

NOTA TECNICA

## Propuesta metodológica de ordenación forestal, aplicación a bosques de lenga en la XI Región\*

Methodological proposal of forest management planning, Lenga forest application

PABLO CRUZ JOHNSON<sup>1</sup>, PABLO HONEYMAN LUCCHINI<sup>2</sup>, CARLOS CABALLERO TAPIA<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Mayor, Escuela de Ingeniería Forestal. Altamira 1480, Vitacura, Santiago, Chile.

E-mail: pcruz@email.umayor.cl

<sup>2</sup> Universidad Mayor, Escuela de Ingeniería Forestal. Miguel Angel 303, Las Condes, Santiago, Chile.

E-mail: phoneyman@email.umayor.cl

<sup>3</sup> Universidad Mayor, Escuela de Ingeniería Forestal. Juan Moya 472, Ñuñoa, Santiago, Chile.

E-mail: ccaballero@email.umayor.cl

### SUMMARY

In this study, forest arrangement parameters were determined, with the purpose of incorporating criteria of permanent performance into forest management of a native forestland. The respective forest is Lenga (*Nothofagus pumilio*), pure multietanean structure, in little coetan forestland. As there is no knowledge of human actions over it, it represents the natural functioning of this forest type in dynamic balance state. The area was 511 hectares, determined as "Timber Harvest Area" in the territorial arrangement proposal of Mañihuales National Reserve, in the Aysén province, XI region of Chile. The calculus method used for the forest arrangement in the small and medium land was developed by the Forest National Corporation (CONAF), and proposes the definition of three basic parameters: volumetric exploitation rate (TA), Regeneration theoretic area (STr), and production balance. A TA of 5.8 m<sup>3</sup>/ha/year was determined, equivalent to a possibility of extraction of 14,984 m<sup>3</sup>/land/period for a period of 5 years. The STr calculated was of 5.4 hectares harvest/regeneration per year, or 27 hectares per the same period. Regarding the balance production, a balance factor of 77% was determined for the different states of the Lenga development in the land, whose practical effect in this case is the requirement of a low effort regulation. The forest management proposal adjustment to the mentioned parameters meant 56 hectares used in the forest management with a total yield of 15,064 m<sup>3</sup>, and 30 hectares harvested and their regeneration in this period. On the assumption of having a right forest performance the condition of the whole land was projected after 5 years. The balance factor improved on 5% (82% complete). Furthermore, the forestry proposals on the selected area had, as effect, a good adjustment to arrangement parameters in area as well as volume defined as guide.

*Key words:* arrangement, forest arrangement, lenga, sustainable-management, forest reserve.

### RESUMEN

En este estudio se determinaron parámetros de ordenación forestal, con el objetivo de incorporar criterios de rendimiento sostenido al manejo forestal de un área con bosque nativo. El bosque evaluado corresponde a Lenga (*Nothofagus pumilio*), de composición pura y estructura multietánea con bosquetes coetáneos y no registra intervenciones antrópicas. En esta condición, representa el funcionamiento natural de ese tipo de bosques en estado de equilibrio dinámico. La superficie fue de 511 ha, establecidas como "Área de aprovechamiento maderero", en propuesta de Ordenación Territorial de la Reserva Nacional Mañihuales, ubicada en la provincia de Aysén,

\* Trabajo financiado por aportes de CONAF y el Fondo de Investigación de la Universidad Mayor.

XI Región de Chile. La metodología de cálculo fue la elaborada por la Corporación Nacional Forestal (CONAF), para la ordenación forestal en pequeña y mediana propiedad, y plantea la definición de tres parámetros básicos: Tasa de Aprovechamiento volumétrico (TA), Superficie Teórica de Regeneración (STr) y Equilibrio de la Producción. Se determinó una TA de 5,8 m<sup>3</sup>/ha/año, equivalente a una posibilidad de extracción de 14.984 m<sup>3</sup>/predio/ período, para un período de cinco años. La STr calculada fue de 5,4 ha de cosecha/regeneración al año, ó 27 ha para el mismo período. Respecto del equilibrio de la producción, se determinó que la representación de los diferentes estados de desarrollo de la lenga en el sitio significa un Factor de Equilibrio del 77%, cuya consecuencia práctica en el caso en estudio es el requerimiento de un bajo esfuerzo de regulación. El ajuste de la propuesta de manejo forestal a los parámetros mencionados se tradujo en 56 ha incorporadas a manejo, de las cuales se obtendrían 15.064 m<sup>3</sup>, y una superficie de 30 ha cosechadas y en regeneración para el período. Bajo el supuesto de una correcta ejecución silvícola, se proyectó la condición que tendría la superficie completa después de 5 años. La intervención planteada resultó en el mejoramiento del Factor de Equilibrio en 5% en cinco años (82% total). Además, las propuestas silvícolas en la superficie incorporada a manejo tuvieron como consecuencia un adecuado ajuste a los parámetros de ordenación, tanto de superficie como de volumen, definidos como guías.

*Palabras clave:* ordenación, ordenación-forestal, lenga, manejo-sustentable, reservas forestales.

## INTRODUCCION

La Reserva Nacional Mañihuales se encuentra ubicada en la Comuna de Aysén, provincia de Aysén, XI Región, entre los 45° 11' y los 45° 14' de latitud sur y entre los 72° 05' y 72°10' de longitud oeste, y posee una superficie total de 3.544 ha. Está bajo la administración de la Corporación Nacional Forestal desde 1968. Antes de esta fecha, los incendios forestales y posterior introducción de ganado provocaron un brusco cambio en la cubierta vegetal, que, sumado a la juventud e inestabilidad de los suelos, causaron un aluvión en 1966, que desaguó por el estero Las Lavanderas en mitad de la villa.

En la actualidad representa una importante unidad forestal, debido a la permanente presencia de huemul (*Hippocamelus bisulcus*) asociada a los matorrales y zonas de bosque nativo (1); al potencial que sus plantaciones tienen para el aprovechamiento maderero (2), y a la presencia de más de 1.000 ha de lenga (*Nothofagus pumilio*) sin intervenciones registradas. Sobre la base de estos antecedentes la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad Mayor y la Corporación Nacional Forestal elaboraron una propuesta de Ordenación Territorial (2), en la que se determinó la distribución de funciones por área, según se muestra en el cuadro 1.

El objetivo de este estudio fue elaborar una propuesta de Ordenación Forestal para el área de Aprovechamiento de Lenga, utilizando el Modelo de Ordenación Forestal planteado por CONAF (3, 4).

## MATERIAL Y METODOS

La propuesta se desarrolló en dos etapas:

- Diagnóstico del estado actual del bosque de lenga, basado en los factores bióticos y abióticos determinados en el estudio de Ordenación Territorial.
- Definición de los parámetros de Ordenación Forestal.

En el diagnóstico se recopiló la información existente de la unidad, principalmente en mapas de la reserva, inventarios y antecedentes históricos. Se elaboró la cartografía digital en el laboratorio de Ciencias de Información Geográfica de la Universidad Mayor. El material cartográfico disponible fue: *set* de fotografías aéreas 1:30.000 del vuelo FONDEF 1993; ortofoto 1:10.000, cubierta de curvas de nivel, mapas y croquis existentes relacionados con la presencia de huemul, y monocultivo establecidos para la recuperación de áreas degradadas.

La zona de lenga posee una estratificación sobre los factores físicos altitud, exposición y pendiente, en que se determinaron estratos homogéneos para estas variables en las categorías descritas en el cuadro 2. Cada zona homogénea determinada posee una superficie mínima de 0,5 ha.

Entonces, el algoritmo de unión de las coberturas fue:

$$\text{Estrato "x"} = \text{Altitud} + \text{Exposición} + \text{Pendiente} \quad [1]$$

De esta forma, una zona cubierta de lenga, con altitud 900 m snm, exposición sur y pendiente 45% tendrá una codificación: 300 + 30 + 2 = 332.

CUADRO 1

Asignación de funciones para la Reserva Nacional Mañihuales.  
 Functions assignment for National Reserve.

Funciones	Superficie según Uso (ha)							
Abrigo de fauna	132,8					963,6		1.096,4
Rocas y claros		36,3	803,2					839,5
Aprovechamiento de Lenga	511,4							511,4
Recuperación de Bosque Nativo	63,6					185,9	65,5	315,0
Zonas de amortiguamiento	184,3	4,6				15,3	44,8	249,0
Aprovechamiento de plantaciones						74,0	171,8	245,8
Protección de cumbres	119,7						19,9	139,6
Estabilización de laderas	7,2						90,2	97,4
Control de cauce del Estero								
Las Lavanderas							30,6	30,6
Producción de agua				3,5	12,8			16,3
Ensayos Pino oregón							3,6	3,6
TOTAL	1.019,0	40,9	803,2	3,5	12,8	1.238,8	426,4	3.544,6

Fuente: Plan de Ordenación Forestal, primera versión para el área de Plantaciones. Cruz *et al*, 2001

CUADRO 2

Categorías para la estratificación por factores físicos, en el área de lenga.

Categories for the stratification by physical factors in Lenga area.

Gradiente Ambiental	Categorías	Código
Pendiente (%)	0 – 30	1
	30 – 60	2
	60 – 90	3
	90 – 120	4
Exposición	Norte	10
	Este	20
	Sur	30
	Oeste	40
	Sin exposición	50
Altitud (m snm)	140 – 600	100
	600 – 800	200
	800 – 1.000	300
	más de 1.000	400

La información previa relativa al bosque indica que existe una condición homogénea en toda la extensión de lenga, caracterizada por una composición pura y estructura multietánea, pero en bosquetes coetáneos de tamaño variable, con un radio en torno a una o dos veces la altura de los árboles del dosel superior.

Por esta razón la determinación de rodales fue definida por las condiciones físicas (estratos). Así, cuando se encontraron dos zonas con condiciones físicas similares no colindantes, se definieron como dos rodales pertenecientes a un estrato (figura 2).

*Muestreo.* La caracterización del recurso se basó en la metodología propuesta en el Sistema de Ordenación Forestal de CONAF (3, 4). En sus aspectos principales, esta etapa considera:

*Muestreo cualitativo:* Para cada rodal, se analizaron en terreno sus características fisiográficas y edáficas; la caracterización del recurso forestal que describe el bosque en relación a su composición, estructura, estados de desarrollo y estado

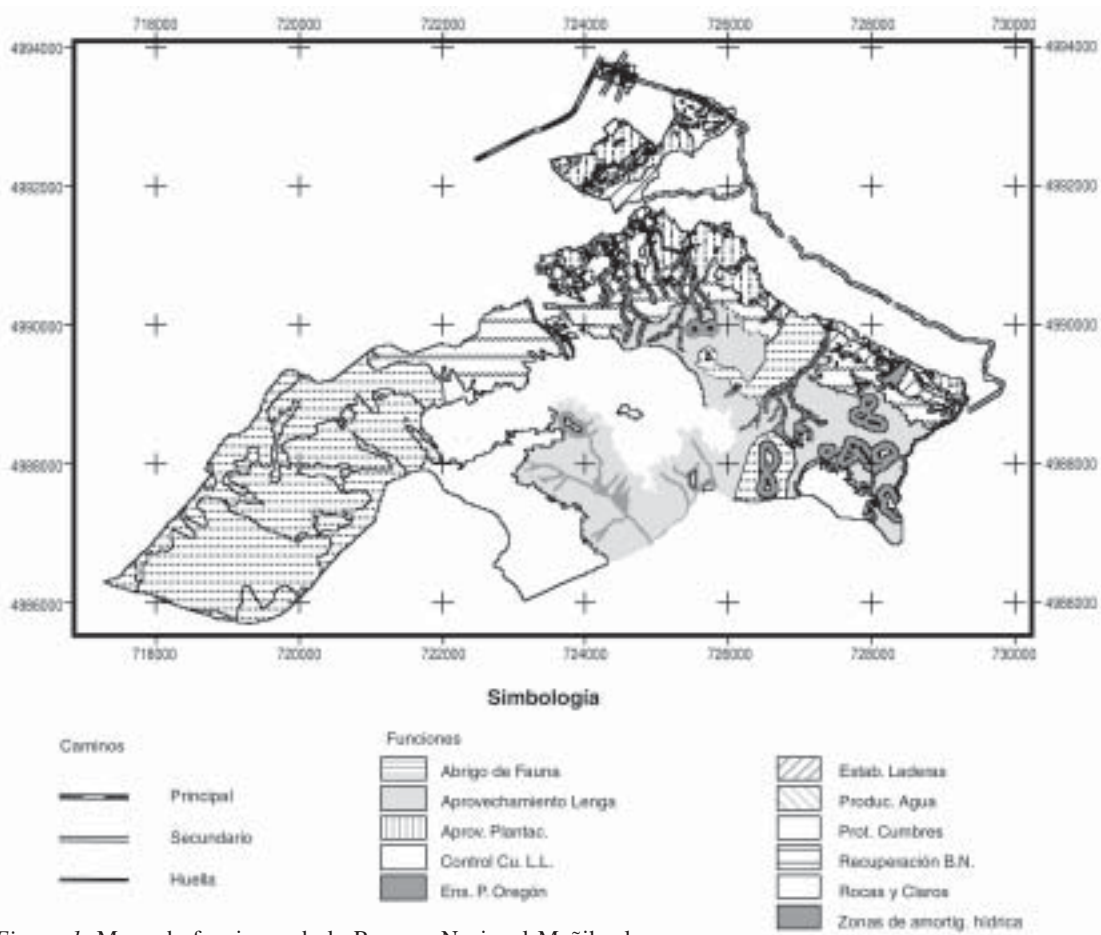


Figura 1. Mapa de funciones de la Reserva Nacional Mañihuales.  
 Functions map for National Reserve.

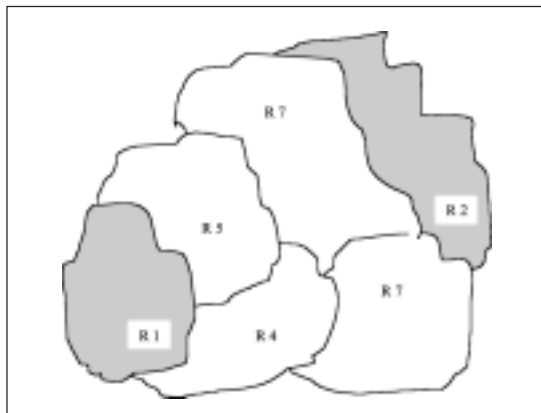


Figura 2. Definición de rodales. En la figura, los rodales R1 y R2 pertenecen al mismo estrato (igual condición física, pero no colindantes), y los rodales R3, al R7 corresponden cada uno a estratos diferentes.

Rodal definition. In the figure, R1 and R2 belong to the same strata (same physical condition but not adjoining), and the rodales R3 to R7 are each one to different strata.

fitosanitario; los objetivos de manejo y productos a extraer, una propuesta silvícola en que se especifican métodos de cosecha y cortas intermedias y una calendarización de actividades. Estos aspectos fueron registrados en un formulario estructurado.

Muestreo dasométrico: Una vez definidos los aspectos anteriores, se levantó la información dasométrica, en parcelas distribuidas aleatoriamente dentro del rodal. La información registrada para cada parcela fue: edad promedio (a partir de tarugos), altura promedio, DAP de cosecha promedio. A cada individuo en la parcela le fue registrado: DAP, calidad, (sanidad/forma) y “marcado para corta” o “mantenido”. Este último registro cumple el objetivo de dimensionar la posibilidad de corta que cada estrato posee, en función de los rodales que lo componen, según la actividad silvícola propuesta.

Se levantaron 80 parcelas PRODAN de 8 árboles, que se repartieron en los distintos rodales, asignando un número de ellas a cada estrato en forma proporcional a su superficie.

CONSIDERACIONES PREVIAS RESPECTO DEL METODO DE ORDENACION FORESTAL. El objetivo de la ordenación forestal debe ser determinar una magnitud de extracción igual o menor a la capacidad productiva del recurso forestal. Aspectos relevantes que se desprenden de ello son:

1. La capacidad productiva está determinada por la totalidad de la superficie, en este caso 511,4 ha. Así, el volumen efectivo de extracción del período, que afectará a un área mucho menor, se basa en la productividad total calculada y no tiene relación con la productividad de la zona que se está interviniendo. La consecuencia práctica es la obligación de evaluar toda la superficie.
2. La capacidad productiva está determinada por las especies y su relación con el sitio forestal. En el caso más complejo de bosques mixtos, es necesario determinar qué fracción de la superficie total está ocupada por cada especie, o dicho de otra forma, qué fracción del predio está produciendo madera de una determinada especie y con qué intensidad. En consecuencia, la productividad de cada rodal o área resulta de la composición superficie/especie. Si existe el caso de una zona desarrollada, para efectos del cálculo se le debiera asignar una especie (que operativamente significa regenerar en el futuro en ese lugar) y asignar un crecimiento anual medio (CAM) a ella.

Por estas consideraciones, es vital que los estadígrafos dasométricos promedio para el área bajo ordenación se compongan de valores ponderados por la superficie de cada condición. Por ejemplo, el crecimiento de lenga adulta en un mal sitio debe afectar el promedio en función de su proporción de superficie.

Una segunda consecuencia es la relevancia que tiene conocer la capacidad de carga de cada zona. En efecto, si en general el área bajo ordenación está intervenida, su capacidad productiva real estará por debajo de la óptima o, en otro caso, podría ocurrir que gran parte del área bajo ordenación se encuentre en un momento de su dinámica de sobreocupación del sitio, lo que

naturalmente debiera desencadenar un autorraleo. En el primer caso, los parámetros de ordenación debieran resultar menores que el óptimo para permitir la ocupación del sitio, y en el segundo debieran indicar una sobreextracción para evitar la pérdida de biomasa por mortalidad natural. La determinación del nivel óptimo de ocupación de sitios forestales del bosque nativo no ha sido estudiado en Chile, por lo que el supuesto planteado para este estudio es asimilar la ocupación óptima a un coeficiente de cobertura de copas (CCC).

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE ORDENACION FORESTAL DEL BOSQUE. La superficie bajo ordenación y su distribución en el área de lenga fue establecida por la asignación de funciones, y corresponde a 511,4 ha. Para dicha área fueron determinados los siguientes parámetros de ordenación forestal:

3. Tasa de aprovechamiento: sobre la base de la productividad de los sitios cubiertos de bosque.
4. Superficie teórica de regeneración.
5. Regulación de la producción.

*Tasa de aprovechamiento.* La Tasa de Aprovechamiento, TA, fue calculada según la metodología de Cruz y Rothermel (3). Esta tasa se basa fundamentalmente en el análisis de los incrementos volumétricos del bosque, y expresa la productividad en volumen de madera por ha/año para la totalidad de superficie bajo ordenación.

La base de cálculo es el crecimiento anual periódico, ya que la determinación del crecimiento anual medio (CAM) requiere de una serie de antecedentes que, en condiciones de una masa forestal no regulada, no se pueden obtener, como son: el volumen a la rotación, las intervenciones y las pérdidas de biomasa por mortalidad. Por otra parte, supone que el crecimiento óptimo para cada sitio (densidad óptima según estados de desarrollo) puede ser estimado a partir de la cobertura de copas CCC. Así, los autores proponen estimar la TA a partir de:

- Estimación del CAM.
- Ajuste del CAM según la ocupación del sitio de la masa forestal (cobertura de copas).
- Ajuste de la TA en función del estado de maduración (frecuencia de cada estado de desarrollo).

El CAM se estima a partir del Crecimiento Anual Real (CAR):

$$CAR = Vt / Edad \quad [2]$$

donde,

Vt = Volumen total (m<sup>3</sup>).

Relacionando este valor con la cobertura de copas:

$$CAI = CAR / CCC \text{ debe ser CAI} \quad [3]$$

donde,

CAI = Crecimiento anual ideal (ajustado).

CCC = Coeficiente de Cobertura de Copas (factor que varía entre 0 y más de 1).

Así, el ajuste de la TA por la variación en la ocupación de sitio, se expresa:

$$TA = CAR + \left( \frac{CAR - CAI}{d} \right) \quad [4]$$

donde,

d: período de años en que se distribuirá el desbalance.

Entendiendo Regulación como las actividades para lograr que un bosque produzca en forma constante en el tiempo, se debe considerar que un bosque regulado tendrá todas las clases de edad representadas en la superficie total. Esto significa que su distribución diamétrica (tomando todos sus rodales) será de una jota inversa y su DCM será aproximadamente:

$$DCM \approx \frac{DAP_{cosecha}}{2} \quad [5]$$

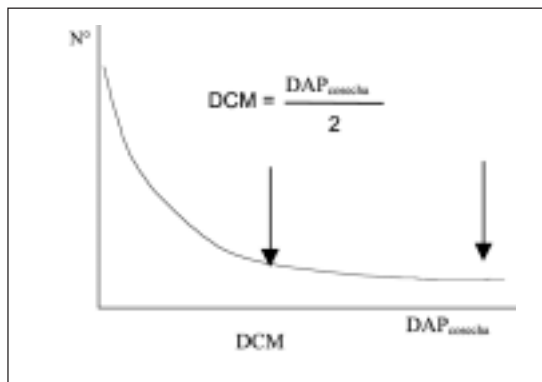


Figura 3. Representación del DCM en bosques ordenados.

DCM representation in arranged forests.

Ahora bien, si el bosque no está ordenado esta relación se verá alterada. En efecto, si el bosque es muy joven su DCM será menor. En cambio si está sobremaduro, el DCM será mayor.

Entonces, la TA se ajusta según:

$$\frac{DCM_r}{DCM_i} \quad [6]$$

donde,

DCM<sub>r</sub>: Diámetro cuadrático medio real, o que tiene el bosque bajo ordenación en el momento de la evaluación.

DCM<sub>i</sub>: Diámetro cuadrático medio, del bosque regulado. Nótese que se tiene el DAP de cosecha ponderado para el bosque.

Este factor será mayor que 1 si el bosque sobremaduro está más representado, con lo que aumentará la TA para aportar a la regulación. Por el contrario, si las clases más representadas son las menores, la tasa debiera disminuir para no sacrificar en la cosecha superficies de diámetros menores (el factor será menor a 1).

Finalmente, al corregir la TA con esta relación se tendrá:

$$TA = \left[ CAR + \left( \frac{CAR - CAI}{d} \right) \right] \frac{DCM_r}{DCM_i} \quad [7]$$

*Superficie teórica de regeneración.* Dado que se requiere regular el bosque de manera que exista una superficie de cosecha anual similar cada año, es necesario determinar cuál debe ser el ritmo de superficie a regenerar. En términos conceptuales, este parámetro se puede determinar como:

$$Str = \left( \frac{S}{r} \right) p \quad [8]$$

donde,

Str: Superficie teórica de regeneración. Corresponde a la superficie a ser cosechada en el período "p".

S: Superficie total destinada a producción de madera.

r: Rotación.

p: Período de planificación. Corresponde a 5 años.

Al no considerar esta variable (que no se coseche este grupo de individuos) se corre el riesgo, en el caso de extraer menos que la *STr*, de promover una sobremadurez de los grandes árboles, o bien, generar vacíos en la producción futura por un exceso de extracción de árboles maduros.

La aplicación de la ecuación indicada requiere de la determinación de la superficie y la rotación. Ambos atributos son variables, según se trate de especies, sitio y *DAP* de cosecha. Por esta razón la *STr* se debe componer de la suma de las superficies a regenerar por cada una de las especies en los rodales en que crecen.

La rotación se determinó a partir del Incremento Medio Anual del *DAP* ( $IMA_{DAP}$ ). Dado que en cada rodal es posible determinar el Diámetro Cuadrático Medio (*DCM*) y la edad para cada especie, entonces el  $IMA_{DAP}$  resulta de:

$$IMA_{DAP} = \frac{DCM}{edad} (cm / año) \quad [9]$$

Por otra parte, se determinó un *DAP* cosecha para las especies, por lo que la rotación se pudo calcular de la forma:

$$r = \frac{DAP_{cosecha}}{IMA_{DAP}} (años) \quad [10]$$

donde,

*r*: Rotación (ponderada por la superficie de cada especie).

$IMA_{DAP}$ : Incremento medio anual del *DAP* (ponderado).

$DAP_{cosecha}$ : *DAP* al final de la rotación (ponderado).

De esta manera, la Superficie Teórica de Regeneración (*STr*) fue la sumatoria de la superficie que debe ser cosechada por especie en cada rodal, considerando la rotación definida.

No debe confundirse la *STr* con la superficie total de intervención para un período dado, ya que la primera dice relación con la magnitud de superficie de cosecha para alcanzar la regulación; en cambio, la superficie total de operaciones se compondrá de una superficie de cosecha, más aquella de cortas intermedias.

*Estado de regulación de la producción del bosque.* La superficie ocupada por cada fase de desa-

rollo se asumió proporcional al área basal de la fase de desarrollo frente al área basal total. Para lograr una mejor desagregación de las fases se utilizó la nomenclatura de estados de desarrollo para bosques coetáneos (5), modificada de la siguiente forma:

- Regeneración: Individuos menores a 30 cm de altura. Presente en zonas donde existe desmontamiento de grandes individuos que abren claros de luz, o en sectores donde han ocurrido deslizamientos provocados por la nieve u otro evento similar.
- Monte Bravo: Individuos mayores a 30 cm de altura y diámetros menores a 10 cm, caracterizados por crecer a alta densidad (más de 2.500 n/ha).
- Latizal: Diámetros entre 10 y 30 cm.
- Fustal joven: Diámetros entre 30 y 50 cm.
- Fustal maduro: Diámetros entre 50 y 70 cm.
- Fustal viejo: Diámetros entre 70 y 80 cm.
- Sobremaduro: Diámetros mayores a 80 cm, caracterizados por presentar pudrición central.

Para cada una de las fases se determinó su *AB* total y luego su proporción en relación al *AB* Total. Así, se asumió que la superficie de cada fase fue igual a su fracción de *AB*.

## DISCUSION DE RESULTADOS

CARACTERIZACION AMBIENTAL. Más de la mitad del área posee pendientes entre 30 y 60% y un 40% tiene menos del 30% de pendiente, otorgando una ventaja para el tránsito y la ejecución de actividades silvícolas. Las exposiciones predominantes son norte y este. El 85,7% de la zona cubierta por lenga se encuentra por sobre los 1.000 m snm. Esta situación se explica por incendios catastróficos ocurridos en el pasado, que quemaron hasta esta cota. Según IREN (1967, citado por Alvarez y Grosse, 1978) (6), los suelos se han formado a partir de sucesivos depósitos de cenizas y arenas volcánicas sobre una roca original, formando "trumaos" típicos. En las zonas con problemas de drenajes, éstos fueron dando paso a "mallines", con abundante acumulación de turba. Según Peralta, citado por Alvarez y Grosse (6), es probable que la roca fundamental no tenga ninguna participación en la formación de los suelos de la zonas. Esto se traduciría en una discontinuidad litológica notoria.

Di Castri y Hajek (7) sitúan a la reserva dentro de la franja climática costera que parte de la XI Región al sur, caracterizada por un clima oceánico muy húmedo con una notable constancia térmica a través del año. El régimen térmico de esta zona se caracteriza por una temperatura media anual de 9,1°C, con máximas y mínimas de 9° y 5°, respectivamente, con una máxima media del mes más cálido (enero) de 17,2°C y una mínima media del mes más frío (agosto) de 2,1°C, y un período de crecimiento vegetativo de 2,2 meses (8).

Un gran porcentaje de la superficie de la reserva está ocupado por altas cumbres, escoriales, algunos claros y afloramientos rocosos. Estos ambientes se caracterizan por su casi nula vegetación, pendientes abruptas y presencia de nieve gran parte del año. Parte de ellos están siendo colonizados por lenga. Pequeños espejos de agua, mallines, arroyos y quebradas conforman la red hídrica de la reserva. Estos ambientes son fundamentales para la fauna existente y, además, para la producción de agua. Por encima de los 900 m snm, se encuentra la superficie de bosque nativo (973,6 ha) compuesta por bosques puros de lenga. Es posible encontrar formaciones boscosas pertenecientes al subtipo Krummholz en las partes más altas, determinando el límite de la vegetación arbórea de la reserva.

**CARACTERIZACION FORESTAL.** En la región norpatagónica y magallánica, los bosques de Lenga pueden encontrarse desde los 0 a 700 m snm, frecuentemente al este de los bosques siempreverde. En suelos de buen drenaje, la Lenga puede formar bosques puros de alta densidad y alturas de 30 m, presentándose diámetros mayores a 1 m. Un contraste notorio con los vecinos bosques siempreverdes es la ausencia de *Chusquea spp.* en el sotobosque, y en su lugar una estrata herbácea con mejor desarrollo (9).

Según la Clasificación de Tipos Forestales de Chile (10) la vegetación presente en la zona corresponde al Tipo Forestal Lenga en transición con el Tipo Forestal Coigüe de Magallanes en las altitudes inferiores, y siempreverde al avanzar hacia la costa.

En relación con las formaciones y asociaciones presentes, Gajardo en 1994 (11) define la zona dentro de la “región del bosque andino patagónico” en la que se reconocen dos subregiones en

una superficie de 5 millones de ha, equivalentes a un 6,5% del territorio nacional.

La subregión en que está ubicada la Reserva es la de cordilleras patagónicas, en que es evidente un mosaico entre la estepa patagónica hacia el este y el bosque siempreverde hacia la costa. Los gradientes de mayor relevancia para la distribución de las comunidades son la precipitación y la altitud.

Los bosques encontrados en la reserva responden más bien a la asociación *Nothofagus betuloides-Nothofagus pumilio*, “Coigüe de Magallanes -Lenga”, descrito por Gajardo (11) como una asociación dentro de la anterior, que crece en ambientes más favorables. En efecto, Coigüe de Magallanes podría haber ocupado las franjas inferiores a Lenga, y que en la actualidad han sido forestadas con Pino Oregón, al encontrarse descubiertas debido a los incendios del siglo pasado. Existen algunos vestigios de esta asociación en áreas que no fueron alcanzadas por los incendios y en la parte baja de las cajas de vertientes que dan al Estero Sonia.

Según Cruz (12), especies acompañantes en la zona de lenga son *Gunnera magellanica*, *Adenocaulon chilense*, *Blechnum penna-marina*. En zonas de mayor altitud son frecuentes *Empetrum rubrum*, *Luzula racemosa*, *Osmorrhiza chilensis*, *Ourisia ruelloides*. Asociada a bordes del bosque es frecuente la presencia de *Pernettya pumilia*.

A partir de los datos del muestreo cuantitativo, se generó una tabla predial ponderada para la totalidad del área, la que se presenta en el cuadro 3.

Se encontró una alta variabilidad entre estratos en relación con la densidad, siendo el mínimo 298 y el máximo, 1.089 n/ha. Según Puente y Peñaloza (1979), citados por Del Fierro (13), en la zona del cerro La Virgen, XI Región, existen densidades de 334 n/ha y 50,7 m<sup>2</sup>/ha de área basal. Estos resultados se asemejan a los peores sitios encontrados en la Reserva Nacional Mañihuales, reflejando el alto potencial productivo de la Lenga en Mañihuales. En la fase de terreno se evidenció gran abundancia de bosquetes de monte bravo. Del muestreo en estas condiciones, se estimó para este estado de desarrollo una densidad de 5.713 n/ha. Este dato permite concluir que la lenga se está regenerando con una dinámica de claros, situación que, según Donoso (14), es la más esperada para este tipo de bosques, es decir, un monte alto irregular con presencia de bosque-



CUADRO 3

Distribución de frecuencias ponderadas para el área de Lenga, en la Reserva Mañihuales.  
 Frequencies distribution for Lenga area, in Mañihuales National reserve.

Clase de DAP	Densidad (n/ha)	AB (m <sup>2</sup> /ha)
10 - 20	420	6,3
20 - 30	122	5,4
30 - 40	65	6,2
40 - 50	55	8,1
50 - 60	33	7,8
60 - 70	30	9,4
70 - 80	15	6,8
80 - 90	10	5,6
90 - 100	5	3,5
100 - 110	5	4,3
Total	760	63,4
DCM	37,7 cm	

tes coetáneos de superficie variable, que generan una curva de distribución diamétrica en forma de jota inversa (figura 4).

Del análisis de tarugos obtenidos en las parcelas, se determinó un crecimiento promedio para la Lenga, considerando un período de 0 a 240 años de 1,22 mm radiales, con un mínimo en los 75 años de 0,51 mm, y un máximo 1,79 mm a los 94

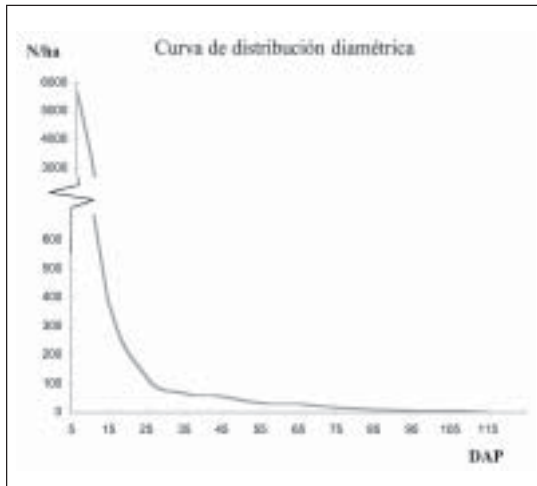


Figura 4. Curva de distribución diamétrica ponderada para toda la superficie de Lenga, generada a partir de los datos del cuadro 2.

Diametrical distribution curve weighed for the whole Lenga area.

años. Estos crecimientos son similares a los encontrados por Vera (15) para bosques sin manejo, en la cercana localidad de Coyhaique. Mediciones similares para la especie realizadas en la provincia de Ultima Esperanza, XII Región, realizadas por Rubilar (16) para bosques de 114 años, indican crecimientos de 0,7 a 1,1 mm, lo que estaría indicando la favorable condición de los sitios de Mañihuales, aún sin manejo de estos bosques. Es notorio el desarrollo en alguna de las etapas de crecimiento, en que el ancho de anillo supera los 3 mm radiales.

DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE ORDENACION FORESTAL

*Tasa de Aprovechamiento:* De la información del muestreo en terreno se determinaron para cada estrato las variables necesarias para la determinación de la TA. Los resultados se presentan en el cuadro 4.

De esta forma, la función para determinar la tasa de aprovechamiento se completa con los datos del cuadro 5.

Los bosques de lenga presentes en la reserva tienen un potencial productivo cercano a los 3.000 m<sup>3</sup>/año, considerando las 511,4 ha de aprovechamiento maderero. Esto se traduce en una tasa de aprovechamiento de 5,9 m<sup>3</sup>/ha/año.

Por otra parte, la relación de DMCr y DMCi es mayor a 1 (1,18), lo que indica que en el bosque están más representados los estados de desarrollo mayores. Esta relación produce un incremento de la TA para este período de planificación. El fin de aumentar la tasa es lograr disminuir la superficie de los bosques adultos, a favor de regeneración, para equilibrar la condición global. Así se deberá priorizar la extracción en aquellos rodales donde la extracción se orientó a mayores diámetros.

La diferencia entre CAR y CAI indica que existen sitios en los cuales no se está obteniendo un aprovechamiento óptimo (cobertura de 100%). La consecuencia de ello es la disminución de la TA, para lograr una ocupación de sitio ideal. Esta diferencia no es significativa, pero se debe tener en cuenta para la planificación silvícola, priorizando rodales en los que existe una sobreocupación.

Como fue discutido, la forma de cálculo de tasa de aprovechamiento permite absorber tanto

## CUADRO 4

Datos relevantes para el cálculo de TA.  
Important data for TA calc.

322	0,6	408	73,2	0,38	73	0,09	1,0	48	0,06	745	447	124,2	6,0	4	4
332	13,1	541	66,1	0,36	63	1,82	1,0	39	1,01	638	8.358	108,0	5,9	77	77
411	120,9	479	57,2	0,32	55	13,07	1,0	39	9,22	530	64.077	123,3	4,3	520	520
112	47,3	941	68,8	0,28	57	5,24	0,8	31	2,82	608	28.758	108,6	5,6	265	331
421	32,4	375	55,4	0,24	58	3,64	0,8	43	2,74	487	15.779	180,4	2,7	87	109
422	149,3	1.090	75,5	0,29	60	17,43	1,0	30	8,67	678	101.225	102,7	6,6	985	985
431	25,2	937	64,3	0,34	62	3,04	0,8	30	1,46	386	9.727	85,8	4,5	113	142
432	59,7	458	35,9	0,34	61	7,16	0,8	32	3,69	295	17.612	92,2	3,2	191	239
433	9,8	299	61,2	0,57	55	1,05	0,6	51	0,98	644	6.311	89,4	7,2	71	118
441	7,5	661	62,7	0,33	50	0,73	1,1	35	0,51	632	4.740	105,3	6,0	45	41
233	12,7	541	66,1	0,36	63	1,57	1,0	39	0,98	638	8.103	108,1	5,9	75	75
311	18,7	479	57,2	0,32	55	2,02	1,0	39	1,43	530	9.911	123,3	4,3	80	80
312	7,8	479	52,7	0,32	55	0,84	1,0	39	0,59	530	4.134	123,3	4,3	34	34
321	0,1	1.090	75,5	0,29	60	0,01	1,0	30	0,01	678	68	102,7	6,6	1	1
413	4,7	941	68,8	0,28	57	0,52	0,8	31	0,28	608	2.858	108,6	5,6	26	33
442	1,6	458	35,9	0,34	61	0,19	0,8	32	0,10	295	472	92,2	3,2	5	6
total	511,4					58,4		586	34,55					2.579,6	2.794,6

DAP cosecha: corresponde al promedio entre los DAP de cosecha para cada especie en cada parcela del estrato; DAP cosecha ponderado: se pondera por la fracción de superficie del estrato sobre la superficie total (se determinan así todas las variables ponderadas); CCC: Coeficiente de cobertura de copas; CAR: crecimiento real o actual del estrato; CAI: crecimiento ajustado según CCC para el estrato.

DAP cosecha: average between harvest DAP per species in each landplot the strata; DAP cosecha ponderado: it's weighed by area fraction over total area (This way, is for all weight variables); CCC: top covering coefficient; CAR: present real increase; CAI: adjusted increase with CCC.

los desbalances en la ocupación de sitio, como las desregulaciones de los estados de desarrollo del bosque. Nótese que la TA, en el caso en estudio, prácticamente equivale al incremento medio anual  $IMA_{\text{volumen}}$  (determinado a partir de la división de  $2.579,6 \text{ m}^3/\text{predio/año}$  en 511 ha, significa un  $IMA_{\text{volumen}}$  de  $5,04 \text{ m}^3/\text{ha/año}$ ), señalando que el bosque completo está cercano al óptimo deseado para la ordenación.

*Superficie Teórica de Regeneración:* La STR por estrato se presenta en el cuadro 6.

Entonces, según el crecimiento encontrado, para mantener todos los años la misma extensión de bosque maduro, a un  $DAP_{\text{cosecha}}$  de 58 cm, se debe cosechar anualmente a razón de 5,41 ha/predio/año.

*Equilibrio de Producción:* La figura 5 muestra un perfil genérico de las diferentes fases de desarrollo del bosque de lenga estudiado.

CUADRO 5

Estimación de factores considerados  
en el cálculo de la TA.  
Factors estimated in TA calc.

Factor	Unidad	Valor
CAR	m <sup>3</sup> /total/año	2.579,6
CAI	m <sup>3</sup> /total/año	2.794,6
DAP <sub>real</sub>	Cm	34,5
DAP <sub> cosecha</sub>	Cm	58,4
P	años	5
TA	m <sup>3</sup> /total/año	2.997
	m <sup>3</sup> /ha/año	5,86

CUADRO 6

Superficie Teórica de Regeneración a partir  
del cálculo por estrato.  
Regeneration Theoretical Area, since calc per strata.

N° estrato	Sup. Teórica de Regeneración (ha)	Sup. Total del Estrato (ha)
322	0,10	0,6
332	0,10	13,1
411	1,10	120,9
412	0,60	47,3
421	0,20	32,4
422	1,30	149,3
431	0,30	25,2
432	0,50	59,7
433	0,10	9,8
441	0,20	7,5
233	0,10	12,7
311	0,20	18,7
312	0,01	7,8
321	0,00	0,1
413	0,10	4,7
442	0,50	1,6
TOTAL	5,41	511,4

Como se observa en la figura, las fases de desarrollo se distribuyen por superficie, agrupándose en bosquetes coetáneos. La determinación de superficie para cada fase de desarrollo, a partir de su área basal, permite presentar un gráfico de distribución de fases de desarrollo, según se muestra en la figura 6.

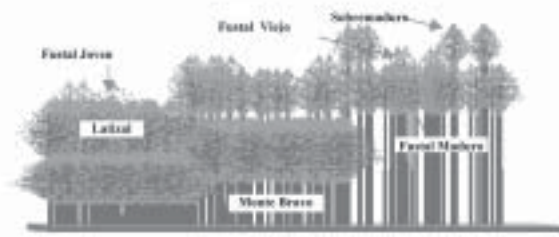


Figura 5. Perfil genérico de las fases de desarrollo en Lenga. (Elaborado en Stand Visualization System).  
Generic profile of the development Lenga phases. (Build in Stand Visualization System).

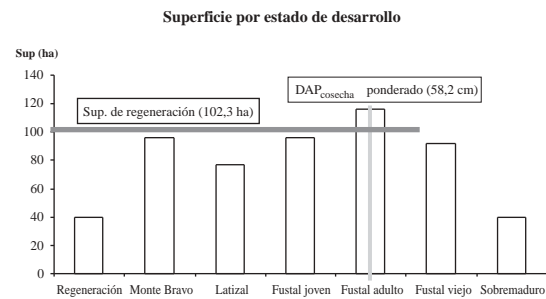


Figura 6. Distribución de fases de desarrollo según superficie.  
Distribution of development phases according to the area.

Dado que el levantamiento de la información dasométrica se hizo sobre diámetros mayores a 5 cm, la fase de regeneración no fue registrada. Sin embargo, en terreno se evidenció un traslape entre la fase de desmoronamiento con la de regeneración, por lo que se asume una superficie equivalente en ambos estados de desarrollo (barra de regeneración con superficie estimada equivalente a la de sobremaduro).

La línea vertical presentada en la figura representa la fase límite deseada, según el DAP<sub>cosecha</sub> determinado. La línea horizontal representa la superficie deseada para cada fase, o superficie de equilibrio, en función de la Superficie Teórica de Regeneración calculada. Es decir, un DAP<sub>cosecha</sub> de 58 cm equivale a mantener en el bosque sólo hasta la fase de Fustal Maduro, en este caso 5 barras en la gráfica y, en consecuencia, 102 ha en cada fase.

Nótese que los excesos de superficie, es decir, hacia la derecha de la Fase Fustal Maduro, y por sobre la superficie de equilibrio, representan la

desregulación del bosque, que en este caso representan un 23% del total. Así se puede definir el Factor de Equilibrio como la fracción de superficie que está en equilibrio, en función de: a) el diámetro de cosecha definido y b) la superficie deseada para cada fase de desarrollo, en función de la superficie de equilibrio. El Factor de Equilibrio para el caso en estudio equivale a 77%, y estima la magnitud del esfuerzo de ordenación que requiere el bosque.

EFFECTOS DE LOS PARAMETROS DE ORDENACION EN LA PLANIFICACION SILVICOLA

Sobre los resultados presentados por Schmidt (17) se estructuró el esquema silvícola presentado en el cuadro 7. La planificación tuvo como referencia dicho esquema y los parámetros de ordenación, que en síntesis implican:

- Superficie bajo ordenación: 511 ha.
- Tasa de Aprovechamiento anual: 5,9 m<sup>3</sup>/ha/año equivalentes a 3.000 m<sup>3</sup>/predio/año 15.000 m<sup>3</sup>/predio/período.
- Superficie Teórica de Regeneración: 5,4 ha/año.
- Factor de Equilibrio: 77%.

Adicionalmente se plantearon los siguientes criterios para efectos de seleccionar los rodales:

- Todas las intervenciones para el primer período deben estar concentradas en una misma área.

CUADRO 7

Esquema silvícola propuesto para el área de Aprovechamiento Maderero en Mañihuales. Forestry plan proposal for Mañihuales harvest area.

Estados de desarrollo	DAP (cm)	Tipo de Intervención
Regeneración	-	Limpia
Monte Bravo	< 10	Clareo
Latizal	10 - 30	Raleo no comercial
Fustal joven	30 - 50	Raleo Comercial o Secundaria
Fustal maduro	50 - 70	Raleo Comercial o Secundaria
Fustal viejo	70 - 80	Corta definitiva
Sobremaduro	>80	Corta definitiva

- Las intervenciones deben aportar a mejorar el Factor de Equilibrio. Eso significa priorizar rodales en que el grupo de individuos seleccionados sea mayoritariamente superior al DAP<sub>cosecha</sub>, además de intervenir estas áreas, en lo posible, con objetivos de regenerar el bosque (figura 6).
- Proximidad al camino secundario que permite el acceso al sector este de la reserva.
- La pendiente permita la extracción de madera por medio de yuntas de bueyes.

Del análisis de los antecedentes cualitativos y dasométricos de cada rodal, finalmente se seleccionó un rodal de 74 ha que cumplía de mejor manera, tanto con el ajuste a los parámetros como a los criterios expuestos. El nivel de intervención establecido en terreno (ver Muestreo dasométrico en metodología), asumiendo una corta semillera, resultó en 269 m<sup>3</sup>/ha. El ajuste a la TA implicó incorporar al primer período de ordenación una superficie de 56 ha del rodal.

Restando los individuos propuestos a extracción de cada clase en las 56 ha seleccionadas, y asumiendo conservadoramente que el incremento diametral anual no ha mejorado con las intervenciones propuestas, es posible proyectar la consecuencia de la selección en el estado de ordenación forestal del área completa al inicio del segundo período.

Dado que la estructura en la Lengua es de bosquetes coetáneos, la intervención de las 56 ha, generó una superficie en regeneración de 30 ha (equivalente a 6 ha/año), proveniente principalmente de la Fase de Sobremadurez (14,3 ha). El volumen total de extracción para el período sería de 15.064 m<sup>3</sup>/predio/período.

La figura 7 muestra el equilibrio de producción proyectado para el primer período. La nueva relación en las clases diamétricas, como resultado de las intervenciones, genera un Factor de Equilibrio de 82%, o sea, una ganancia de 5% en cinco años.

CONCLUSIONES

Si la estimación presentada es correcta y la planificación silvícola se ajusta a estos parámetros, entonces se debiera esperar que, después de cada período, la superficie manejada presentara

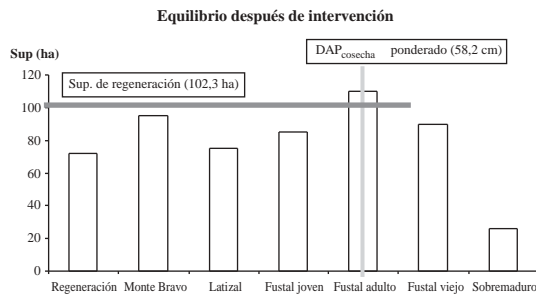


Figura 7. Efectos de la propuesta del primer período, en el equilibrio de producción.

Proposal effects in the first period, in the production balance.

un stock de biomasa equivalente al inicial, un rejuvenecimiento general y un Factor de Equilibrio cada vez más cercano a 100%.

Dado que la metodología propuesta requiere mantener cada sitio en su óptimo crecimiento, asume que el método silvícola implícito es el mejor para cada tipo de bosque. Así entendida, la metodología es independiente del método silvícola predefinido. Las consecuencias de este supuesto (que en cada sitio se aplica la mejor silvicultura) son:

- El error de estimación de los parámetros, en el peor de los casos, dificultará alcanzar un Factor de Equilibrio óptimo, pero el bosque debería encontrarse cada vez mejor desde el punto de vista de su calidad productiva,
- Si el error mencionado implica que después de un período se extrajo más de la TA, es posible ajustar la diferencia para el período siguiente. En este caso, no se disminuirá la extracción en cada rodal propuesto a intervención, dado que ello iría contra la silvicultura propuesta, sino que se incorporará menor superficie al período en cuestión.

El caso presentado tiene la particularidad de haberse desarrollado en un bosque no alterado y probablemente cercano a equilibrio dinámico que permite el sitio. Desde esta perspectiva es destacable la cercanía encontrada entre el área en estudio y la condición de bosque ordenado (compárense las figuras 3 y 4). En efecto, las desregulaciones con que la función de TA persigue ajustar el crecimiento volumétrico (CAR) sólo provocaron una diferencia de  $0,82 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$ . La consecuencia práctica es que los esfuerzos para mejorar la regulación (priorización de una actividad silvícola sobre otras debido a los desbalances) son mínimas.

Finalmente, es relevante proyectar los parámetros a horizontes de cinco o diez años, y establecer una planificación dentro de este rango, de manera de flexibilizar las operaciones. Por ejemplo, dada la economía de escala de montar una faena en mayor superficie, es recomendable proponer la cuota de cosecha de un período de 5 años, concentrada en dos eventos. En este mismo sentido, si el mercado de madera de calidad está deprimido, podría eventualmente no cosecharse en un período y sólo extraer material de raleo.

En términos referenciales, podría señalarse que el manejo de bosques de Lengua como los de este estudio, bajo rendimiento sostenido, podría permitir un volumen de extracción de  $3.000 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{año}$  y una escala de operación de 30 ha, por cada 500 ha. La afirmación cobra relevancia, si se considera que esta superficie predial equivale al máximo que define a un pequeño propietario forestal en las Regiones de la Lengua (18).

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el valioso aporte del jefe de la Oficina Provincial de CONAF Aysén, ingeniero forestal Ramón Solís, y del equipo de guardaparques de la reserva. Mención especial merece el señor Sergio Díaz. Se agradece la colaboración de Marcela Santelices en las campañas de terreno. Finalmente, se agradece la colaboración del “vecino” señor Tito Vega.

## BIBLIOGRAFIA

- (1) VALVERDE, V., C. CHIRGWIN. Catastro preliminar de fauna, Reserva Nacional Mañihuales. Documento de trabajo Proyecto Investigación U. Mayor/CONAF. 2001. p. 3
- (2) CRUZ, P. *Síntesis del Plan de Ordenación Reserva Nacional Mañihuales*. Primera Etapa. Serie Técnica CONAF, 2001. año 3, vol. 1, N° 7, 3
- (3) CRUZ, P., H. ROTHERMEL. Sistema Simplificado de ordenación forestal para la pequeña y mediana propiedad. Primer Congreso Latinoamericano IUFRO. CONAF. 1998. p. 3
- (4) ROTHERMEL, H., P. CRUZ. Sistema de Ordenación Forestal, SOF (Software). Manual de Aplicación. CONAF/DED. 2001.
- (5) VITA, A. *Los tratamientos silviculturales*. Edición de la Escuela de Ingeniería Forestal. U. de Chile. Segunda Edición. 1996, p. 8.
- (6) ALVAREZ, S., H. GROSSE. Antecedentes generales y análisis para el manejo de Lengua (*Nothofagus pumilio*) en Alto Mañihuales, Aysén. Universidad de Chile. 1978. p. 9.

- (7) DI CASTRI, F., E. HAJEK. Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 1976. p. 9
- (8) PINTO, M. *Caracterización Geográfica y espacial de la cuenca hidrográfica compartida del río Aysén, XI Región*. Serie Técnica CONAF. 2001. Año3, vol 1, N° 8. p. 9
- (9) VEBLEN, T., F. SCHLEGEL. Reseña ecológica de los bosques del sur de Chile. *Bosque*, 1982. (4) 2, p. 73-115. p. 10.
- (10) DONOSO, C. Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. CONAF/PNUD-FAO. 1981. Documento de trabajo N° 38. p. 10
- (11) GAJARDO, R. *La vegetación natural de Chile*. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 1994. p. 10.
- (12) CRUZ, P., C. SCHULZE. Primer estudio de Flora de la Reserva Nacional Mañihuales. Documento de Trabajo. Proyecto Investigación U. Mayor/CONAF. 2001. p. 10.
- (13) DEL FIERRO, P. *Experiencias silviculturales del bosque nativo chileno*. Ed. Publicaciones Lo Castillo S.A. CONAF. 1998. p. 11.
- (14) DONOSO, C. *Bosques templados de Chile y Argentina*. Ed. Universitaria. 1993. p. 11
- (15) VERA, O. Evaluación de las intervenciones silvícolas para un rodal mixto de Lenga y Coigüe, ubicado en la Reserva Forestal Coyhaique XI Región. Tesis Ing. Forestal, U. Austral de Chile. 1985. p. 11.
- (16) RUBILAR, J. Respuesta de la Lenga ante intervenciones de raleo en la provincia de Última Esperanza, XII Región. Tesis Ing. Forestal, U. de Chile. 1991. p. 11.
- (17) SCHMIDT, H. *Investigación aplicada sobre el manejo de la Lenga XII Región*. U. de Chile. Fac. de Cs. Agrarias y Forestales /CONAF XII Región. 1987. p. 13
- (18) CONAF/KFW/DED, Proyecto conservación y manejo sustentable del bosque nativo. Plan Operativo 1996. (Doc. de Trabajo).

Recibido: 27.02.03  
Aceptado: 12.05.04