha del grupo II.

4.3.5 Factores de forma. En la Tabla 14 se presentan los estadígrafos de los factores de forma natural (FFN) y artificial (FFA) obtenidos de 17 árboles medidos en el grupo I.

TABLA 14. FACTORES DE FORMA NATURAL Y ARTIFICIA DEL GRUPO I.

Estadígrafo	F.F.Natural	F.F.Artificial
MEDIA	0.48	0.47
DESV.STND.	0.036	0.041
MAX.	0.54	0.54
MIN.	0.42	0.38
C.V.(%)	7.4	8.8

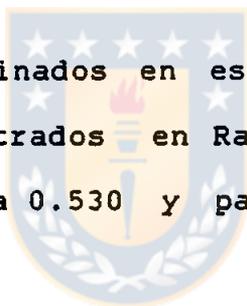
Los promedios de los factores de forma natural y artificial son de 0.48 y 0.47; valores similares, ya que la altura promedio de estos árboles es de 15.6 m y el diámetro de referencia usado para el FFN corresponde al 10 % de la altura total del árbol, cercano al DAP que es el diámetro de referencia del FFA. El valor máximo (0.54) obtenido en los factores de forma se debe a la igualdad de los diámetros de referencia. El valor mínimo es de 0.42 y 0.38 para el FFN y FFA, respectivamente (Tabla 9 A). Los coeficientes de variación de los factores de forma son inferiores al 10 %.

En el grupo II con una muestra de cuatro árboles se obtuvo un

FFN promedio de 0.52; el valor máximo registrado alcanza a 0.55 y el mínimo a 0.49. Para el FFA el valor promedio es de 0.45, con un máximo de 0.48 y un mínimo de 0.42 (Tabla 10 A).

Se aprecia un aumento del FFN con la edad ya que a los 32 años es de 0.48 y a los 79 años es 0.52. El FFA en cambio disminuyó a mayor edad. Espinosa et al.(1988) registraron en una plantación de Raulí un FFA de 0.41 a los 24 años el que a los 34 años de edad aumentó a 0.54.

Los valores determinados en este estudio se encuentran dentro de los registrados en Raulí por Cubillos (1988); para el FFN de 0.436 a 0.530 y para el FFA de 0.43 a 0.504.



V CONCLUSIONES

- El grupo I corresponde a un renoval coetáneo de 32 años de estructura homogénea; el grupo II a un renoval heteroetáneo con grupos de árboles de edades variables entre 33 y 79 años, su estructura es heterogénea y su distribución espacial compleja.

- En el grupo I se seleccionaron como árboles cosecha 317 árboles/ha (5 %) y en el grupo II 223 árboles/ha (8 %). En área basal esto corresponde a 5.9 (11 %) y 13.4 (22 %) m²/ha, y en volumen a 42.8 (12 %) y 126.7 (23 %) m³/ha en los grupos I y II, respectivamente.

- En el grupo I, el crecimiento en DAP alcanza 14.1 cm a los 32 años. El incremento periódico anual ha culminado entre los 22-27. En el grupo II, el DAP alcanza a 31.9 cm a los 79 años, culminando entre los 64-69 años.

- El incremento periódico en área basal y volumen del grupo I y II no ha culminado. En el grupo II los árboles muestran una disminución del crecimiento periódico a los 69 años en área basal y a los 74 años en volumen.

- Los incrementos en altura, en ambos grupos, no muestran un patrón gráfico típico; en general, éstos resultaron ser decrecientes con la edad y el crecimiento medio es mayor que el crecimiento en el período. Existe una tendencia a la disminución de los incrementos periódicos en altura a los 27 años en el grupo I y a los 59 en el grupo II.

- El factor de forma natural promedio para Raulí es de 0.48 y 0.52 y el factor de forma artificial es de 0.47 y 0.45 para árboles de 32 y 79 años, respectivamente.



VI RESUMEN

Se describió y analizó la estructura de dos renovales de *Nothofagus*, ubicados en la Hacienda Jauja, IX región - Chile. Bajo el criterio de raleo por lo alto se seleccionaron árboles cosecha de *Nothofagus alpina* con las mejores características fenotípicas, en los que se estudió su crecimiento mediante análisis fustal.

Uno de los renovales corresponde a un renoval coetáneo de 32 años, de estructura homogénea; y el otro a un renoval heteroetáneo con grupos de árboles de edades entre 33 y 79 años, de estructura heterogénea.

En los árboles del rodal coetáneo el incremento en DAP culminó entre los 22 - 27 años; en área basal y volumen no ha culminado, y los incrementos en altura total decrecen con la edad. En los árboles del rodal heteroetáneo la culminación del incremento en DAP se registró entre los 64 - 69 años; en área basal y volumen no ha culminado; la altura total culminó tempranamente.

SUMMARY

The structure of two *Nothofagus* second growth stand, located in the Hacienda Jauja, IX Región - Chile, was described and analyzed. Under the crown thinning criteria, trees crop of *Nothofagus alpina* with the best phenotypical characteristics were selected, to study their growth by means of a stem analysis.

One of the second growth stand corresponded to an even - aged stand of 32 years old, of homogeneous structure; and the other one to an heterogeneous structure with group of trees ranging between 33 and 79 years old, that is to say, uneven - aged stand.

Diameter breast height (d.b.h.) increment finished between 22 and 27 years in homogeneous stand trees; the basal area and the volume have not finished and the total height increments decreased with the age. D.b.h. increment culminated in heterogeneous stand trees was observed in ranging between 64 and 69 years; the basal area and the volume have not finished; total height picked at early age.

VII BIBLIOGRAFIA

1. Allen, R. H. and D.A. Marquis. 1970. Effect of thinning on height and diameter growth of Oak and Yellow - Poplar saplings. Forest Service Northeastern. Forest Experiment Station. Research Paper NE-173. U.S.D.A.
2. Alvarez, F. S. y A. L. Rojas. 1980. Estructura, crecimiento y rendimiento de un renoval de Rauli *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.), en la cordillera de Nahuelbuta. Tesis de grado Universidad de Chile, Fac. Cienc. Forest. Dep. Silvicultura, Santiago, Chile.
3. Aviles, B. 1993. Untersuchungen zur waldbaulichen behandlung und bewirtschaftung von renovalesbeständen in Mittelchile. Dissertation, Forstwissenschaftlichen Fakultät der Universität Freiburg.
4. Burgos, R. G. 1984. Determinación de índices de sitio para renovales de Rauli (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst) en la cordillera Andina de la VIII región. Tesis de grado Universidad de Concepción, Fac. Cienc. Agrop. y Forest. Dep. Cienc. Forestales, Chillán, Chile.
5. Burschel, P., C. Gallegos, O. Martínez y W. Moll. 1976. Composición y dinámica regenerativa de un bosque virgen mixto de Rauli y Coigüe. Bosque 1:55-74.
6. Bruce, D. y F. X. Schumacher. 1965. Medición forestal Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional. México.
7. Cabaña, C. 1993. Exportación de muebles de madera nativa. Chile Forestal 210:38-39.
8. Cailliez, F. 1980. Estimación del Volumen Forestal y Predicción del Rendimiento. Serie FAO Montes NQ22/1. FAO. Roma, Italia.

9. CONAF. 1992. Proyecto de ley de recuperación del bosque Nativo y fomento forestal. Ministerio de Agricultura. Corporación Nacional Forestal. Chile.
10. Cubillos, V. 1987. Modelo de crecimiento diametral para algunos renovales de Raulí. Ciencia e Investigación Forestal 1:67-76.
11. Cubillos, V. 1988. Funciones de volumen y factor de forma para renovales de Raulí. Ciencia e Investigación Forestal 2:103-113.
12. Cubillos, V. 1988 b. Funciones de volumen y factor de forma para renovales de Coigüe. Ciencia e Investigación Forestal 2:62-68.
13. Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Backer. 1982. Principios de silvicultura. McGraw-Hill. México.
14. De Camino, R., B. Smith, M. Benavides y Javier Rodas. 1974. Los renovales de bosque nativo como recurso forestal. Antecedentes para la discusión del problema pp 19-33. En: Charlas y conferencias N°2. Universidad Austral de Chile, Instituto de Manejo y Economía Forestal. Valdivia, Chile.
15. De Camino, R. y F. Drake. 1977. Estudio comparativo de rodales del género Nothofagus en Chile y Gran Bretaña. Corporación Nacional Forestal, IX región.
16. De la Maza, C. L. y J. Gilchrist. 1980. Algunos antecedentes para el manejo de renovales de raulí. Boletín Técnico N° 61. Universidad de Chile, Fac. de Cienc. Forest., Dep. de Manejo de Recursos Forest. Santiago, Chile.
17. Donoso, C. 1974. Dendrología. Árboles y arbustos chilenos. Manual N°2. Universidad de Chile, Fac. de Cienc. Forest., Dep. de Silvicultura. Santiago, Chile.
18. Donoso, C. 1978. La silvicultura de Nothofagus en Chile. Dep. de Silvicultura y Conservación. Universidad de California, Berkeley, U.S.A.

19. Donoso, C. 1981. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. Documento de Trabajo NQ38. Proyecto de Investigación y Desarrollo Forestal. CONAF/PNUD-FAO. Santiago, Chile.
20. Donoso, C. 1989. Aspectos ecológicos para la silvicultura de los renovales. Corma 207:38-41.
21. Donoso, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. Ecología forestal. Universitaria. Santiago, Chile.
22. Espinosa, M. 1972. Alcances sobre las condiciones de luz como factor importante en la regeneración natural del bosque Tipo Raulí (*Nothofagus alpina*) y Coigue (*Nothofagus dombeyi*). Tesis de grado Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal, Instituto de Silvicultura y Forestación, Valdivia, Chile.
23. Espinosa, M., G. Rodríguez y G. Medina. 1977. Tres años de crecimiento de una plantación de Raulí, *Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst, de 25 años de edad. Boletín Investigación CCF 3. Universidad de Concepción, Centro de Cienc. Forest., Chillán, Chile.
24. Espinosa, M., J. García y E. Peña. 1988. Evaluación del crecimiento de una plantación de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl.) Oerst.) a los 34 años de edad. Agrociencia 4:67-74.
25. Espinosa, M. 1990. Rodalización y determinación de opciones de manejo silvícola para los renovales no manejados de Jauja y Santa Luisa. Chillán, Chile.
26. Forestal Mininco S.A. 1993. Registro pluviometría y temperaturas. Estación Jauja 1979-1993.
27. Forestal Río Vergara S.A. s/a. Raulí. Manejo de renovales.
28. Forestal Río Vergara S.A. 1986. Manual de instrucciones inventario bosque nativo sin manejo predio: Jauja y Santa Luisa. División Información y Desarrollo, Dep. Estudios. Nacimiento, Chile.
29. Garrido, R. 1983. Legislación forestal y maderera. Tributación Forestal.

30. Garrido, F., M. Ibarra, J. Steinmetz y J. Seron. 1979. Variación de poblaciones naturales de Raulí (**Nothofagus alpina** (Poepp. et Endl.) Oerst). Revisión bibliográfica. Documento Trabajo N° 28. Proyecto de investigación y desarrollo forestal. CONAF/PNUD-FAO. Santiago, Chile.
31. Hartwig, F. 1990. La ecología y el manejo del bosque nativo en especial de los *Nothofagus*. *Renarres* 28:19-23.
32. Hawley, R. C. y D. M. Smith. 1972. *Silvicultura práctica*. Omega, S.A. Barcelona, España.
33. Herrera, J. D. y F. F. May. 1976. Caracterización y análisis para el ordenamiento de renovales de Raulí (**Nothofagus alpina** Poepp. et Endl) en Jauja, Provincia de Malleco. Tesis de grado Universidad de Chile, Fac. de Cienc. Forest. Dep. Silvicultura, Santiago, Chile.
34. Hormazabal, C. e I. Benoit. 1987. El estado de conservación del género *Nothofagus* en Chile. *Bosque* 8:109-120.
35. Hush, B., C. I. Miller and T. W. Beers. 1972. *Forest Mensuration*. (2nd Ed.). The Ronald Press Company, New York.
36. INIA. 1985. *Suelos volcánicos de Chile*. (1ª Ed.) Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Ministerio de Agricultura. Santiago, Chile.
37. Larson, P. 1963. Stem form development of forest trees. *Forest Sci. Monograph* N° 5.
38. Medina, G. y J. F. Ojeda. 1972. Alcance sobre el comportamiento regenerativo del Raulí (**Nothofagus Alpina** (Poepp. et Endl.) Oerst) y sus principales especies asociadas. Tesis de grado Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal, Instituto de Silvicultura y Reforestación, Valdivia, Chile.
39. Mollenhauer, K. 1975. Estudio de estructura en renovales de **Nothofagus glauca** (Phil) Krasser, en Bullileo. Tesis de grado Universidad de Chile, Fac. de Cienc. Forest., Dep. de Silvicultura, Santiago, Chile.

40. Peralta, M. 1976. Uso, clasificación y conservación de suelos. Ministerio de Agricultura. Servicio Agrícola y Ganadero. Santiago, Chile.
41. Pokorny, B. 1991. Eignung der von der Baumart *Nothofagus alpina* geprägten mittelchilenischen Renovalesbestände für eine wertholzorientierte Bewirtschaftung. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Forstwiss. Fakultät der Universität Freiburg.
42. Puente, M. 1979. Control de raleos en renovales de Raulí del fundo Jauja, INFORSA. Facultad Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, Valdivia.
43. Puente, M., C. Donoso, R. Peñaloza y E. Morales. 1979. Manejo de renovales de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Roble (*Nothofagus obliqua*). Identificación y caracterización de renovales de Raulí y Roble. Documento de Trabajo N° 29. Proyecto de Investigación y Desarrollo Forestal CONAF/PNUD- FAO. Santiago, Chile.
44. Puente, M., R. Peñaloza, C. Donoso, R. Paredes, P. Nuñez, R. Morales y O. Engdahl. 1981. Estudio de raleo y otras técnicas para el manejo de renovales de Raulí y Roble. Instalación de ensayos de raleo. Documento de Trabajo N° 41. Proyecto de Investigación y Desarrollo Forestal CONAF/PNUD- FAO. Santiago, Chile.
45. Rack, K. F. 1970. Daños por insolación en árboles de *Nothofagus Alpina*. I. Observaciones en una plantación en Chile. Turrialba 20:488-497.
46. Rocuant, L. 1969. Raleos en renovales de Roble (*Nothofagus obliqua* (Mirb) Oerst.) y Raulí (*Nothofagus alpina* Poepp.et Endl.) en la cordillera de Nahuelbuta. Circular Informativa NQ26. Universidad de Concepción, Escuela de Agronomía, Departamento de Suelos, Chillán, Chile.
47. Rodríguez, R., O. Matthei y M. Quezada. 1983. Flora arbórea de Chile. (1ªEd.) Universidad de Concepción, Chile.

48. Rosenfeld, J. M. 1972. Desarrollo de la regeneración de Raulí (*Nothofagus alpina*) y Coigue (*Nothofagus dombeyi*) bajo diferentes grados de luminosidad. Tesis de grado Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal, Instituto de Silvicultura y Reforestación, Valdivia, Chile.
49. Santelices, R. E. 1989. Funciones de volumen, factores de forma y modelos de crecimiento diametral para rodales de Lingue y Mañío. Ciencia e Investigación Forestal 2:1-19.
50. Smith, D. M. 1986. The practice of silviculture. (8th Ed.) John Wiley and Sons, New York.
51. Uebelhör, K. 1984. Struktur und dynamik von *Nothofagus* urwäldern in den mittellagen der Valdivianischen Anden Chiles. Lehrstuhl für Waldbau und Forsteinrichtung der Universität München.
52. Ulloa, F. 1984. Alcances sobre la disponibilidad de bosque nativo comercial en Chile pp 65-70. En: Actas XI Jornadas forestales. Concepción, Chile.
53. Veblen, T. T. and D. H. Ashton. 1978. Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes, Chile. Vegetatio 36:149-167.
54. Vita, A. 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp.et Endl.) Oerst.). Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). Boletín Técnico N° 28. Universidad de Chile, Fac. de Cienc. Forestales, Santiago, Chile.
55. Von Dessauer, G. L. 1972. Desarrollo cronológico de las proporciones de albura y duramen en Raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp.et Endl.) Oerst). Tesis de grado Universidad Austral de Chile, Fac. de Ingeniería Forestal. Instituto de Tecnología de la Madera, Valdivia, Chile.
56. Wadsworth, R. 1976. Aspectos ecológicos y crecimiento del raulí (*Nothofagus alpina*) y sus asociados en bosques de segundo crecimiento de las provincias de Biobío, Malleco y Cautín-Chile. Boletín Técnico N° 37. Universidad de Chile, Fac. Cienc. Forestales, Santiago, Chile.

57. Wardle, J. 1984. The New Zealand Beeches. Ecology, Utilisation and Management. New Zealand Forest Service. New Zealand.
58. Yoma, R. 1984. Ideas preliminares para un proyecto de bonificación por manejo de renovales y por enriquecimiento del bosque nativo pp 38-41. En: Actas XI Jornadas forestales. Concepción, Chile.
59. Yudelevich, M., C. Brown, H. Elgueta y S. Calderon. 1967. Clasificación preliminar del bosque nativo de Chile. Informe Técnico NQ 27. Instituto Forestal, Santiago, Chile.



VIII A P E N D I C E



TABLA 1 A. CRECIMIENTO E INCREMENTOS PROMEDIOS EN DAP DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO I.

Edad (años)	Dap medio (cm)	IMA (cm/año)	IPA (cm/año)
2	0.27	0.14	-
7	2.66	0.38	0.48
12	5.08	0.42	0.48
17	7.57	0.45	0.50
22	10.10	0.46	0.51
27	12.02	0.45	0.38
32	14.05	0.44	0.41

TABLA 2 A. CRECIMIENTO E INCREMENTOS PROMEDIOS EN DAP DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO II.

Edad (años)	Dap medio (cm)	IMA (cm/año)	IPA (cm/año)
4	0.54	0.14	-
9	2.19	0.24	0.33
14	3.92	0.28	0.35
19	5.89	0.31	0.39
24	7.98	0.33	0.42
29	10.26	0.35	0.45
34	12.72	0.37	0.49
39	15.48	0.40	0.55
44	18.00	0.41	0.50
49	20.47	0.42	0.49
54	23.02	0.43	0.51
59	25.72	0.44	0.54
64	28.33	0.44	0.52
69	30.50	0.44	0.43
74	31.93	0.43	0.29
79	33.38	0.42	0.29

TABLA 3 A. CRECIMIENTOS E INCREMENTOS PROMEDIOS EN AREA BASAL DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO I.

Edad (años)	A. Basal (m ² /)	IMA (m ² /año)	IPA (m ² /año)
2	0.00001	0.00000	-
7	0.00056	0.00008	0.00011
12	0.00202	0.00017	0.00029
17	0.00450	0.00026	0.00050
22	0.00801	0.00036	0.00070
27	0.01134	0.00042	0.00067
32	0.01550	0.00048	0.00083

TABLA 4 A. CRECIMIENTOS E INCREMENTOS PROMEDIOS EN AREA BASAL DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO II.

Edad (años)	A. Basal (m ² /)	IMA (m ² /año)	IPA (m ² /año)
4	0.0000	0.0000	-
9	0.0004	0.0000	0.0001
14	0.0012	0.0001	0.0002
19	0.0027	0.0001	0.0003
24	0.0050	0.0002	0.0005
29	0.0083	0.0003	0.0007
34	0.0127	0.0004	0.0009
39	0.0188	0.0005	0.0012
44	0.0254	0.0006	0.0013
49	0.0329	0.0007	0.0015
54	0.0416	0.0008	0.0017
59	0.0520	0.0009	0.0021
64	0.0630	0.0010	0.0022
69	0.0730	0.0011	0.0020
74	0.0801	0.0011	0.0014
79	0.0875	0.0011	0.0015

TABLA 5 A. CRECIMIENTO E INCREMENTOS PROMEDIOS EN ALTURA TOTAL DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO I.

Edad (años)	Alt.Total (m)	IMA (m/año)	IPA (m/año)
2	1.69	0.85	-
7	4.31	0.62	0.52
12	6.82	0.57	0.50
17	9.35	0.55	0.51
22	12.00	0.55	0.53
27	14.05	0.52	0.41
32	15.60	0.49	0.31

TABLA 6 A. CRECIMIENTO E INCREMENTOS PROMEDIOS EN ALTURA TOTAL DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO II.

Edad (años)	Alt.Total (m)	IMA (m/año)	IPA (m/año)
4	2.01	0.50	-
9	3.51	0.39	0.30
14	5.43	0.39	0.38
19	7.30	0.38	0.38
24	8.99	0.37	0.34
29	10.53	0.36	0.31
34	12.13	0.36	0.32
39	14.80	0.38	0.54
44	16.68	0.38	0.38
49	18.35	0.37	0.34
54	20.09	0.37	0.35
59	21.74	0.37	0.33
64	23.34	0.36	0.32
69	24.65	0.36	0.26
74	25.74	0.35	0.22
79	26.81	0.34	0.21

TABLA 7 A. CRECIMIENTO E INCREMENTOS PROMEDIOS EN VOLUMEN DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO I.

Edad (años)	Volumen (m3 ssc)	IMA (m3/año)	IPA (m3/año)
2	0.0000	0.0000	-
7	0.0017	0.0002	0.0003
12	0.0078	0.0006	0.0012
17	0.0225	0.0013	0.0029
22	0.0495	0.0022	0.0054
27	0.0841	0.0031	0.0069
32	0.1310	0.0041	0.0094

TABLA 8 A. CRECIMIENTO E INCREMENTOS PROMEDIOS EN VOLUMEN DE ARBOLES COSECHA DEL GRUPO II.

Edad (años)	Volumen (m3 ssc)	IMA (m3/año)	IPA (m3/año)
4	0.0001	0.0000	-
9	0.0015	0.0002	0.0003
14	0.0056	0.0004	0.0008
19	0.0152	0.0008	0.0019
24	0.0328	0.0014	0.0035
29	0.0602	0.0021	0.0055
34	0.1015	0.0030	0.0083
39	0.1694	0.0043	0.0136
44	0.2535	0.0058	0.0168
49	0.3440	0.0070	0.0181
54	0.4595	0.0085	0.0231
59	0.6059	0.0103	0.0293
64	0.7651	0.0120	0.0318
69	0.9288	0.0135	0.0328
74	1.0548	0.0143	0.0252
79	1.2002	0.0152	0.0291

TABLA 9 A. FACTOR DE FORMA NATURAL Y ARTIFICIAL EN ARBOLES COSECHA DEL GRUPO I.

Dap (cm)	F.F. natural	F.F. artificial
16.9	0.42	0.40
18.8	0.49	0.47
17.5	0.52	0.50
16.1	0.47	0.45
14.3	0.50	0.48
18.7	0.49	0.47
10.5	0.48	0.46
15.8	0.54	0.54
18.0	0.47	0.47
12.1	0.44	0.44
11.9	0.51	0.51
14.9	0.45	0.42
15.2	0.45	0.45
13.0	0.53	0.52
15.2	0.50	0.47
21.7	0.49	0.47
15.1	0.42	0.38

TABLA 10 A. FACTOR DE FORMA NATURAL Y ARTIFICIAL EN ARBOLES COSECHA DEL GRUPO II.

Dap (cm)	F.F. natural	F.F. artificial
41.9	0.55	0.46
49.2	0.49	0.42
25.1	0.51	0.48
31.1	0.52	0.44