

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA

**ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LEÑA EN BOSQUES MIXTOS
DE LENGUA - COIHUE DE MAGALLANES EN ISLA NAVARINO,
REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

ALFREDO ANDRÉS GONZÁLEZ FARÍAS

Profesor Guía: Ing. Forestal, Dr., Sr. Gustavo Cruz Madariaga

SANTIAGO-CHILE.

2008

**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA**

**ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LEÑA EN BOSQUES MIXTOS DE
LENGA - COIHUE DE MAGALLANES EN ISLA NAVARINO, REGIÓN DE
MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA**

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

ALFREDO ANDRÉS GONZÁLEZ FARÍAS

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Sr. Gustavo Cruz M.	6,7
Prof. Consejera Sra. Rose Marie Garay M.	7,0
Prof. Consejero Sr. Juan Caldentey P.	6,5

SANTIAGO-CHILE.

2008

AGRADECIMIENTOS

A mi familia entera, en especial a mis padres (Juana y José) y a mi hermano, por su inagotable amor, entrega y dedicación para formarme como persona por sobre todas las cosas. También a mis abuelos, quienes siguieron con gran interés mis pasos por la Universidad y, que pese a su ausencia, se les agradece el inmenso cariño brindado.

A mis verdaderos amigos, aquellos que siempre han estado, tanto en buenas como en malas. Gracias a mis amigos de la vida: Marcia, Christian, Darío y Felipe. A mis compañeros de la Universidad: Ester, Francisca, Macarena B., Macarena P. (pilar más que fundamental en estos años), María José, Sara, Francisco, Gonzalo y a tantos más que han hecho sentir que viví los mejores años de mi vida en Antumapu. Gracias por lo que han significado para mi en todo este tiempo, creo que no hay palabras ni memoria suficientemente extensa que alcance a expresar lo que representa cada uno de ustedes.

A mi profesor guía Señor Gustavo Cruz, por su paciencia, interés y confianza cuando me dió la oportunidad de viajar a Navarino. También a mis profesores consejeros; Sra. Rose Marie Garay y Sr. Juan Caldentey, por todo su apoyo y disposición.

A las secretarias de la Universidad: Herminia, Mariella, Francisca y Giannina, porque pese a todos los problemas que pudiesen tener, siempre fueron capaces de regalarme una sonrisa.

A los amigos y conocidos de Puerto Williams y Punta Arenas: Alejandra Escárate, Danilo Armijo, Hugo Bahamonde y a toda la gente perteneciente a Guanaco's Pub.

A mi hermana y amiga, confidente y partner de mil aventuras. A ti, Jennifer Romero; GRACIAS TOTALES.

RESUMEN

Se estimó el rendimiento en leña en bosques mixtos de lenga-coihue de Magallanes en Isla Navarino, Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Se tipificó y caracterizó la estructura, grado de intervención, existencias actuales y regeneración de bosques vírgenes, floreados, renovales y manejados bajo corta de protección, mediante un inventario silvícola. La estimación de la densidad y daño de la regeneración se realizó en subparcelas al interior de las parcelas de inventario.

Mediante un muestreo destructivo ($n=45$), se elaboró una función local de volumen para estimar las existencias volumétricas brutas y en leña a nivel de árbol y rodal. Además, se obtuvieron los coeficientes de transformación (unidad de leña a volumen bruto) y el rendimiento (%) en la elaboración de tacos y rajones, unidades de comercialización utilizadas localmente en Navarino.

Coihue de Magallanes es la especie dominante en los diferentes tipos de bosques, alcanzando un mayor número de árboles, área basal y existencias por hectárea. Las existencias volumétricas máximas y mínimas se estimaron en bosques vírgenes y renovales, con 640 y 433 m^3/ha , respectivamente.

La densidad máxima de la regeneración, fue observada en bosques vírgenes, con 427.000 plántulas/ha, mientras la densidad mínima se observó en renovales, con 101.000 plántulas/ha, apreciándose en éstos también, el mayor daño provocado por ramoneo, con el 35,6% de las plántulas afectadas.

Se determinó que un taco comercializado en Puerto Williams, corresponde a un cilindro de 36 cm de ancho y 27 cm de largo promedio, y representa un volumen de 0,016 m^3 . Así mismo, un rajón corresponde a un cilindro de 20 cm de ancho y 80 cm de largo promedio, y equivale a 0,007 m^3 . El rendimiento en la obtención de tacos y rajones alcanza al 68,8 y 62,5% del volumen bruto, respectivamente.

La mayor existencia de tacos se estimó en bosques vírgenes, con 28.371 tacos/ha, mientras que en renovales la oferta solo alcanzó 12.674 tacos/ha. En cuanto a rajones,

las mayores existencias se determinaron en renovales, con 19.590 rajones/ha, presentándose las menores en bosques floreados, con sólo 5.221 rajones/ha.

Las mayores existencias potenciales de leña, se estimaron en bosques floreados con el 95,7% del volumen bruto total; secundado por bosques manejados y vírgenes, con 84,5 y 84,3%, respectivamente.

Palabras claves: Dendroenergía, Isla Navarino, Leña, *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus pumilio*.

SUMMARY

The yield of fuelwood in lenga-coihue de Magallanes mixed forests on Navarino Island, Region of Magallanes and Chilean Antarctic was estimated. It was represented and characterized the structure, intervention degree, current stocks and regeneration of virgin, high grading cutting, second growth forest and managed forests under protection cut, through a forestry inventory. The estimation of density and damage of the regeneration it was realized in subplots inside of the inventory plots.

Through a destructive sampling (n=45), a local function of volume was elaborated to estimate the gross volumetric stock and in fuelwood to level of tree and stand. Additionally, were obtained the coefficients of transformation (unit of fuelwood to gross volume) and the yield (%) in the elaboration of tacos and rajones, units of marketing used locally in Navarino.

Coihue de Magallanes is the dominant species in the different types of forests, reaching a major number of trees, area basal and stocks for hectare. The maximum and minimal volumetric stock were estimated in virgins forests and second growth forest, with 640 and 433 m³/ha, respectively.

The maximum density of the regeneration, was observed in forests virgins, with 427.000 plants/ha, while the minimal density was observed in second growth forest, with 101.000 plants/ha, being estimated in these also, the major damage produced for browsing, with 35,6 % of the affected plants.

It was determined that a taco commercialized in Puerto Williams, corresponded to a cylinder of 36 cm of width and 27 cm of length average, and it represents a volume of 0,016 m³. Likewise, a rajón corresponded to a cylinder of 20 cm of width and 80 cm of length average, and is equivalent to 0,007 m³. The yield in the obtaining tacos and rajones reaches 68,8 and 62,5% of the gross volume, respectively.

The major stock of tacos was estimated in forests virgins, with 28.371 tacos/ha, while in second growth forest the offer only reached 12.674 tacos/ha. While for rajones,

the major stock it was determined in second growth forest, with 19.590 rajones/ha, appearing the minors in high grading cutting forests, with only 5.221 rajones/ha.

The major potential stock of fuelwood, were estimated in high grading cutting forests with 95,7% of the gross total volume; followed by managed and virgin forests, with 84,5 and 84,3%, respectively.

Key Words: Wood-Based Energy, Navarino Island, Fuelwood, *Nothofagus betuloides*, *Nothofagus pumilio*.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LAS ESPECIES	3
2.1.1 DISTRIBUCIÓN Y SUPERFICIE	3
2.2. ESTRUCTURA Y DINÁMICA	5
2.2.1 ESTRUCTURA	5
2.2.2 ANTECEDENTES DASOMÉTRICOS.....	6
2.2.3 REGENERACIÓN	7
2.2.4 SILVICULTURA Y MANEJO	8
2.3. USO ENERGÉTICO DE LOS BOSQUES	9
2.3.1 DENDROENERGÍA.....	9
2.3.2 SITUACIÓN DENDROENERGÉTICA A NIVEL NACIONAL.....	11
2.3.3 LEÑA; PRINCIPAL USO ENERGÉTICO DE LOS BOSQUES EN ISLA NAVARINO	13
2.3.3.1 Utilización y extracción histórica de leña.....	13
2.3.3.2 Situación actual.....	14
2.4. ESTIMACIONES DEL VOLUMEN BRUTO Y DE LEÑA	16
2.4.1 GENERALIDADES	16
2.4.2 FUNCIONES DE VOLUMEN PARA COIHUE DE MAGALLANES EN LA REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA.....	16
2.4.3 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE LEÑA	17
3. MATERIAL Y MÉTODO	18
3.1. MATERIAL	18
3.1.1 ZONA DE ESTUDIO.....	18
3.1.1.1 Ubicación Geográfica y Administrativa.....	18
3.1.1.2 Clima	20
3.1.1.3 Suelos	20
3.1.1.4 Bosques naturales	21
3.2. MÉTODO	22
3.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE BOSQUES	22

3.2.2 ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO EN LEÑA.....	24
3.2.3 ESTIMACIÓN DEL LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES DE LEÑA	28
4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	28
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE BOSQUE.....	28
4.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES VÍRGENES.....	29
4.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES FLOREADOS.....	33
4.1.3 CARACTERIZACIÓN DE RENOVALES.....	37
4.1.4 CARACTERIZACIÓN DE BOSQUES MANEJADOS (CORTA DE PROTECCIÓN).....	40
4.2. ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO EN LEÑA.....	44
4.2.1 FUNCIÓN LOCAL PARA ESTIMAR EL VOLUMEN BRUTO.....	44
4.2.2 COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN PARA UNIDADES DE COMERCIALIZACIÓN DE LEÑA	45
4.2.2.1 Tacos	46
4.2.2.2 Rajones.....	48
4.2.3 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN EN LEÑA	52
4.2.3.1 Tacos	53
4.2.3.2 Rajones.....	54
4.3. ESTIMACIÓN DE LAS EXISTENCIAS POTENCIALES DE LEÑA.....	56
5. CONCLUSIONES	58
6. BIBLIOGRAFÍA.....	60
APÉNDICES	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Participación de fuentes energéticas en el consumo final de energía.	12
Figura 2. Ubicación geográfica de Isla Navarino, Región de Magallanes.	19
Figura 3. Tipos de bosques y otras coberturas del suelo en la zona de estudio. Isla Navarino, Región de Magallanes.	29
Figura 4. Aspecto de un bosque virgen en Isla Navarino, Región de Magallanes.	30
Figura 5. Aspecto de un Bosque floreado. Isla Navarino, Región de Magallanes.	34
Figura 6. Renovales de coigue de Magallanes y lenga. Isla Navarino, Región de Magallanes.	37
Figura 7. Bosque manejado. Isla Navarino, Región de Magallanes.	40
Figura 8. Acopio de Tacos a la intemperie. Puerto Williams, Región de Magallanes.	45
Figura 9. Rajones, Colegio municipal de Puerto Williams. Región de Magallanes.	46
Figura 10. Grafico de dispersión de datos (tacos).	46
Figura 11. Histograma de Volumen v/s Frecuencia de observaciones para tacos.	48
Figura 12. Grafico de dispersión de datos (rajones).	49
Figura 13. Histograma de Volumen v/s Frecuencia de observaciones para rajones.	50
Figura 14. Tacos y Rajones obtenidos de los árboles muestreados.	52
Figura 15. Correlación entre tacos y DAP.	53
Figura 16. Correlación entre rajones y DAP.	55
Figura 19. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie coihue de Magallanes con corteza.	69

Figura 20. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie coihue de Magallanes con corteza.....	70
Figura 21. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie coihue de Magallanes sin corteza.....	70
Figura 22. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie coihue de Magallanes sin corteza.....	70
Figura 23. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie lenga con corteza.	71
Figura 24. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie lenga con corteza.	71
Figura 25. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie lenga sin corteza.	71
Figura 26. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie lenga sin corteza.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Superficie de bosques por Tipo Forestal y relación SNASPE.....	4
Cuadro 2. Funciones analizadas para el ajuste de regresión.....	25
Cuadro 3. Tabla de rodal, área basal y existencias para Bosques vírgenes.	30
Cuadro 4. Densidad por categoría de altura de regeneración en Bosques vírgenes.	32
Cuadro 5. Tabla de rodal, área basal y existencias para Bosques floreados.	34
Cuadro 6. Densidad por categoría de altura de regeneración en Bosques floreados.	36
Cuadro 7. Tabla de rodal, área basal y existencias para Renovales.	38
Cuadro 8. Densidad por categoría de altura de la regeneración en Renovales.	39
Cuadro 9. Tabla de rodal, área basal y existencias para Bosques manejados.	41
Cuadro 10. Densidad por categoría de altura de regeneración en Bosques manejados. .	42
Cuadro 11. Resultados del ajuste de volumen total con y sin corteza por especie.	44
Cuadro 12. Dimensiones de los tacos comercializados (n= 200).....	47
Cuadro 13. Dimensiones de los rajones comercializados (n= 200)	49
Cuadro 14. Dimensiones y coeficientes de transformación de productos.....	51
Cuadro 15. Rendimientos volumétricos promedio por tipo de producto.....	53
Cuadro 16. Resultados del ajuste de volumen para Tacos.	54
Cuadro 17. Promedio de rajones según rangos de clases diamétricas.	55
Cuadro 18. Existencias volumétricas potenciales de leña por producto.	56
Cuadro 19. Cantidad total de productos por tipo de bosque y clase diamétrica.	57

Cuadro 20. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (coigue de Magallanes con corteza).....	68
Cuadro 21. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (coigue de Magallanes sin corteza).....	68
Cuadro 22. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (lenga con corteza).	69
Cuadro 23. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (lenga sin corteza).	69
Cuadro 24. Resultados del ajuste para la obtención del volumen en leña (Tacos).....	72

1. INTRODUCCIÓN

En la Región de Magallanes, la utilización económica del bosque nativo se ha centrado principalmente en especies como lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. et Endl.) Krasser) y coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirbel) Oerst), dada su disponibilidad y calidad. Sin embargo, en la mayoría de los casos, los criterios de extracción utilizados han contribuido a la degradación de los bosques de la Región. Tal situación se ve reflejada en la Isla Navarino, donde dichas especies conforman bosques mixtos de producción, constituyendo los tipos forestales más abundantes. Pese a ello, su aprovechamiento se realiza en pequeña escala y limitado esencialmente a la producción de leña para satisfacer los requerimientos energéticos de las viviendas locales.

Actualmente en la Isla Navarino, la explotación de los bosques se encuentra normada por planes de manejo aprobados por CONAF, sin embargo, no se conocen con exactitud la productividad y rendimientos de los bosques, hecho que unido a prácticas de extracción inadecuadas, impiden una utilización sostenible del recurso, provocando un escaso control sobre la oferta de madera aserrada y leña. Todo esto repercute en una fuerte presión para cosechar nuevas áreas de bosques no intervenidos y así, paliar la escasez de leña que se evidencia año tras año, especialmente durante la temporada invernal.

El conocer la productividad y rendimiento potencial de estos bosques para la producción de leña, permitirían regular la cantidad y calidad de la oferta disponible de madera para usos energéticos a través de un manejo integrado, otorgando beneficios directos, tanto a oferentes como a demandantes del recurso.

En virtud de lo anterior, en esta memoria se estima el rendimiento en leña en bosques mixtos de lenga-coihue de Magallanes en Isla Navarino (Región de Magallanes y la Antártica Chilena), con el fin de aportar antecedentes para un uso energético sustentable de éstos.

Los objetivos de la presente memoria son:

Objetivo general

Estimar el rendimiento de leña en bosques mixtos de lenga-coihue de Magallanes en Isla Navarino, Región de Magallanes y la Antártica Chilena.

Objetivos específicos

- Caracterizar las diferentes estructuras de los bosques naturales de lenga-coihue de Magallanes, en relación a su grado de intervención, existencias actuales y regeneración.
- Estimar el rendimiento volumétrico en leña, para individuos de coihue de Magallanes y lenga
- Estimar los rendimientos potenciales de leña de las diferentes estructuras de bosques caracterizadas.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. ANTECEDENTES GENERALES DE LAS ESPECIES

2.1.1 DISTRIBUCIÓN Y SUPERFICIE

Lenga y coihue de Magallanes son especies endémicas de Chile y Argentina, y presentan un amplio rango de distribución a lo largo del país. *N. pumilio* presenta una extensa distribución geográfica y se encuentra en los distintos bosques de los Andes australes. Su distribución abarca desde los 35° 35`S, por el sector chileno occidental de la Cordillera de los Andes, hasta el extremo austral del continente a los 56° S (Donoso, 1993).

Por su parte, *N. betuloides* presenta también una amplia distribución geográfica, pero fundamentalmente concentrada en las zonas australes, al sur de los 48° S, tanto en Chile como en Argentina. Su distribución comienza aproximadamente en los 40° 30`, en la Cordillera Pelada de la Cordillera de la Costa y en la localidad de Licán por la Cordillera de los Andes, extendiéndose por el Sur hasta los 56° en el extremo austral del continente (Donoso, 1981).

Lenga como tipo forestal, ocupa una superficie del orden de 3.391.552 ha, correspondiente al 25,3% del total nacional de bosque nativo. En la Región de Magallanes, se estima una superficie total de 1.124.564 ha, con el 42,8% del total regional de bosques nativos (CONAF/CONAMA/BIRF, 1999).

Coihue de Magallanes como tipo forestal, representa el 13,4% del total de bosque nativo, abarcando una superficie a nivel nacional, cercana a las 1.793.097 ha (CONAF/CONAMA/BIRF, 1999). En la Región de Magallanes, aproximadamente 1.399.958 ha corresponden a bosques con coihue de Magallanes, de los cuales el 36% (491.300 ha) son bosques clasificados como productivos, el 24% (317.321 ha) como bosques de protección y el 40% (547.090 ha) como bosques de preservación. Dentro de los bosques productivos, el 65% (320.632 ha) corresponden a bosques mixtos asociados a lenga y el 35% restante (170.668 ha) a bosques puros (Ibarra *et al.*, 2007).

En el Cuadro Nº 1, se presenta la superficie por tipo forestal de la Región de Magallanes y aquella que se encuentra bajo protección del Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) (CONAF/CONAMA/BIRF, 1999).

Cuadro 1. Superficie de bosques por Tipo Forestal y relación SNASPE.

Tipo Forestal	Superficie regional (ha)	Total regional %	SNASPE a nivel regional (ha)	Total SNASPE regional %
Lenga	1.124.563,8	42,8	105.380,0	9,4
Coihue de Magallanes	1.031.959,0	39,4	680.615,0	66,0
Ciprés de las Guaitecas	418.313,0	15,9	299.436,0	71,6
Siempreverde	50.633,0	1,9	50.633,0	100,0
Total	2.625.468,8	100,0	1.136.064,0	43,3

Antecedentes más específicos señalan que en la Provincia de Antártica Chilena, existen 137.635 ha de bosques, los cuales representan el 5,2% del total regional, concentrándose en su totalidad en la Comuna de Cabo de Hornos (Isla Navarino, Cabo de Hornos y sus islas adyacentes). En ésta Provincia, el 63,4% del total de bosque nativo corresponde al tipo forestal Coihue de Magallanes y el 36,5% a Lenga. Ambos tipos forestales se concentran en la estructura Bosque Adulto con el 55,4% y el 76,6% respectivamente (CONAF/CONAMA/BIRF, 1999).

2.2. ESTRUCTURA Y DINÁMICA

2.2.1 ESTRUCTURA

En general, el bosque puro de lenga se presenta en forma de mosaico de bosquetes de estructura coetánea de tamaño variable, producto de una combinación de factores alogénicos y autogénicos como son los distintos sitios y fases de desarrollo (Álvarez y Grosse, 1978; Pesutic, 1978; Schmidt y Urzúa, 1982).

Según Veblen *et al.* (1997), la estructura aparentemente coetánea de muchos bosques de *N. pumilio* es generalmente atribuida a caídas de dosel de rodales completos por efecto de tormentas de viento, las cuales son importantes perturbaciones en estos bosques, debido a sus sistemas radiculares superficiales. No obstante, en zonas con mejores condiciones ecológicas, el bosque se encuentra constituido por árboles pertenecientes a tres o cuatro grupos de edades, que ocupan simultáneamente el estrato superior, agregándose sectores en que surge la regeneración formando un segundo estrato. Estos bosques tienen un carácter multietáneo por bosquetes.

Con respecto a los bosques mixtos de *N. pumilio* y *N. betuloides*, Uriarte y Grosse (1991) sostienen que son bosques multietáneos formados por bosquetes coetáneos, donde la participación relativa de coihue dependerá del grado de transición hacia el Tipo Forestal Coihue de Magallanes.

En un estudio realizado a bosques vírgenes en Río Cóndor, Tierra del Fuego, Región de Magallanes, Schmidt (1990) señala la singularidad de coihue de Magallanes de formar bosques puros en altos de laderas y cumbres. Estos se presentan como bosquetes con fases de desarrollo bien diferenciadas, correspondientes a desmoronamiento con regeneración, desmoronamiento con crecimiento óptimo y desmoronamiento con envejecimiento.

En la Región de Magallanes y la Antártica Chilena, los bosques de lenga y coihue de Magallanes se presentan en forma de mosaico de rodales de diferentes estructuras, debido a las distintas fases de desarrollo, los distintos sitios en que crece y a la intensidad de las intervenciones realizadas en el pasado, principalmente a la extracción selectiva de

individuos o floreo (Veblen *et al.*, 1997). También se indica que esta estructura espacial es el resultado de la capacidad de estas especies para regenerar en claros formados por la caída de individuos maduros del dosel superior, así como también en respuesta a perturbaciones de gran escala, debido principalmente a tormentas de viento que producen caídas individuales o masivas de árboles. La mayoría de los rodales maduros de *N. pumilio*-*N. betuloides* muestran evidencias de perturbaciones por viento. Frecuentemente, más del 10% de la superficie de estos bosques está ocupada por claros originados por caídas de árboles (Veblen *et al.*, 1997).

Según Schleger *et al.* (1979) y Veblen, *et al.* (1997), en el extremo sur de la Patagonia continental (Región de Aysén) y en Tierra del Fuego, *N. betuloides* es más tolerante a la sombra que *N. pumilio*; y es más abundante en pequeños claros. Sin embargo, Veblen, *et al.* (1997) menciona que la generación de claros produce la liberación de individuos de ambas especies, de manera que ambas dominan el dosel principal. En consecuencia, la regeneración bajo un régimen de pequeños claros permite la codominancia de lenga y coihue de Magallanes.

2.2.2 ANTECEDENTES DASOMÉTRICOS

Según estudios desarrollados por Pesutic (1978), en un bosque mixto de lenga y coihue de Magallanes en la Región de Magallanes, la densidad encontrada varió entre los 466 a 563 individuos por hectárea, con áreas basales entre los 59 y 79 m²/ha, y volúmenes brutos del orden de los 360 a 470 m³/ha.

Para la misma Región, Schmidt *et al.* (2003), determinaron para un bosque mixto de lenga-coihue de Magallanes ubicado en San Lucas (Provincia de Última Esperanza), valores originales de densidad de 764 árb/ha, un área basal de 63 m²/ha y un volumen de 612 m³/ha. Del mismo modo, un bosque de similares condiciones al estudio anterior, ubicado en Skyring (Provincia de Magallanes) entregó valores de 592 árb/ha, presentando una disminución con respecto al estudio anterior. Por otro lado, las variables área basal y

volumen, también presentaron una disminución en sus valores finales, alcanzando los 58 m²/ha y 525 m³/ha respectivamente.

En otros estudios desarrollados en la Provincia de Última Esperanza, para un bosque mixto y sin intervenciones, se observaron densidades de 450 árboles/ha, un área basal estimada de 53 m²/ha y un volumen bruto correspondiente a 492 m³/ha, observando que el volumen promedio aumenta a medida que mejora la calidad del sitio, bosque que luego de ser sometido a una corta de regeneración, registró una densidad de 63 árboles/ha, un área basal de 11 m²/ha y un volumen bruto de 107 m³/ha, (Niemeyer, 2005).

En particular para la Isla Navarino, pocos han sido los antecedentes recopilados referentes a las variables dasométricas de sus bosques. Sin embargo, se puede mencionar el estudio silvoagropecuario realizado por la Universidad Austral de Chile, en el cual se mencionan valores de densidad del orden de los 505 a 886 árb/ha, con áreas basales entre los 37 y 63 m²/ha y un volumen bruto variable entre 245 y 400 m³/ha, todos antecedentes referidos a bosques con potencial productivo y sin intervención humana (UACH, 1987).

2.2.3 REGENERACIÓN

Debido a la dinámica natural de la lenga y del coihue de Magallanes, el establecimiento de la regeneración se produce sin mayores dificultades, encontrándose generalmente por sobre las 100.000 plantas/ha. A pesar de esto, el éxito en el establecimiento de la regeneración varía en función de la humedad, protección contra el viento, fase de desarrollo y principalmente la cantidad de luz que recibe (Schmidt y Urzúa, 1982). A medida que la disponibilidad de luz aumenta, la posibilidad de sobrevivencia en el tiempo se acrecienta. Pese a ello, existe un punto de saturación de luz donde una mayor luminosidad no produce mayores crecimientos, e incluso éstos pueden declinar (Neira, 2004).

En bosques mixtos de la Región de Magallanes, se estableció que la cobertura de la regeneración muestra una alta variabilidad, debido a las diferentes intensidades de luz solar que origina la heterogeneidad de la cobertura de copas y que condiciona el establecimiento de regeneración. El mismo estudio señala que en bosques vírgenes, la cobertura de la regeneración es mayor a la cobertura registrada en bosques intervenidos, encontrando valores del orden de 24,6 y 22,4% respectivamente (Cruz *et al.*, 2006). Para estos mismos bosques mixtos, Pesutic (1978) señala, que existe un buen establecimiento para la regeneración de lenga, pero escaso para coihue de Magallanes. Validando esta aseveración, en la Región de Aysén, Schleger *et al.* (1979) encontraron 144.680 plantas de *N. pumilio* y sólo 6.330 de *N. betuloides* por hectárea.

La regeneración es normalmente buena en los bosques mixtos de lenga y coihue de Magallanes, especialmente en aquellos intervenidos mediante el sistema silvícola de cortas de protección. La densidad de la regeneración encontrada por Garfias (2005) en un rodal de la Provincia de Última Esperanza, fue de 89.200 plantas/ha, de las cuales el 92% correspondieron a lenga.

2.2.4 SILVICULTURA Y MANEJO

Según el Decreto Supremo N° 259 de 1980, del Decreto Ley N° 701 de 1974 de fomento forestal, los Tipos Forestales Lenga y Coihue de Magallanes, pueden ser explotados mediante los métodos de corta de protección y corta selectiva (CONAF, 1980).

La corta de protección es la explotación gradual del rodal en una serie de cortas parciales para dar origen a un rodal coetáneo a través de regeneración natural, la cual se inicia bajo la protección del antiguo rodal. Mientras que la corta selectiva comprende la extracción individual de árboles o de pequeños grupos en una superficie no superior a 0,3 hectáreas, debiendo mantenerse en este caso una faja boscosa alrededor de lo cortado de, a lo menos, 50 metros (CONAF, 1980).

Schmidt y Urzúa (1982), plantean como formas de intervención para los bosques de lenga las cortas de explotación y regeneración, y las de raleo y mejoramiento, dependiendo de la fase de desarrollo en que se encuentre el bosque:

- Cortas de explotación y regeneración: El bosque futuro se desarrolla a partir de la regeneración existente al momento de la explotación o a partir de la semillación producida por los individuos del dosel de protección.
- Cortas de raleo y mejoramiento: Se aprovecha la regeneración avanzada existente en forma de latizal, mejorándose las características futuras de los individuos mediante una disminución en la competencia, especialmente por luz.

Las intervenciones mencionadas anteriormente, generan un aumento en la calidad y cantidad de la madera en el bosque futuro, además de acortarse el ciclo natural aproximadamente de 250 años a 120 años (Schmidt y Caldentey, 1994).

2.3. USO ENERGÉTICO DE LOS BOSQUES

2.3.1 DENDROENERGÍA

Una de las alternativas que cada día adquiere mayor importancia en sectores rurales, es la denominada “dendroenergía” o energía forestal, la cual corresponde a toda aquella energía obtenida a partir de biocombustibles sólidos, líquidos y gaseosos primarios y secundarios derivados de los bosques, árboles y otra vegetación de terrenos forestales (FAO, 2001). Esta fuente de energía, tiene gran importancia en el desarrollo de comunidades rurales (Scherpenisse, 1986).

Según la base de su origen, los dendrocombustibles están conformados por cuatro grupos: leña, carbón vegetal, licor negro y otros (FAO, 2001). Estos se definen como:

- **Leña:** Incluye la madera en bruto en piezas pequeñas, astillas, pellets y polvo derivados de los bosques y árboles aislados, así como los subproductos de la

industria de la madera y los productos leñosos recuperados. Éstos conservan la estructura original básica de la madera y se pueden utilizar directamente o después de haber sido transformados en otro combustible de madera como el carbón vegetal. Cuando es necesario, la leña se puede transformar en productos más pequeños, como astillas y pellets, sin necesidad de realizar transformaciones físico-químicas importantes (Coviello, 2003)

- **Carbón Vegetal:** Residuo sólido derivado de la carbonización, destilación, pirólisis y torrefacción de la madera (troncos y ramas) y subproductos de la madera, utilizando sistemas continuos o discontinuos como hornos de pozo, ladrillo y metal (FAO, 2001).
- **Licor Negro:** Licor alcalino obtenido de los digestores empleados para producir pasta al sulfato o a la soda durante el proceso de producción de papel, en el que el contenido de energía procede principalmente del contenido de lignina extraído de la madera en el proceso de elaboración de la pasta (FAO, 2001).
- **Otros Combustibles:** Combustibles líquidos y gaseosos derivados de la leña y el carbón vegetal en general, mediante procesos pirolíticos o enzimáticos, como gases de pirólisis, etanol y metanol (FAO, 2001).

Según las definiciones anteriores, la leña aparece como una alternativa, tanto técnica como económicamente viable para proporcionar energía. El consumo de leña, permite el uso masivo por la población, abarcando todos los estratos socioeconómicos, debido a que la infraestructura necesaria para ello, puede variar de lo simple (brasero) a lo complejo (estufas de combustión controlada) (Scherpenisse, 1986).

En cuanto a su utilización como combustible, según Scherpenisse (1986), la leña presenta una serie de ventajas asociadas a su uso directo, entre las que destacan:

- Es actualmente el combustible más económico no solo por unidad de peso, sino que también, al comparar en unidades de calor.
- Su utilización no requiere especialización.
- Es fácil de transportar, ya que no necesita un tratamiento complejo o sofisticado.

- Su almacenaje no necesita bodegas, con bajo porcentaje de deterioro asociado.
- Es un recurso renovable, si se maneja de manera sustentable.
- La contaminación es menor que en el uso de combustibles fósiles.
- Se otorgan posibilidades de desarrollo a las comunidades rurales.

Sin embargo, el mismo autor señala también algunas desventajas en el uso de la leña, resaltando los siguientes puntos:

- Su uso requiere de grandes áreas para su obtención.
- Se requiere de gran cantidad de mano de obra.
- Los residuos de su utilización son altos, lo que implica un mantenimiento constante de los artefactos utilizados.
- Se necesita gran superficie de almacenaje, una vez extraída del bosque.
- Presenta gran contenido de humedad, siendo la energía equivalente de la madera verde menos de la mitad que la contenida en la madera seca.

2.3.2 SITUACIÓN DENDROENERGÉTICA A NIVEL NACIONAL

Según FAO (1981), la energía constituye un elemento indispensable para el desarrollo de cualquier país. Bajo este punto de vista, dicho organismo en su estudio sobre la situación en materia de leña en los países en desarrollo, clasificó a Chile en tres zonas de acuerdo a la disponibilidad de leña y su consumo. La primera zona corresponde al extremo norte del país, la que se encuentra clasificada como zona desértica, con escasez aguda de recursos de leña y población exigua. Una segunda zona corresponde a la porción centro-sur del país que, según FAO, se encuentra en una crisis en cuanto a disponibilidad de leña. La última zona, corresponde al extremo sur, la cual presenta una situación satisfactoria, en donde los recursos leñosos disponibles son muy superiores a los niveles actuales de demanda.

La leña es un producto de bajo valor y su utilización actual dista mucho del potencial existente en los bosques naturales de Chile, en donde su uso a nivel industrial se ve limitado principalmente por la necesaria aplicación de técnicas silvícolas que

mejoren, a largo plazo, la condición productiva de nuestros bosques. Tal situación, limita la producción a la simple obtención de leña como fuente primaria de energía y sustento a nivel residencial, principalmente en zonas rurales y apartadas del país (Schmidt, 1991).

En Chile, el consumo de leña ha estado estrechamente relacionado con el crecimiento económico sostenido que ha tenido en los últimos años. De esta forma, se estima que en la actualidad, el país consume cerca de 12 millones de m³ de leña al año, de los cuales 8 millones provienen de especies nativas (Reyes, 2004).

Según estimaciones de la Comisión Nacional de Energía (CNE), la participación de la leña en el consumo final a nivel nacional, como fuente de energía, representa el 16% del total de diferentes fuentes energéticas utilizadas en el país (CNE, 2005), tal y como lo grafica la Figura 1.

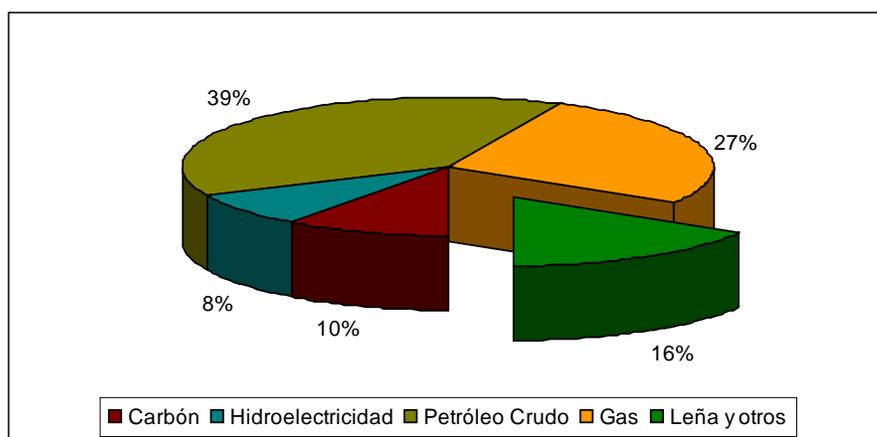


Figura 1. Participación de fuentes energéticas en el consumo final de energía.

Según Reyes (2004), la leña es la tercera fuente más importante de energía, luego del petróleo y el gas en Chile, aportando aproximadamente el 17% de la energía primaria. El negocio de la leña genera aproximadamente 115 mil millones de pesos al año y proporciona empleo a unas 60 mil personas, principalmente desde la Región del Libertador Bernardo O`Higgins hacia el sur.

En la actualidad, los usos de biomasa con fines energéticos corresponden principalmente a producción de gas, energía calórica (térmica) y energía eléctrica (CNE, 2007). Su utilización a nivel industrial es baja, obedeciendo principalmente a limitaciones de tipo tecnológicas y económicas (Rodríguez *et al.*, 2005). Dichas restricciones, influyen directamente en la comercialización de leña en el país, el cual es un proceso no normalizado desde el punto de vista de las dimensiones de sus unidades de venta y contenido de humedad final, siendo una actividad asociada a pequeños productores quienes asumen esta labor a modo de subsistencia, por lo que no cuentan con la capacitación necesaria para realizar un manejo adecuado. Además, los canales de comercialización utilizados son bastante diferentes, según se trate de leña para la producción de energía a nivel industrial o para el simple consumo a nivel domiciliario o residencial (Reyes, 2000).

Dado lo anterior, es que actualmente se está implementando el Primer Sistema Nacional de Certificación de Leña, de carácter público-privado y voluntario, cuyo objetivo es formalizar el mercado de la leña y asegurar la entrega de producto diferenciado a los consumidores. Para lograr la certificación, debe cumplirse con ciertos requisitos relativos a legislación, además de considerar que la leña no puede contener químicos ni otros elementos, y el cumplimiento de normas sanitarias en cuanto a control de plagas, origen, calidad y servicio al consumidor (AIFBN, 2006).

2.3.3 LEÑA; PRINCIPAL USO ENERGÉTICO DE LOS BOSQUES EN ISLA NAVARINO

2.3.3.1 Utilización y extracción histórica de leña

Los nativos y primeros colonos de la Isla Navarino, utilizaban la leña como única fuente de energía para su vida cotidiana. Más tarde, y con el desarrollo de nuevas tecnología, se usaría en calderas de tipo industrial, acondicionadas para lograr una mayor productividad. Puerto Williams, principal poblado de la Isla Navarino, inicialmente satisfacía sus necesidades de calefacción mediante petróleo, época en la que vivían casi exclusivamente familias navales. Hacia los años 70, la población naval comenzó a utilizar dendroenergía, primero en forma de aserrín y luego como leña, recursos que eran

proveídos por el aserradero que poseía la Armada, el cual se mantuvo en funcionamiento hasta el año 2000 (¹).

Hacia 1980, esta fuente de energía era muy poco empleada, observándose que solo una empresa pesquera y unos pocos particulares la utilizaban como fuente energética. Esta situación es explicada por un importante reemplazo de este combustible por gas, petróleo o kerosene, a comienzo del decenio de 1970, en una época en que estos combustibles estaban fuertemente subsidiados por el Estado. Este escenario volvería a revertirse lentamente tras la crisis energética de 1975, que cambió el cuadro de los costos de la energía a nivel mundial (CONAF, 1981).

2.3.3.2 Situación actual

Los recursos forestales de Isla Navarino, constituyen una fuente muy importante de energía de carácter renovable. La leña es un producto de alto impacto social, siendo la explotación primaria para los habitantes del sector, la principal fuente de energía para su vida cotidiana. Son generalmente pequeños productores quienes se dedican a este rubro, teniendo una baja productividad asociada principalmente a la precariedad de las labores extractivas, razón por la cual muchos bosques son degradados para subsistir cada temporada (CONAF, 1981).

Los recursos forestales en Isla Navarino, son destinados en casi su totalidad para la producción de leña, la cual se comercializa principalmente por unidades, tanto en tacos como en rajones (²). En conjunto ambos productos representan el 98,6% del volumen total de madera transada, en donde el consumo total anual de leña corresponde

¹ Sr. José Soto Passek. Alcalde Municipalidad de Cabo de Hornos (Comunicación personal, 2005).

² Taco: Corresponde a la unidad básica de comercialización de la leña a nivel residencial en Isla Navarino. Rajón: Unidad secundaria de comercialización de la leña. Su demanda es mayor en el sector industrial.

aproximadamente a 14.875 m³ sólidos ⁽³⁾. El uso casi exclusivo de estos bosques para la obtención de leña, se debe principalmente a los bajos rendimientos y escaso conocimiento de los bosques, situación que se ve acentuada por la inexistencia de un aserradero que funcione de manera continua, además de la alta demanda de la población por calefacción a partir de leña (Duhalde, 2002).

Si bien la cosecha se realiza de acuerdo a un Plan de Manejo autorizado por CONAF, las faenas de extracción no se efectúan en forma ordenada y coordinada por quienes trabajan en la explotación, de modo que se asegure un abastecimiento permanente para la comunidad. La cosecha inadecuada genera una oferta de leña muy variable en el tiempo, lo que se traduce también en una explotación poco racional de los recursos, generando extensas zonas intervenidas bajo el floreo (Duhalde, 2002).

La producción de leña exhibe un auge en la isla, presentándose como una alternativa económica a los actuales combustibles sustitutos de ella, como el gas, petróleo y la energía eléctrica. Esto cobra importancia si se considera la importante reserva de bosques en la Isla Navarino, situados principalmente en la costa norte de ésta y en la cadena montañosa de los Dientes de Navarino. Se estima que existe un volumen total de madera comercialmente aprovechable, que asciende a casi 3 millones de pulgadas (aproximadamente 70.800 m³), correspondiente a las especies lenga y coigue de Magallanes (UACH, 1987). Parte de este volumen, principalmente aquel no aserrable y desechos, podrían aprovecharse con fines energéticos de manera sustentable.

Lo anteriormente señalado, demuestra la potencialidad de la zona, al contar con recursos de leña abundantes, los cuales de utilizarse de manera sostenible y ambientalmente armoniosa, permitirían cumplir con dos objetivos principales; abastecer de leña y entregar servicios ambientales de vital importancia, como protección de ambientes, paisajismo y turismo, entre otros (CONAF, 1981).

³ Srta. Jennifer Romero. Cuantificación, caracterización y análisis de la comercialización de leña en Puerto William, Isla Navarino, XII Región. Sin fecha; No publicado.

2.4. ESTIMACIONES DEL VOLUMEN BRUTO Y DE LEÑA

2.4.1 GENERALIDADES

La expresión básica de cuantía de madera más empleada es el volumen, ya sea de árboles o productos forestales madereros. Las mediciones para cubicar un árbol en particular son muy costosas y lentas, por ello resulta más adecuado estimar el volumen indirectamente a través de variables predictoras como el DAP y altura. Estas formas de estimación, son aquellas relaciones comúnmente denominadas funciones de volumen (Drake *et al.*, 2003).

Las funciones de volumen se pueden agrupar en funciones de árboles individuales, funciones agregadas y funciones locales parametrizadas. Dentro de las funciones de árboles individuales, es posible observar la existencia de funciones locales y generales de volumen, siendo estas últimas, aquellas que relacionan las variables predictoras DAP y altura (Drake *et al.*, 2003). Las funciones agregadas entregan el volumen de un rodal directamente a partir de variables independientes relacionadas con éste, como área basal por hectárea, número de árboles por hectárea, altura dominante, forma u otras. Finalmente, las funciones parametrizadas son una mezcla entre las de árboles individuales y las agregadas y entregan el volumen de un árbol a partir de variables relacionadas tanto con el rodal, como con los árboles que lo componen (Drake *et al.*, 2003).

2.4.2 FUNCIONES DE VOLUMEN PARA COIHUE DE MAGALLANES EN LA REGIÓN DE MAGALLANES Y ANTÁRTICA CHILENA

Se han realizado distintas funciones de volumen, tanto locales como generales, en la Región de Magallanes, entre las que destacan la realizada por Schmidt (1990) en su estudio sobre antecedentes silvícolas para los bosques de lenga y coihue de Magallanes sector Río Cóndor, Tierra del Fuego, quien utilizó un tamaño muestral de 63 árboles para

el análisis volumétrico, discriminando por fase de desarrollo y clase diamétrica. Por su parte, Magni (1995), utilizó 50 individuos de coihue de Magallanes, para un estudio sobre acumulación de biomasa y nutrientes en un bosque mixto, en el sector de Skyring.

Schmidt *et al.* (1996), en renovales de coihue de Magallanes en el sector de San Juan, desarrollaron 2 funciones de volumen locales, las que consideran el volumen bruto con y sin corteza, considerando además la altura media por clase diamétrica. También en Río Cóndor, Núñez y Salas (2000), utilizaron 120 individuos de coihue de Magallanes, para el desarrollo de funciones de volumen local.

Por otra parte, Promis *et al.* (2005), para un estudio realizado en bosques Patagónicos de la Región de Magallanes, determinaron el volumen total utilizando el DAP y la altura, muestra que consideró un tamaño muestral de 154 individuos de coihue de Magallanes. En dicha publicación, los autores señalan que las funciones de volumen de mayor aplicabilidad, son aquellas que solo consideran la variable DAP como predictora, lo que se traduce en una mayor flexibilidad a la hora de tomar los datos en los inventarios forestales.

2.4.3 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE LEÑA

Una serie de aproximaciones han sido desarrolladas para obtener conversiones de volumen a unidades de leña. INFOR (1993), indica que 1 metro estéreo de leña, equivale a 0,4576 m³. Sin embargo, este estudio solo considera localidades hasta la Región de Los Lagos, remitiéndose exclusivamente al estudio de especies pertenecientes al tipo forestal esclerófilo y/o plantaciones exóticas, excluyendo de sus análisis a lenga y coihue de Magallanes.

Respecto a la obtención del volumen de leña, para las especies lenga y coihue de Magallanes, aún no se han realizado estudios específicos. Solo se han efectuado estimaciones globales respecto al rendimiento de leña y cálculo de factores de conversión generales, como lo fue el estudio desarrollado por CONAF (1978), en la Región de

Magallanes. En este estudio se estimó que un rajón es una pieza de madera de aproximadamente $0,0692 \text{ m}^3$, con diámetros cercanos a 8 pulgadas y largos variables entre los 3,5 y 7 pies; dimensiones similares a las observadas en la Isla Navarino, para el mismo tipo de producto (CONAF, 1981).

Otra aproximación a la estimación del volumen de leña, corresponde a la realizada por Jiménez (4), quien durante su trabajo de campo en Isla Navarino, estimó que la demanda anual de tacos correspondiente a 900.000 unidades, equivalentes a un volumen de 8.730 m^3 . Información de la que se desprende que un taco de leña posee un volumen estimado en $0,0097 \text{ m}^3$.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. MATERIAL

3.1.1 ZONA DE ESTUDIO

3.1.1.1 Ubicación Geográfica y Administrativa

La zona de estudio se ubica en la parte Norte de la Isla Navarino, entre las coordenadas geográficas $54^{\circ}55'$ a $55^{\circ}20'$ latitud Sur y $67^{\circ}00'$ a $68^{\circ}20'$ longitud Oeste.

Geográficamente, la Isla Navarino se ubica entre la Isla de Tierra del Fuego, por el norte, y el Cabo de Hornos, por el sur (Figura 2). Isla Navarino pertenece a la región de los archipiélagos, ubicada al occidente de los Andes Patagónicos. Administrativamente, forma parte de la Comuna de Cabo de Hornos, perteneciendo a la Provincia de la Antártica Chilena, de la Región de Magallanes y Antártica Chilena.

⁴ Sr. Enrique Jiménez. Informe de actividades, trabajo de campo en Isla Navarino. Sin fecha; No publicado. 5 p.

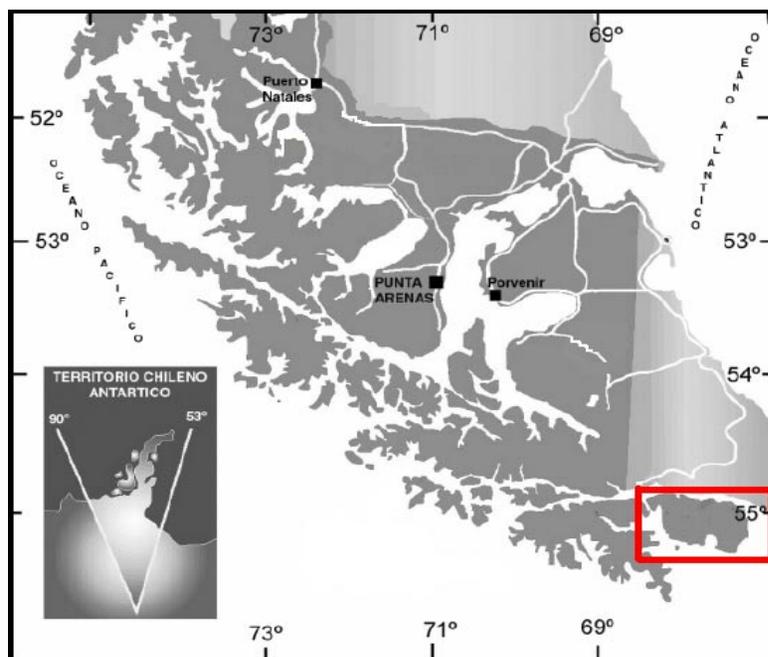


Figura 2. Ubicación geográfica de Isla Navarino, Región de Magallanes.

La Isla Navarino, tiene una superficie de 253.422 ha, incluyendo las pequeñas islas alrededor de Puerto Navarino (UACH, 1987). Su población se concentra en localidades costeras como Puerto Williams (capital comunal) con un total de 1.952 habitantes, correspondiente al 95% de la población y un total de 561 viviendas, cifras que incluyen al personal de la Armada de Chile y sus familiares (INE, 2005). En esta misma localidad, se establecen aproximadamente 70 personas pertenecientes a la comunidad indígena Yagán (Rozzi *et al.*, 2004; citado por Cortés, 2006). El resto de la población, habita en pequeños poblados como Puerto Navarino, Caleta Eugenia, Yendegaia y Puerto Toro; esta última con sólo 36 habitantes (INE, 2005). Existe además una población flotante estimada en 400 personas ⁽⁵⁾, correspondiente a trabajadores de las industrias pesqueras, que viven en Puerto Williams entre Marzo y Septiembre de cada año.

⁵ Sr. Carlos Bello. Funcionario Pesquera CIDEPEs, Puerto Williams (Comunicación personal, 2005).

3.1.1.2 Clima

Según la clasificación de Köppen, el clima de Puerto Williams y la Isla Navarino corresponde al Clima Transandino con Degeneración Esteparia o tipo Dfk'c (Henríquez, 2004), el cual se caracteriza por presentar parte de sus precipitaciones invernales en forma de nieve, por carecer de una estación seca, y donde se presenta un verano levemente más lluvioso que el otoño. Las temperaturas medias anuales, en la parte más septentrional, fluctúan entre los 5 y 7°C. Por la alta influencia oceánica, las temperaturas medias mensuales son muy homogéneas, determinando una diferencia de sólo 4°C entre el mes más cálido y el más frío (Dirección Meteorológica de Chile, 2005).

Antecedentes locales sobre precipitación, entregados por la Dirección General de Aguas (D.G.A.), indican que los montos medios anuales en la franja costera, se aproximan a los 550 mm. Estas precipitaciones fluctúan fuertemente de acuerdo a la orografía del lugar y principalmente a la altitud de los diferentes sitios. En ubicaciones muy altas, es corriente ver zonas cubiertas por nieve hasta muy avanzado el verano (UACH, 1987).

3.1.1.3 Suelos

Navarino presenta suelos del tipo molisoles, originados principalmente por las bajas temperaturas a las cuales están sometidos, además de las escasas precipitaciones anuales. Lo anterior, sumado a la presencia de bosques higrófitos con vegetación de tipo estepa, genera condiciones especiales para el proceso de pedogénesis del suelo. Además, es posible apreciar altos valores de calcio debido al bajo movimiento de las aguas, profundidad media a baja, substrato arcilloso (que genera problemas de drenaje) y texturas gruesas a medianas (ARCADIS, 2005).

Dadas las condiciones climáticas extremas, resultan series de suelos turbosos marcadamente intemperizados y con una lixiviación de bases. Las bajas temperaturas y su escaso rango de oscilación, retardan los procesos de humificación, por lo que se producen acumulaciones de materia orgánica a través de todo su perfil, situación que se acentúa de norte a sur (UACH, 1987).

3.1.1.4 Bosques naturales

Según la clasificación de Gajardo (1994), la vegetación natural de la Isla Navarino corresponde al Bosque Siempreverde y Matorral Turboso, perteneciente a la Sub-Región del Bosque Siempreverde Micrófilo de la Región del Bosque Siempreverde y las Turberas, constituido por formaciones boscosas de reducida extensión, en un paisaje principalmente de matorral turboso y de superficies rocosas descubiertas.

La vegetación, según Pisano (1977), corresponde a Bosque Magallánico Deciduo, cuyas especies características son lenga (*N. pumilio*), en asociación con ñirre (*Nothofagus antarctica*) en los sitios más secos; coihue de Magallanes (*N. betuloides*) en los sitios más húmedos, y algunas comunidades arbustivas y Tundra Magallánica en terrenos con mal drenaje (MBN, 2005).

Los bosques puros de lenga en Isla Navarino, se encuentran por debajo del nivel altitudinal de los bosques achaparrados y en partes bajas y planas u onduladas. Estos bosques se caracterizan por presentar una estructura multietánea conformada por un mosaico de bosquetes o rodales coetáneos. Donde las condiciones son más favorables, existen árboles pertenecientes a tres o cuatro grupos de edades que ocupan simultáneamente el estrato superior. En altitudes superiores, donde las condiciones son menos favorables para la especie, la estructura es más simple, encontrándose uno a dos estratos claramente coetáneos. En estos bosques puros la presencia de sotobosques es poco diversa y de baja densidad (UACH, 1987).

Por otra parte, el bosque mixto de lenga y coihue de Magallanes de la Isla Navarino, se desarrolla en las zonas de transición entre los tipos forestales Lenga y Coihue de Magallanes. Por lo general, presentan una estructura multietánea, encontrándose normalmente en sectores más húmedos y en altitudes menores que las del bosque puro de lenga, casi a nivel del mar (UACH, 1987).

3.2. MÉTODO

3.2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE BOSQUES

Para realizar la caracterización de las estructuras de bosques, en primer lugar se procedió a determinar la zona de estudio y los tipos de bosques incluidos en ella. Esto se realizó en base a la información cartográfica del Catastro y Evaluación de Recursos Vegetacionales Nativos de Chile, en adelante “Catastro” (CONAF/CONAMA/BIRF, 1999). De esta forma, se seleccionó una franja de 1,5 kilómetros a cada lado del camino principal, que cruza la isla de oriente a poniente, ya que es la zona que presenta la mayor accesibilidad, y en la cual se ejerce la mayor presión de extracción sobre el bosque.

Considerando que el Catastro no presenta información cartográfica que especifique los grados de alteración o intervención sufrida anteriormente por los bosques, se realizó una clasificación más detallada de estos. Para dichos fines se tuvo en consideración, prospecciones en terreno, planes de manejo aprobados por CONAF, e

información de otros estudios en curso ⁽⁶⁾. Esta clasificación indicó que los tipos de bosque más representativos en la zona de estudio son los siguientes:

- Bosques vírgenes: Corresponden a bosques sin una intervención aparente. Distantes del camino principal, esencialmente establecidos en laderas y pie de montes.
- Bosques floreados: Corresponden a bosques que han sido explotados selectivamente para la obtención de madera aserrada y leña sin criterios técnicos de sustentabilidad. Se ubican generalmente en sectores aledaños al camino principal y en predios destinados a la extracción de leña.
- Renovales de bosques mixtos: Corresponden a bosques secundarios originados por incendios y/o explotaciones intensas en el pasado, ubicados principalmente en las cercanías al camino principal y/o a centros poblados.
- Bosques intervenidos bajo el sistema silvicultural de cortas de protección: Corresponden a sectores de superficie reducida, en los cuales se ha realizado la corta de regeneración con una intensidad de aproximadamente un 50% del área basal del rodal, en el contexto del sistema silvicultural de cortas de protección.

Una vez delimitada la zona de estudio y establecidos los tipos de bosques presentes, se distribuyeron en forma dirigida parcelas silvícolas de 1.000 m² (50*20 m) en distintos sectores de la franja de selección. En cada parcela se midieron todos los árboles con diámetros a la altura del pecho (DAP) mayor a 10 cm. En el caso de los renovales, se

⁶ Srta. María José Ruiz-Esquide. Propuesta de ordenación multipropósito para los bosques de lenga y coihue de Magallanes en Isla Navarino, Región de Magallanes y la Antártica Chilena. Sin fecha; No publicado. Donde se establece que los bosques mixtos de coihue de Magallanes y lenga son la agrupación forestal más representativa de la Isla Navarino, aportando cerca del 80% del total de la superficie cubierta por bosques. El 20% restante, corresponde a bosques puros de lenga o coihue de Magallanes.

midieron todos los árboles de DAP mayor o igual a 5 cm. Se realizaron tres parcelas de inventario silvícola en bosques vírgenes, tres en renovales, tres en bosques floreados. También se establecieron cuatro parcelas en bosques intervenidos bajo corta de protección, debido a la importancia de este método silvícola para el manejo de los bosques de la zona. En forma complementaria, se utilizaron parcelas de inventarios realizadas previamente por CONAF para la ejecución de planes de manejo en distintos predios de la isla.

En cada parcela se registró también información referente a la topografía, altitud, estructura de los bosques, especie dominante y calidad de sitio. Esta última fue expresada como la altura dominante de al menos tres individuos en fase de desmoronamiento o envejecimiento, pertenecientes a las parcelas caracterizadas o aquellos ubicados en zonas adyacentes a éstas.

Para estimar la densidad de la regeneración, se establecieron cinco subparcelas, cada una de 1 m², en cada parcela de inventario silvícola. Para estos fines, se trazó una línea longitudinal de 50 metros a lo largo de la parcela, donde se instalaron las subparcelas distanciadas 10 metros una de la otra. En cada subparcela se realizó un conteo de todas las plantas, identificando rango de altura por especie. Además, se registró en las plántulas contadas, la presencia o ausencia de ramoneo o daño mecánico notorio, provocado por roedores o ganado doméstico y otro tipo de fauna silvestre.

3.2.2 ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO EN LEÑA

Para determinar los rendimientos volumétricos en leña, se realizó un muestreo destructivo de 25 individuos de coihue de Magallanes y 20 ejemplares de lenga, considerando todas las clases diamétricas. A estos árboles-muestra se le determinó el volumen bruto y el volumen de leña.

Volumen bruto (con y sin corteza)

Para el cálculo de volumen bruto se realizaron mediciones del diámetro a lo largo del fuste cada 0,8 m y de aquellas ramas que sean aptas para su uso como leña, hasta

alcanzar un diámetro límite de utilización de 10 centímetros. El volumen cúbico de cada árbol-muestra se calculó mediante la fórmula de Smalian. El volumen sólido de cada trozo se calculó mediante la medición de diámetros a distintas alturas y, por adición, el volumen total de cada árbol-muestra. Para el cálculo del volumen cúbico s/corteza, ésta se descontó utilizando los valores de espesor de corteza medidos en el DAP y en el tocón de cada árbol y extrapolando las proporciones con respecto al diámetro a las siguientes secciones medidas. La expresión utilizada fue:

$$VOLCC = \sum V_{ij} = \sum \pi / 4 (d_i^2 + d_j^2) * L / 2$$

donde:

V_{ij}	:	Volumen de la sección ij-ésima.
D	:	Diámetro con corteza de la sección inferior.
D	:	Diámetro con corteza de la sección superior.
L	:	Largo de la troza.

Una vez conocidos la totalidad de los grupos de datos básicos y agrupados, se realizó el ajuste de regresión, con el fin de determinar el volumen individual de cada uno de los árboles-muestra. Las funciones analizadas se detallan en el siguiente Cuadro 2.

Cuadro 2. Funciones analizadas para el ajuste de regresión.

Número	Función	Cita Bibliográfica
1	$V = b_0 \times DAP^{b_1} \times S^{b_2}$	Promis (⁷)
2	$V = b_0 + b_1 \times DAP$	Núñez y Salas (2000)
3	$V = b_0 + b_1 \times DAP^2$	Núñez y Salas (2000)
4	$V = b_0 + b_1 \times DAP^3$	Núñez y Salas (2000)
5	$V = b_0 + b_1 \times DAP + b_2 \times DAP^2$	Núñez y Salas (2000)
6	$V = b_0 + b_1 \times DAP - b_2 \times DAP^{0.5}$	Manosalva (1995)
7	$V = b_0 \times DAP^{b_1}$	Promis (2005)

⁷ Sin fecha; No publicado.

donde:

V	:	Volumen árbol individual (m ³).
DAP	:	Diámetro altura pecho (cm).
S	:	Calidad de sitio (m).
b_0, b_1, b_2, b_3	:	Coefficientes de regresión.

La selección de la mejor función se realizó a través de la comparación de los valores obtenidos de los estadígrafos Error Cuadrático Medio (ECM) y Coeficiente de Correlación (r), en donde la mejor función, fue aquella con un menor ECM por clase diamétrica y un mayor r , considerando además, el nivel de significancia de los coeficientes de regresión (Apéndice 1). Complementario a esto se realizó un análisis de residuos, de manera de validar la función seleccionada (Apéndice 2). La expresión utilizada para determinar el error cuadrático medio, fue la siguiente:

$$ECM = \Sigma (\rho - \theta)^2 / n$$

donde:

ρ	:	Valor predicho.
θ	:	Valor observado.
n	:	Tamaño muestral.

Una vez conocida la mejor función, fueron determinadas las existencias volumétricas de los tipos de bosques, expresadas en m³ brutos por hectárea. Esta información fue utilizada durante la caracterización (punto 3.2.1).

Volumen de leña (con corteza)

En cada individuo volteado para la determinación del volumen bruto se registró la cantidad real de tacos y rajones obtenidos de cada árbol-muestra.

Complementariamente se determinaron coeficientes de transformación, los cuales permitieron convertir las unidades de comercialización de leña a volumen bruto y viceversa. Para ello, se cubicaron un total de 200 tacos y 200 rajones, midiendo sus

dimensiones y asemejándolas a una figura geométrica conocida, de modo de obtener un tamaño estándar para cada una de ellas. Las unidades cubicadas no fueron clasificadas por especie, pues los consumidores no manifiestan ninguna preferencia al momento de realizar su compra ⁽⁸⁾.

Determinados los coeficientes, para cada tipo de producto, fue posible establecer los rendimientos individuales para los árboles-muestra; valores que fueron determinados mediante los coeficientes obtenidos y el número real de tacos y rajones registrados por árbol, según la siguiente expresión:

$$\text{Rendimiento \%} = [(N \times C.T) / V] \times 100$$

donde:

N	:	Número de unidades de leña (tacos o rajones).
C.T	:	Coficiente de transformación de leña (tacos o rajones), en m ³ .
V	:	Volumen (fustal para tacos y de copa para rajones), en m ³ .

Para estimar las existencias volumétricas en leña, según las distintas clases diamétricas, se evaluó la posibilidad de ajustar una función local para determinar el rendimiento en tacos y rajones. Para ello, se estableció la relación existente entre el volumen de los tacos y rajones medidos, versus el DAP de cada árbol-muestra.

En base a este resultado, y utilizando las mismas funciones ajustadas con anterioridad para el cálculo del volumen bruto, fue posible determinar el número de tacos obtenidos por árbol (Apéndice 3). Esto no fue posible para el volumen de rajones, debido a la escasa correlación existente entre el DAP y el número de unidades obtenidas. Por ello, y luego de un análisis de varianza se optó por trabajar con los promedios obtenidos por clase diamétrica, ya que se observaron diferencias significativas entre ellas.

⁸ Srta. Jennifer Romero. Cuantificación, caracterización y análisis de la comercialización de leña en Puerto William, Isla Navarino, XII Región. Sin fecha; No publicado.

3.2.3 ESTIMACIÓN DEL LOS RENDIMIENTOS POTENCIALES DE LEÑA

Una vez determinados las existencias volumétricas por tipo de bosque mediante la aplicación de las funciones alométricas desarrolladas, en conjunto a los coeficientes obtenidos con anterioridad, se determinaron las existencia potenciales de leña extraíble para cada tipo de bosque, según tipo de productos comercializados (tacos y rajones). La expansión de los resultados por hectárea, se realizó mediante los antecedentes registrados en las caracterizaciones correspondientes.

Los resultados se presentan detallados en forma de tablas comparativas, indicando la cantidad de productos a obtener y volumen total de leña, para cada tipo de bosque analizado.

4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS ESTRUCTURAS DE BOSQUE

Del total de 13.119,34 ha, correspondientes a la zona de estudio (Figura 3), el 80,3% corresponde a superficie cubierta por bosque nativo adulto denso y el 5,8% a bosques achaparrados abiertos, estructuras en las cuales predominan los bosques dominados por *N. pumilio* y *N. betuloides*, distribuidos principalmente de manera mixta. La superficie restante corresponde a turbales con el 13,6% y a sectores con nieves eternas, con el 0,3% de la superficie estudiada.

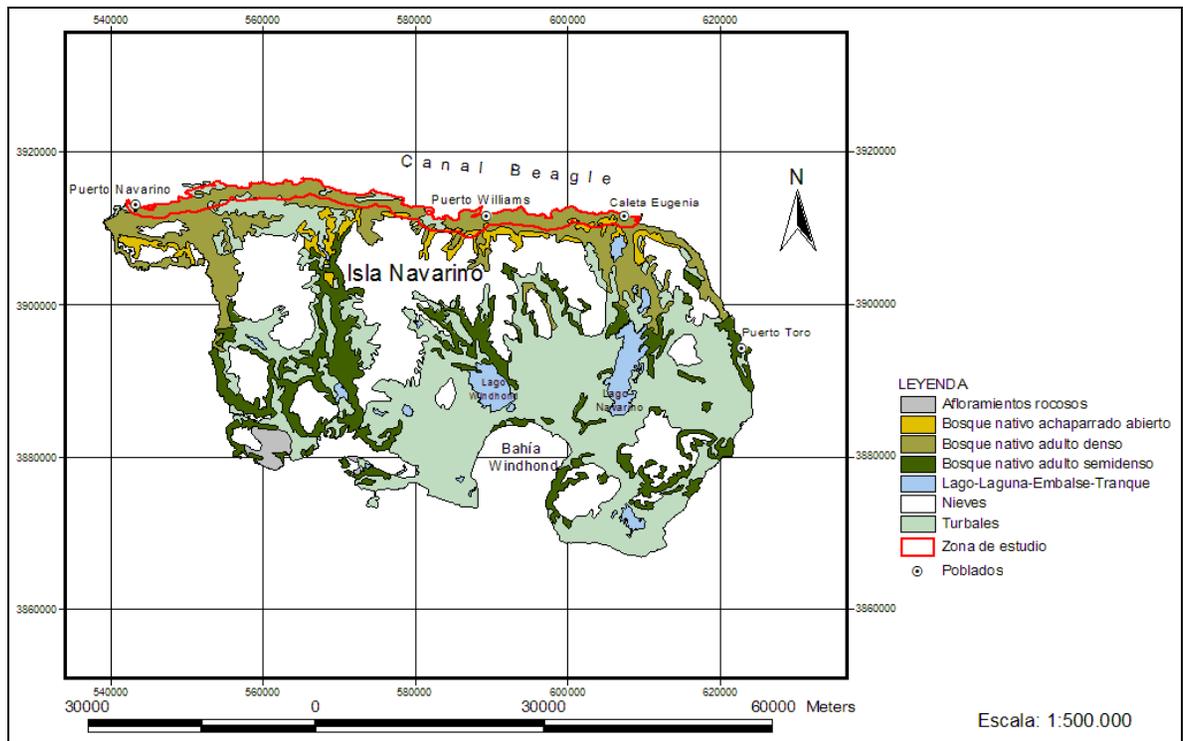


Figura 3. Tipos de bosques y otras coberturas del suelo en la zona de estudio. Isla Navarino, Región de Magallanes.

4.1.1 CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES VÍRGENES

Los bosques vírgenes, son agrupaciones naturales compuestas por las especies coihue de Magallanes, como especie dominante en cuanto a densidad de individuos y lenga, como especie acompañante. Se ubican principalmente en sectores de alta humedad.



Figura 4. Aspecto de un bosque virgen en Isla Navarino, Región de Magallanes.

Corresponden a bosques ubicados entre los 0 y 200 metros de altitud, presentes especialmente en laderas y pie de montes, en sectores con pendientes promedio cercanas al 7%. Presentan estructura multietánea y una cobertura de copas entre el 80 y 90%. En los bosques estudiados la calidad de sitio fluctúa entre 19 y 22,5 m.

El Cuadro 3 muestra la tabla de existencias para los bosques vírgenes.

Cuadro 3. Tabla de rodal, área basal y existencias para Bosques vírgenes.

DAP (cm)	Densidad (árboles/ha)			Área basal (m ² /ha)			Volumen bruto (m ³ /ha)		
	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total
10-19	20	220	240	0,4	3,9	4,3	3	46	49
20-29	30	110	140	1,5	5,4	6,9	14	57	71
30-39	30	50	80	2,9	4,8	7,7	27	47	74

40-49	50	60	110	8,0	9,5	17,5	73	89	162
50-59	20	50	70	4,8	11,9	16,7	44	106	150
60-69	10	15	25	3,3	5,0	8,3	31	43	73
70-79	6	10	16	2,7	4,4	7,1	25	37	61
Total	166	515	681	23,6	44,9	68,5	216	424	640

Las densidades de árboles para bosques vírgenes estudiados en la Región de Magallanes, son variables en cuanto a cantidad y frecuencia de las especies (Schmidt y Urzúa, 1982). En la zona de estudio, se hace evidente la superioridad numérica de coihue de Magallanes por sobre lenga, quedando representado por el 75,6% de los individuos. La mayor presencia de coihue de Magallanes, se observa en casi todas las fases de desarrollo, siendo más notoria en las etapas juveniles.

A nivel total, la densidad de árboles observada se asemeja a los resultados obtenidos por el Diagnóstico Silvoagropecuario en Isla Navarino (UACH, 1987) en 10 sectores de la isla, donde el número de árboles por hectárea encontrado osciló entre los 505 y 886 individuos. Estos valores son similares a los presentados por Schmidt (1990), quien en un bosque mixto de coihue de Magallanes y lenga, encontró valores cercanos a 740 árboles/ha. La escasa proporción de *N. pumilio*, encontrada en los inventarios silvícolas, se explica porque el coihue de Magallanes logra un mayor establecimiento en zonas más húmedas y a niveles altitudinales menores.

En cuanto al área basal, se observa el predominio de coihue de Magallanes, con más del 65%. Estos valores son similares a los determinados por el Diagnóstico Silvoagropecuario en Isla Navarino (UACH, 1987), donde registraron áreas basales entre los 37 y 63 m²/ha. Cifras que también coinciden con las observadas por Schmidt (1990) en Río Cóndor (Tierra del Fuego, Región de Magallanes), en donde estimó valores cercanos a los 64 m²/ha.

El aporte de *N. betuloides* al volumen total por hectárea, asciende al 66% del total. Este valor se asemeja a lo estimado por CONAF (1981) en Navarino. En dicho estudio se determinó una existencia aproximada de 405 m³/ha para lenga y 692 m³/ha para coihue de Magallanes, según el lugar muestreado. Por otra parte, el mismo estudio reporta volúmenes brutos totales, entre los 270 y 623 m³/ha, para bosques muestreados en

Caleta Eugenia (localidad ubicada al este de Pto. Williams). Estas cifras son también semejantes a las determinadas por UACH (1987), como resultado a su diagnóstico silvoagropecuario, donde estima volúmenes brutos entre los 246 y 400 m³/ha, en bosques no intervenidos. Estos resultados tampoco se alejan de los estimados por Schmidt (1990), en un bosque mixto no intervenido de *N. betuloides* y *N. pumilio*, para el sector Río Cóndor (Tierra del Fuego, Región de Magallanes), donde el autor determinó un volumen total de 604 m³/ha.

Los resultados sobre densidad, altura de la regeneración e intensidad de ramoneo para los bosques vírgenes, se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Densidad por categoría de altura de regeneración en Bosques vírgenes.

Especie	N/ha según categoría de altura (cm)						Total/ha	Total/ha	Total/ha
	<=20 cm		21-50 cm		51-100 cm				
	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	
Lenga	94.000	24.000	237.000	0	0	0	331.000	24.000	355.000
Coihue de Magallanes	43.000	13.000	16.000	0	0	0	59.000	13.000	72.000
Total	137.000	37.000	253.000	0	0	0	390.000	37.000	427.000

NR: No ramoneada; R: Ramoneada.

En el total de plántulas encontradas (Cuadro 4), se aprecia una superioridad de lenga (más del 83%) por sobre *N. betuloides*. Dicho predominio se hace evidente en cada una de las categorías de altura. Sin embargo, se estima que el predominio de *N. pumilio* en etapas juveniles disminuye con el tiempo, logrando el coihue de Magallanes desarrollarse rápidamente y suprimiendo el crecimiento en altura de lenga. La particularidad de coihue de Magallanes de ser una especie más tolerante a la sombra, permitiría su posterior establecimiento entre y bajo el dosel de lenga. Esta aseveración coincide con lo expuesto por Donoso (1993), quien concluye que la estructura poblacional de coihue de Magallanes le permite regenerar y establecerse bajo doseles densos.

Es importante señalar que en la zona de estudio, no se encontró evidencia de ramoneo de grandes herbívoros o de ganado doméstico. Todos los daños observados, de

acuerdo al análisis que se desprende del Cuadro 4, fueron encontrados en aquellas plántulas con una altura inferior a los 20 centímetros, donde el 27% de ellas corresponden a individuos ramoneados. Pese a ello, la cantidad de plántulas totales que son afectadas por el ramoneo, no supera el 10%, por lo que se considera insignificante o poco relevante.

4.1.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS BOSQUES FLOREADOS

Los bosques floreados (Figura 5) son aquellos que han sido sometidos a extracción selectiva de individuos, principalmente para la obtención de leña. El municipio ha sido el encargado de establecer dichas zonas, las que son supervisadas por CONAF, en donde no siempre han primado criterios adecuados de explotación, o no ha sido posible cumplir a cabalidad con las normas técnicas relacionadas con dicha actividad.



Figura 5. Aspecto de un Bosque floreado. Isla Navarino, Región de Magallanes.

Son bosques ubicados a altitud media (entre los 90 y 200 metros), en situaciones de media ladera, pie de monte y valles, situados en terrenos con pendientes entre 5 y 10%. Presentan una estructura multietánea y cobertura de copas entre el 70 y 80%. La calidad de sitio, en este tipo de bosques, fluctúa entre los 19 y 21,5 m.

El Cuadro 5 especifica los parámetros dasométricos por hectárea para este tipo de bosques.

Cuadro 5. Tabla de rodal, área basal y existencias para Bosques floreados.

DAP (cm)	Densidad (árboles/ha)			Área basal (m ² /ha)			Volumen bruto (m ³ /ha)		
	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total
10-19	3	5	8	0,1	0,1	0,2	1	1	2
20-29	13	20	33	0,6	1,0	1,6	6	10	16

30-39	14	16	30	1,4	1,5	2,9	12	15	28
40-49	18	25	43	2,9	4,0	6,9	26	37	63
50-59	10	35	45	2,4	8,3	10,7	22	74	96
60-69	10	30	40	3,3	10,0	13,3	31	85	116
70-79	16	5	21	7,1	2,2	9,3	66	18	84
80-89	4	10	14	2,3	5,7	8,0	21	46	67
90-99	1	5	6	0,7	3,5	4,2	7	28	35
Total	89	151	240	20,8	36,3	57,1	192	315	506

Del total de individuos, el 63% corresponde a ejemplares de coihue de Magallanes y el 37% a individuos de lenga. Ambas especies presentan una mayor densidad en las clases diamétricas medias. Situación contraria a la observada por Garfias (2005), en bosques mixtos en la Provincia de Última Esperanza, autor que encontró una densidad de 79 árb/ha, con un predominio del 66% de lenga por sobre coihue de Magallanes.

Al realizar la comparación correspondiente entre bosques vírgenes y floreados (Cuadros 3 y 5 respectivamente), se observa una disminución del 12% de individuos de coihue de Magallanes, manteniéndose prácticamente constante la proporción de lenga. Dicha disminución podría explicarse en parte por la preferencia de los oferentes por cosechar ejemplares de coihue de Magallanes.

El valor total del área basal, estimada en bosques floreados, no disminuye considerablemente respecto a la observada en bosques vírgenes. Los rangos estimados coinciden a lo observado por Garfias (2005) y Schmidt *et al.* (2003), quienes encontraron valores entre 31 y 93 m²/ha respectivamente y donde *N. pumilio* posee una participación del 70%. Esta proporción se contrapone a lo observado en la zona de estudio, donde coihue de Magallanes representa el 63% del total de árboles por hectárea.

En relación al volumen bruto, *N. betuloides* es la especie que presenta las mayores existencias por hectárea. Estos resultados (Cuadro 5), son similares a los determinados por Schmidt *et al.* (2003) en Monte Alto y Russfin. Estos autores estimaron rangos volumétricos entre los 300 y 1.027 m³/ha respectivamente, valores que se ven condicionados especialmente por la calidad del sitio.

Los resultados sobre densidad, altura de la regeneración e intensidad de ramoneo para los bosques floreados, se presentan en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Densidad por categoría de altura de regeneración en Bosques floreados.

Especie	N/ha según categoría de altura (cm)						Total/ha NR	Total/ha R	Total/ha
	<=20 cm		21-50 cm		51-100 cm				
	NR	R	NR	R	NR	R			
Lenga	73.000	6.000	10.000	0	10.000	0	93.000	6.000	99.000
Coihue de Magallanes	10.000	3.000	6.000	0	20.000	0	36.000	3.000	39.000
Total	83.000	9.000	16.000	0	30.000	0	129.000	9.000	138.000

NR: No ramoneada; R: Ramoneada.

El establecimiento de las plántulas en este tipo de bosques, presenta una disminución notoria en comparación con el bosque virgen, alcanzando solo el 32% de lo observado en este tipo de bosques. Tal situación, se explica por la degradación del suelo y los desechos de la cosecha, lo que dificulta el crecimiento y desarrollo de la regeneración.

Del total de la regeneración cuantificada, el 71% corresponden a individuos de lenga, superioridad de la especie que también fue observada por Pesutic (1978). Por otra parte, Garfias (2005) encontró una densidad de la regeneración de 89.200 plántulas/ha, de las cuales el 92% correspondieron a lenga.

Considerando el daño por ramoneo, del cuadro anterior es posible destacar que del 100% de plántulas ramoneadas, se registraron en la primera categoría de altura (hasta 20 cm), donde el 9,7% del total de individuos contabilizados presentaron daños por ramoneo. No se observaron daños en las categorías superiores.

4.1.3 CARACTERIZACIÓN DE RENOVALES

Este tipo de bosques es el más representativo en la zona de estudio, ya que se encuentran principalmente en zonas adyacentes al camino principal, (Figura 6) y que actualmente se encuentran en proceso de recuperación.



Figura 6. Renovales de coigue de Magallanes y lenga. Isla Navarino, Región de Magallanes.

Corresponden a bosques secundarios, ubicados a baja altitud (entre los 0 y 50 metros sobre el nivel del mar), principalmente en terrenos planos y pie de monte, con pendientes que oscilan entre el 2 y 9%. Su estructura es coetánea y presentan una cobertura de copas superior al 90%. La calidad de sitio fluctúa entre 10,5 y 14 m.

En el Cuadro 7 se presentan la tabla de rodal, área basal y volumen bruto por hectárea, para este tipo de bosques.

Cuadro 7. Tabla de rodal, área basal y existencias para Renovales.

DAP (cm)	Densidad (árboles/ha)			Área basal (m ² /ha)			Volumen bruto (m ³ /ha)		
	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total
01-09	320	354	674	0,6	0,7	1,3	6	11	16
10-19	350	639	989	6,2	11,3	17,5	59	134	190
20-29	20	180	200	1,0	8,8	9,8	9	93	102
30-39	15	46	61	1,4	4,4	5,8	13	43	57
40-49	10	10	20	1,6	1,6	3,2	15	15	30
50-59	5	3	8	1,2	0,7	1,9	11	6	17
60-69	3	4	7	1,0	1,3	2,3	9	11	21
Total	723	1236	1959	13,0	28,8	41,8	119	313	432

Coihue de Magallanes representa el 63% de los individuos observados. Ambas especies, presentan su mayor densidad en las clases diamétricas menores. En términos generales, los resultados son comparables con aquellos determinados por Schmidt *et al.* (1996), quienes, en dos rodales coetáneos de renovales de coihue de Magallanes, en el sector de San Juan (Región de Magallanes), registraron densidades entre 1.880 y 4.100 árboles/ha. Estas cifras también concuerdan a lo encontrado por Ugalde (2006) en renovales de lenga, quien estimó densidades del orden de 2.390 a 3.610 plantas por hectárea.

El área basal de los renovales es inferior a la observada en los bosques vírgenes, debido a que los individuos presentan diámetros pequeños, siendo muy escasos los individuos con grandes diámetros. Sin embargo, los resultados no difieren a lo reportado por Schmidt *et al.* (1996), en renovales de coihue de Magallanes. Tampoco se contraponen a lo determinado por Ugalde (2006), para renovales de lenga. Estos autores registraron áreas basales entre 53 a 63 m²/ha y 26 a 38 m²/ha respectivamente.

Las existencias volumétricas totales son inferiores a los otros tipos de bosques anteriormente caracterizados. Esto es atribuible principalmente a la estructura de los renovales, los cuales presentan numerosos individuos de diámetros bajo los 20

centímetros, y muy escasos ejemplares de grandes dimensiones. Estas existencias estimadas, coinciden con lo determinado por Schmidt *et al.* (1996) para renovales de coihue de Magallanes, autores que determinaron volúmenes brutos entre los 353 y 610 m³/ha.

Los resultados sobre densidad, altura de la regeneración e intensidad de ramoneo para renovales, se presentan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Densidad por categoría de altura de la regeneración en Renovales.

Especie	N/ha según categoría de altura (cm)						Total/ha		Total/ha
	<=20 cm		21-50 cm		51-100 cm		NR	R	
	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	
Lenga	10.000	6.000	5.000	10.000	14.000	0	29.000	16.000	45.000
Coihue de Magallanes	6.000	20.000	20.000	0	10.000	0	36.000	20.000	56.000
Total	16.000	26.000	25.000	10.000	24.000	0	65.000	36.000	101.000

NR: No ramoneada; R: Ramoneada.

En estos bosques, y a diferencia de lo que ocurre en los analizados anteriormente, la proporción de plántulas establecidas para lenga es levemente menor a la observada para coihue de Magallanes, y donde esta última especie representa el 55,5% del total de plántulas.

El total de plántulas encontradas en este tipo de bosques contrastan fuertemente con los valores encontrados por Silva (1997) en renovales de *N. betuloides*, donde el número de plántulas por hectárea fluctuó entre las 595.000 y 704.000 individuos/ha. Esta situación se explicaría por la presencia de un dosel cerrado, que disminuye la cantidad de luz solar que logra llegar al suelo.

A diferencia de lo observado en los tipos de bosques anteriormente caracterizados, en renovales se observó una mayor presencia de ejemplares ramoneados hasta los 50 cm de altura, siendo aproximadamente un 36% el total de plántulas afectadas.

4.1.4 CARACTERIZACIÓN DE BOSQUES MANEJADOS (CORTA DE PROTECCIÓN)

Son aquellos bosques manejados con el fin de lograr una extracción gradual del dosel superior en una serie de cortas parciales para dar origen a un rodal coetáneo (Figura 7), gracias al establecimiento de regeneración natural, la cual se inicia bajo la protección del antiguo rodal.



Figura 7. Bosque manejado. Isla Navarino, Región de Magallanes.

Corresponde a bosques ubicados a una altitud media de 70 metros, que se desarrollan sobre laderas y mesetas, con pendientes máximas de entre un 3 y 4%. Presentan una estructura multietánea y una cobertura de copas oscila entre el 70 y 80%. En este tipo de bosques, la calidad de sitio registrada fluctuó entre 18,5 y 21 m.

El Cuadro 9 señala los resultados dasométricos en este tipo de bosques.

Cuadro 9. Tabla de rodal, área basal y existencias para Bosques manejados.

DAP (cm)	Densidad (árb/ha)			Área basal (m ² /ha)			Volumen bruto (m ³ /ha)		
	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total	Lenga	C. Mag	Total
10-19	10	30	40	0,2	0,5	0,7	2	6	8
20-29	16	35	51	0,8	1,7	2,5	7	18	25
30-39	11	30	41	1,1	2,9	4,0	10	28	38
40-49	15	45	60	2,4	7,2	9,6	22	67	89
50-59	24	30	54	5,7	7,1	12,8	53	63	116
60-69	5	15	20	1,7	5,0	6,7	15	43	58
70-79	10	14	24	4,4	6,2	10,6	41	51	92
80-89	4	4	8	2,3	2,3	4,6	21	18	40
90-99	1	3	4	0,7	2,1	2,8	7	17	23
Total	96	206	302	19,3	35,0	54,3	178	312	489

Coihue de Magallanes, representa aproximadamente 2/3 del total de árboles por hectárea, concentrándose su mayor número en etapas de desarrollo tempranas (juveniles). Se aprecia una escasa cifra de individuos con diámetros superiores, atribuible a la corta de regeneración aplicada.

La densidad estimada se encuentra entre los rangos observados en bosques vírgenes y floreados. Sin embargo, este resultado contrasta a lo obtenido por Duhalde (2002), quien estimó densidades totales entre los 135 y 140 árboles/ha en dos rodales de lenga en la Región de Magallanes. Por otro lado, luego de una corta de regeneración, Schmidt *et al.* (2003) determinó un dosel de protección de 247 y 256 árboles/ha, en Monte Alto y Russfin respectivamente. Estos valores se aproximan a la situación encontrada en la zona de estudio.

En cuanto al área basal, se determinaron valores muy cercanos a los estimados en bosques floreados. Sin embargo, los valores totales observados concuerdan a lo

determinado por Silva (2005), quien estimó en 37 y 50 m²/ha el área basal, para dos rodales analizados en bosques puros de lenga en la Provincia de Última Esperanza, luego de aplicada la corta de regeneración.

Las existencias volumétricas establecidas en la zona de estudio son similares a las determinadas por Schmidt *et al.* (2003), quienes estimaron en 509 m³/ha el volumen total para un bosque intervenido en Russfin (Monte Cazuelas), Tierra del Fuego; autores que estimaron en 370 m³/ha las existencias de un bosque, luego de aplicada la corta de regeneración, en un estudio realizado en Monte Alto.

Para que una corta de regeneración, logre ser efectiva y se establezca exitosamente la regeneración, se recomienda la extracción entre el 40 y 60% de las existencias (Schmidt *et al.*, 2003). Sin embargo, en la zona de estudio, la extracción es inferior a estos valores.

Los resultados sobre densidad, altura de la regeneración e intensidad de ramoneo para los bosques manejados, se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Densidad por categoría de altura de regeneración en Bosques manejados.

Especie	N/ha según categoría de altura (cm)						Total/ha	Total/ha	Total/ha
	<=20 cm		21-50 cm		51-100 cm				
	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	
Lenga	92.833	23.000	115.333	21.000	8.222	0	216.388	44.000	260.388
Coihue de Magallanes	50.833	4.000	18.000	0	4.800	0	73.633	4.000	77.633
Total	143.666	27.000	133.333	21.000	13.022	0	290.021	48.000	338.021

NR: No ramoneada; R: Ramoneada.

El total de plántulas por hectárea es levemente inferior a lo observado en un bosque virgen, pero superior a los otros tipos de bosques caracterizados anteriormente. Con ello se demuestra que la corta de protección asegura el establecimiento de la

regeneración bajo el dosel de protección. *N. pumilio* presenta una mayor densidad de regeneración respecto de coihue de Magallanes. Se estima que *N. pumilio* se establece con mayor éxito en las condiciones de mayor luminosidad obtenidas por la corta de regeneración.

Los resultados obtenidos en la zona de estudio, no difieren a lo estimado por Duhalde (2002), quien encontró densidades entre 220.000 y 476.000 plántulas de lenga, luego de la corta de regeneración. Estas cifras también guardan relación con las registradas por Schmidt *et al.* (2003) en Monte Alto. Sin embargo, el autor señala que el número final de regeneración exitosa, variará de acuerdo a la calidad del sitio estudiado, condicionando una mayor densidad de regeneración en sitios más favorables.

En cuanto al daño provocado por ramoneo, se destaca el aumento en aquellas plántulas que han sido dañadas, en relación a lo observado en bosques vírgenes, lo que se explica debido a las intervenciones a las que han sido sometidos este tipo de bosques.

4.2. ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO EN LEÑA

4.2.1 FUNCIÓN LOCAL PARA ESTIMAR EL VOLUMEN BRUTO

Para estimar los rendimientos volumétricos en la zona de estudio, se realizó un ajuste de las funciones propuestas para coigue de Magallanes y lenga, estableciéndose que los valores del coeficiente de correlación obtenido es significativo en todas las funciones ($p \leq 0,05$). Sin embargo, la función que mejor se ajustó a los datos, corresponde a:

$$V = b_0 \times DAP^{b_1}$$

El siguiente cuadro, muestra el resultado del ajuste para la función seleccionada. El resultado de ajustes para las restantes funciones, se presenta en el apéndice N° 1, al igual que los correspondientes gráficos de residuos para el modelo seleccionado (Apéndice N° 2).

Cuadro 11. Resultados del ajuste de volumen total con y sin corteza por especie.

Especie	b_0	b_1	r	ECM (%)
Coihue de Mag. c/c	0,001695	1,778827	0,9432	21,43
Coihue de Mag. s/c	0,001687	1,779664	0,9431	21,45
Lenga c/c	0,000688	2,014486	0,9398	8,89
Lenga s/c	0,000677	2,017879	0,9398	8,88

c/c: Con corteza; s/c: Sin corteza; b_0 , b_1 : Coeficientes de regresión; r: Coeficiente de correlación; ECM: Error cuadrático medio.

4.2.2 COEFICIENTES DE TRANSFORMACIÓN PARA UNIDADES DE COMERCIALIZACIÓN DE LEÑA

Los coeficientes de transformación determinados permiten conocer la conversión desde los productos a comercializar, es decir de tacos (Figura 8) y rajones (Figura 9) a metros cúbicos sólidos con corteza. Además, para su construcción fue necesario determinar la dimensión más frecuente de los tacos y rajones comercializados.



Figura 8. Acopio de Tacos a la intemperie. Puerto Williams, Región de Magallanes.



Figura 9. Rajones, Colegio municipal de Puerto Williams. Región de Magallanes.

A continuación, se presentan los resultados en la determinación de los coeficientes para cada tipo de producto en Isla Navarino.

4.2.2.1 Tacos

La siguiente figura, muestra la relación entre el diámetro y el largo promedio de los tacos comercializados.

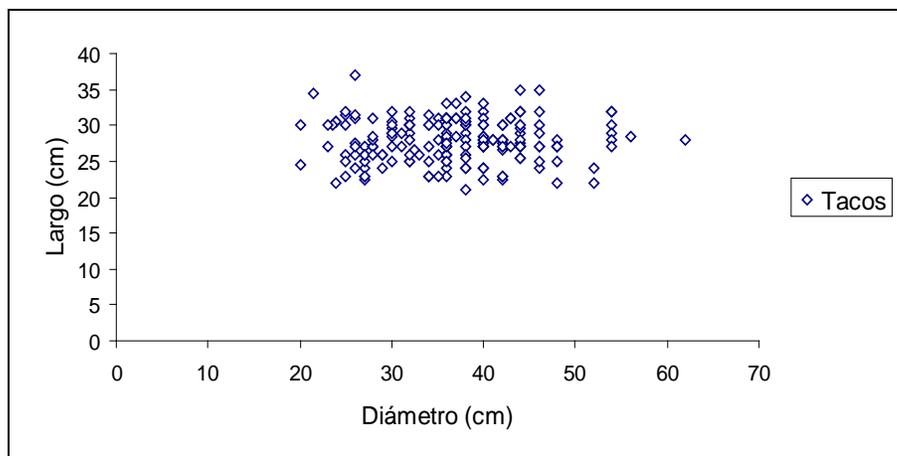


Figura 10. Grafico de dispersión de datos (tacos).

De ésta se desprende que, la mayoría de los diámetros para tacos, se presentan entre los 25 y 45 cm. El largo de los tacos se concentra entre los 25 y 35 cm, siendo su variabilidad menor que en los diámetros. Esto se debe principalmente al intento de los productores por entregar un producto homogéneo, y a las exigencias de la población local, al preferir una pieza homogénea en cuanto a forma y calidad.

El siguiente cuadro muestra las estadísticas de las dimensiones los tacos comercializados.

Cuadro 12. Dimensiones de los tacos comercializados (n= 200)

Estadígrafos	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Volumen (m³)
Media	36	28	0,015
Moda	36	27	0,016
Máximo	62	37	0,039
Mínimo	20	21	0,005

La siguiente figura, muestra la frecuencia para los diferentes volúmenes según la dimensión de las piezas.

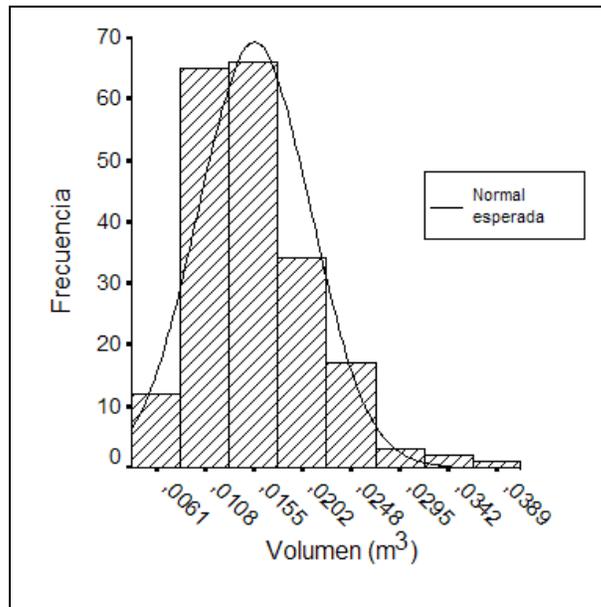


Figura 11. Histograma de Volumen v/s Frecuencia de observaciones para tacos.

Considerando los resultados anteriormente expuestos, un taco de leña presenta con mayor frecuencia un diámetro de 36 cm y un largo de 27 cm, correspondiente a un volumen bruto de 0,016 m³, como valor moda, dimensiones que guardan directa relación con la capacidad de los artefactos utilizados para su combustión, tales como: estufas de combustión lenta, salamandras, cocinas a leña, etc.

4.2.2.2 Rajones

Los rajones corresponden a un producto menos demandado y utilizado principalmente por el sector industrial. La Figura 12 muestra la relación entre el diámetro y el largo de los rajones medidos.

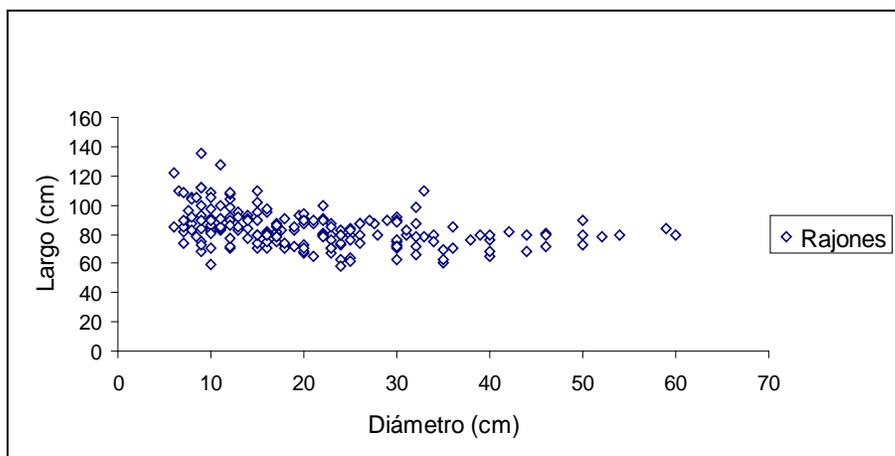


Figura 12. Grafico de dispersión de datos (rajones).

Como se aprecia en la figura anterior, los datos muestran una gran heterogeneidad en las dimensiones de los rajones comercializados. No existe ningún patrón a seguir en cuanto a sus medidas. De esta forma, y a diferencia de lo que ocurre con los tacos (Figura 10), los rajones presentan una mayor frecuencia en diámetros menores (entre 10 y 15 cm). Esto se explica principalmente por ser productos que regularmente son obtenidos a partir de los desechos de la cosecha o de la utilización de ramas que posean un interés comercial.

En la actualidad, los rajones son utilizados principalmente por las industrias establecidas en la zona, las que poseen calderas diseñadas especialmente para la combustión de este tipo de productos.

Los resultados estadísticos obtenidos para este tipo de producto, se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 13. Dimensiones de los rajones comercializados (n= 200)

Estadígrafos	Diámetro (cm)	Largo (cm)	Volumen (m ³)
--------------	---------------	------------	---------------------------

Media	18	82,8	0,016
Moda	10	80	0,007
Máximo	60	135	0,087
Mínimo	6	58	0,002

La Figura 13, muestra la frecuencia para los diferentes volúmenes, según dimensión de piezas.

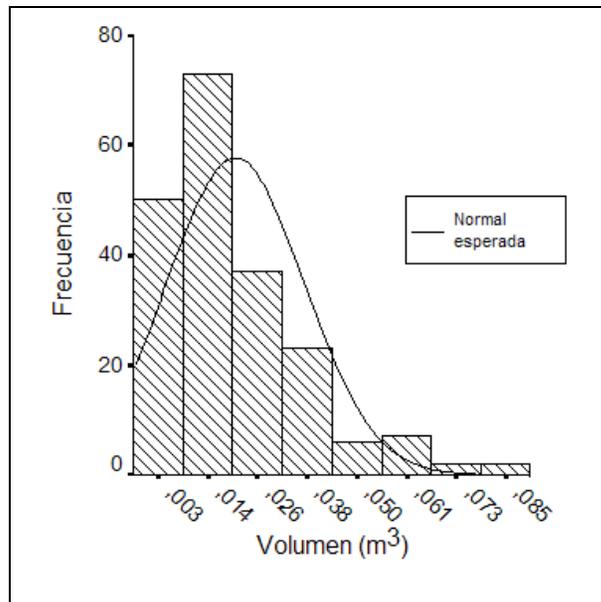


Figura 13. Histograma de Volumen v/s Frecuencia de observaciones para rajones.

Considerando los resultados anteriormente expuestos, un rajón de leña presenta con mayor frecuencia (moda) un diámetro de 10 cm y un largo de 80 cm, correspondiente a un volumen bruto de 0,007 m³.

Finalmente, se presenta una tabla comparativa entre las diferentes formas de comercialización de leña en Isla Navarino. Dicho resultado, se basa en las dimensiones

que posee cada producto localmente, considerando el valor moda como el más representativo.

Cuadro 14. Dimensiones y coeficientes de transformación de productos.

	Tipo de Producto	
	Taco	Rajón
Diámetro (cm)	36	10
Largo (cm)	27	80
Volumen (m³)	0,016	0,007
Nº por m³ sólido c/c	62,5	143,0

Las dimensiones y coeficientes determinados contrastan fuertemente con lo determinado por CONAF (1978), para la comercialización de estos productos en la ciudad de Punta Arenas. Según CONAF (1978), un rajón tiene aproximadamente 8 pulgadas de diámetro (20,3 cm) y entre 3.5 y 7 pies de largo (106,7 a 213,5 cm), con un volumen aproximado entre los 0,22 y 0,43 m³; dimensiones que coinciden a las determinadas por CONAF (1981) para la localidad de Puerto Williams en donde, además, se establece que un taco corresponderá a un décimo de las dimensiones de un rajón, cuyo peso seco aproximado es de 40 kg.

4.2.3 ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN EN LEÑA

Para la estimación del volumen de leña, se desarrolló una función local, para la zona de estudio, cuyos resultados se presentan a continuación.

La Figura 14, muestra la cantidad de tacos y rajones promedio producidos según clase diamétrica.

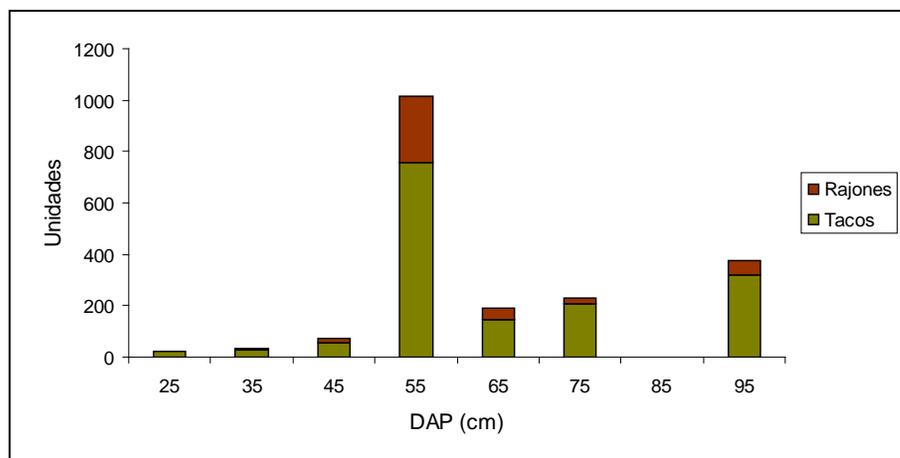


Figura 14. Tacos y Rajones obtenidos de los árboles muestreados.

Según lo observado en la figura anterior, es posible establecer que la mayor cantidad de productos leñosos se obtiene en aquellos individuos cuyas clases diamétricas fluctúan entre los 50 a 80 cm. En las clases diamétricas menores, la proporción de productos a obtener es sensiblemente menor, mientras que aquellas superiores, es más irregular.

Los rendimientos promedio por unidad de volumen bruto (m^3 sólido c/c) de los árboles muestreados luego de las labores de confección de los tacos y rajones fueron los siguientes:

Cuadro 15. Rendimientos volumétricos promedio por tipo de producto.

Tipo de Producto	Rendimiento (%)
Tacos	68,8 ± 4
Rajones	62,5 ± 8

4.2.3.1 Tacos

La Figura 15 muestra la relación existente entre el número de tacos producidos y la clase diamétrica (DAP cm) de cada árbol muestreado.

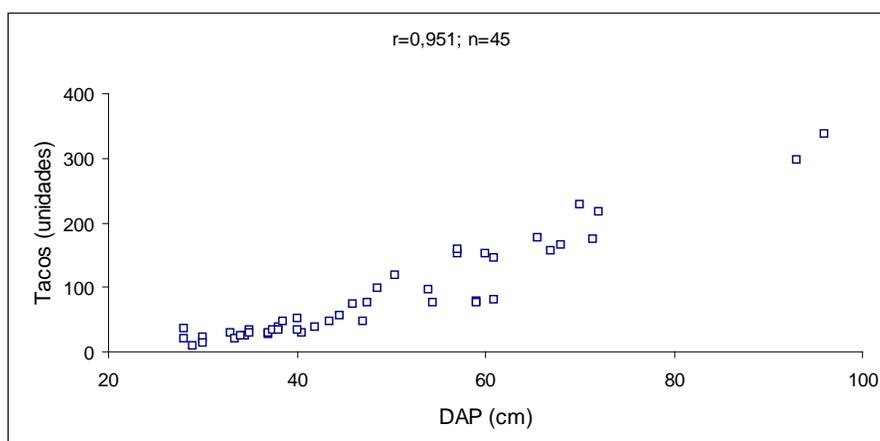


Figura 15. Correlación entre tacos y DAP.

De ello, es posible observar la relación positiva existente entre el número de tacos producidos por cada árbol-muestra versus el DAP, correlación que permitió ajustar diferentes funciones, para lograr determinar la cantidad de tacos a obtener por cada árbol, según su clase diamétrica. Dicho ajuste, se realizó en base a las funciones propuestas

con anterioridad (Cuadro 2), las cuales fueron utilizadas para determinar los volúmenes brutos. De este procedimiento, se determinó que la mejor expresión ajustada fue:

$$V = b_0 + b_1 \times DAP - b_2 \times DAP^{0.5}$$

En el Cuadro 16, se muestra el resultado del ajuste para la función seleccionada. El resultado de ajustes realizados para las restantes funciones, se detallan en los apéndices (Nº 3).

Cuadro 16. Resultados del ajuste de volumen para Tacos.

Modelo	b ₀	b ₁	b ₂	r	ECM (%)	n
6	4,201763	0,193609	1,777024	0,962	11,19	45

b₀, b₁, b₂: Coeficientes de regresión; r: Coeficiente de correlación; ECM: Error cuadrático medio.

La función seleccionada permite determinar el volumen de leña (m³ c/c) a obtener por árbol. El número de tacos por árbol se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$T = V / C.T.T$$

donde:

T : Número de tacos finales.
V : Volumen de leña en m³.
C.T.T : 0,016 m³. (Ver Cuadro 14)

4.2.3.2 Rajones

Como se mencionó anteriormente, debido a la escasa correlación existente entre el DAP y el número de unidades de rajones obtenidos (Figura 16), no fue posible ajustar una función que estimara el volumen de éstos por clase diamétrica.

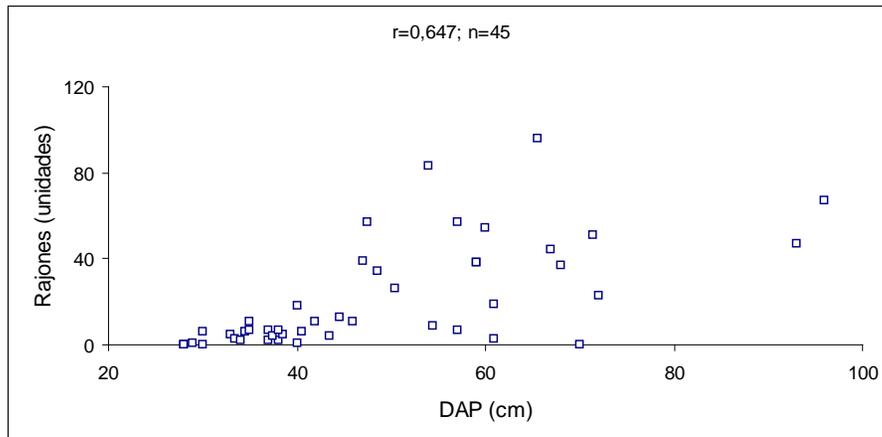


Figura 16. Correlación entre rajones y DAP.

La desviación estándar correspondiente al total de rajones fue de 24,4 unidades, con una varianza de 592,9 unidades, lo que evidencia una diferencia significativa entre los valores. Dado lo anterior, y a la baja correlación existente entre las unidades medidas versus clases diamétricas, se trabajó en base a una agrupación de diámetros, de acuerdo al comportamiento de los datos (Figura 16), según lo que muestra el cuadro 17.

Cuadro 17. Promedio de rajones según rangos de clases diamétricas.

Diámetros (cm)	Nº Promedio de Rajones
<40	15 ± 4,4
40-79	24 ± 3,9
>80	29 ± 3,5

La alta variabilidad del número de rajones por árbol se explica principalmente debido a que los rajones son extraídos de las ramas más gruesas de la copa de los árboles volteados. En muchos casos éstas no son aprovechadas, ya sea por la pérdida de ellas al momento del volteo (quebradas) ó por el nivel de pudrición que las afecta.

4.3. ESTIMACIÓN DE LAS EXISTENCIAS POTENCIALES DE LEÑA

El Cuadro 18 muestra las existencias volumétricas potenciales de tacos y rajones estimadas para los diferentes tipos de bosques en la zona de estudio. En él, se representan los totales volumétricos según producto, las unidades a obtener y sus respectivos porcentajes de participación a nivel total.

Cuadro 18. Existencias volumétricas potenciales de leña por producto.

Bosque	Cantidad y volumen por ha según tipo de producto									
	Tacos			Rajones			Total Leña		Total Bruto	
	Unidades	m ³ /ha	%	Unidades	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%	m ³ /ha	%
Virgen	28.371	454	71,0	12.204	85	13,4	539	84,3	640	100,0
Floreado	24.921	399	78,8	5.221	37	16,9	436	95,7	506	100,0
Renoval	12.674	203	46,9	19.590	137	31,7	340	78,7	432	100,0
Manejado	23.148	370	75,7	6.120	43	8,8	413	84,5	489	100,0

Como era de esperarse los bosques vírgenes cuentan con la mayor cantidad de volumen aprovechable como leña. Sin embargo, al comparar el volumen bruto total de cada tipo de bosque con su respectivo volumen aprovechable de leña, son los bosques floreados quienes proporcionalmente brindan una mayor cantidad de ésta.

La mayor cantidad de tacos como producto a comercializar, es posible de encontrar en bosques vírgenes, floreados y manejados respectivamente, situación que se explica debido principalmente a la composición estructural de cada una de ellos. Por otra parte, la mayor cantidad potencial de rajones, se observa en los renovales, donde los individuos presentan menor desarrollo en diámetro y altura, restringiendo actualmente la obtención de madera aserrable.

Es importante señalar, que si considera el uso potencial de trozas aserrables, los volúmenes destinados a leña, en particular a tacos, disminuirían. Esto debido a que en

términos generales el volumen aserrable en este tipo de bosques puede fluctuar entre el 10 y 32% del volumen bruto (Schmidt *et al.*, 2003).

El Cuadro 19 presenta la cantidad total de productos (tacos y rajones), agrupados según la clase diamétrica, para cada tipo de bosque analizado.

Cuadro 19. Cantidad total de productos por tipo de bosque y clase diamétrica.

Clase DAP (cm)	Estructura							
	Bosque virgen		Bosque floreado		Renovales		Bosque manejado	
	Tacos	Rajones	Tacos	Rajones	Tacos	Rajones	Tacos	Rajones
10-19	3.353	3.600	112	120	7.636	14.835	559	600
20-29	1.373	2.100	324	495	711	3.000	500	765
30-39	2.325	1.200	872	450	1.392	915	1.192	615
40-49	6.831	2.640	2.670	1.032	1.117	480	3.726	1.440
50-59	7.313	1.680	4.701	1.080	786	192	5.641	1.296
60-69	3.843	600	6.149	960	1.032	168	3.074	480
70-79	3.333	384	4.375	504	0	0	4.999	576
80-89	0	0	3.741	406	0	0	2.138	232
90-99	0	0	1.978	174	0	0	1.319	116
Total	28.371	12.204	24.921	5.221	12.674	19.590	23.148	6.120

Tanto en bosques floreados como manejados, la mayor cantidad de productos se obtienen en diámetros entre los 50 y 70 cm, disminuyendo el total de unidades en hacia diámetros más extremos, comportamiento que también se presenta en los bosques vírgenes, en los cuales la única diferencia relevante es que, el máximo de la producción se alcanza en diámetros entre los 40 y 60 cm.

5. CONCLUSIONES

Las diferencias de los bosques estudiados se deben principalmente al grado y tipo de intervención al cual han sido sometidos, actividad que se ha realizado principalmente con la finalidad de satisfacer la demanda de leña en Navarino. Al respecto se puede concluir lo siguiente:

Sobre la caracterización de estructuras

- Se observa un predominio de coihue de Magallanes en todos los tipos de bosques analizados. Su participación en el número de árboles totales por hectárea fluctúa entre el 63 y 75%, siendo mayor en bosques vírgenes. Situación similar se observa para el área basal, donde coihue de Magallanes representa entre el 63 y 69% del área basal total por hectárea. Las mayores existencias volumétricas se presentan en bosques vírgenes con 640 m³/ha y en bosques floreados, con 506 m³/ha. En contraste, los renovales presentaron las menores existencias, con un total de 432 m³/ha. Aquellos bosques manejados por cortas de protección, presentan un alto volumen bruto remanente, el que asciende a 489 m³/ha.
- La densidad de la regeneración, es abundante en todos los tipos de bosques analizados, alcanzando a 101.000 plántulas en renovales, 138.000 en bosques floreados, 338.021 en bosques manejados y 427.000 en bosques vírgenes. Lengua es la especie que presenta mayor número de plántulas en la mayoría de los bosques analizados, salvo en renovales, donde coihue de Magallanes representa el 55,4% del número total de plántulas por hectárea.

- El mayor daño por ramoneo se observó en renovales, donde el 35,6% de las plántulas han sufrido algún tipo de daño. Esta situación contrasta a la observada en bosques floreados, donde sólo el 6,5% presentó daño aparente. Por otra parte, en bosques vírgenes, sólo se observó el 8,6% de plántulas ramoneadas, proporción que se eleva a al 14,2% cuando el rodal es sometido a una corta de protección.

Sobre los rendimientos volumétricos en leña

- El taco comercializado en Puerto Williams, equivale a un cilindro de 36 cm de ancho y 27 cm de largo, con un volumen estimado en $0,016 \text{ m}^3$. De la misma manera, un rajón equivale a un cilindro de $0,007 \text{ m}^3$, con un ancho de 20 cm y un largo de 80 cm, siendo un rajón equivalente a 0,44 tacos.
- El rendimiento en la obtención de tacos y rajones, para los árboles muestreados en la zona de estudio, corresponden al 68,8 y 62,5% del volumen bruto respectivamente.

Sobre las existencias potenciales de leña de los distintos tipos de bosque

- Las mayores existencias potenciales de tacos se presenta en los bosques vírgenes y floreados, con 28.371 y 24.921 tacos/ha respectivamente. Los bosques renovales y vírgenes presentan una mayor cantidad de rajones con 19.590 y 12.204 rajones/ha, respectivamente. Un bosque manejado entrega solo el 50% de los rajones estimados para en bosque virgen y un 42,8% respecto de los bosques floreados.
- Las mayores existencias potenciales de leña (tacos y rajones) se presentan en los bosques floreados, manejados y vírgenes, donde la proporción de leña estimada, alcanzó el 95,7, 84,5 y 84,3% del volumen bruto total, respectivamente.

6. BIBLIOGRAFÍA

AGRUPACIÓN DE INGENIEROS FORESTALES POR EL BOSQUE NATIVO (AIFBN), 2006. Proyecto Sistema de Certificación para el Uso Sustentable de la Leña en Valdivia. [En línea]. <<http://www.lena.cl>> [Consulta: 7 de Septiembre de 2006].

ALVAREZ, S. y GROSSE, H. 1978. Antecedentes generales y análisis para el manejo de Lenga *Nothofagus pumilio* (Poepp. et Krasser) en Alto Mañihuales, Aysén. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 144 p.

ARCADIS, 2005. Proyecto Levantamiento Plan Seccional Isla Navarino. Modificación plan regulador comunal de Cabo de Hornos. Memoria explicativa. Santiago, Chile. 181 p.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (CNE). 2005. Balance de energía 2005. [En línea]. <<http://www.cne.cl>> [Consulta: 5 de Mayo de 2007].

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA (CNE). 2007. Fuentes energéticas: energías primarias, secundarias y renovables. [En línea]. <http://www.cne.cl/fuentes_energeticas/f_primarias.html> [Consulta: 1 de Mayo de 2007].

- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 1978. Antecedentes Forestales XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena. 142 p.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 1980. Reglamento Técnico del D. L. N° 701. [En Línea]. <http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=ede66d60e57830628f64b88fb12feb26&unidad=0&>. [Consulta: 14 de Septiembre de 2005]
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF), 1981. Informe Sector Forestal “Isla Navarino”. Documento técnico. 102 p.
- CONAF/CONAMA/BIRF, 1999. Catastro y evaluación de recursos vegetacionales nativos de Chile. Informe nacional con variables ambientales. Universidad Austral de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile y Universidad Católica de Temuco. Santiago, Chile. 90 p.
- CORTÉS, E. 2006. Ecoturismo como herramienta para el autofinanciamiento de la Fundación Omora. Memoria para optar al título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Santiago, Chile. 86 p.
- COVIELLO, M. 2003. Sostenibilidad energética en América latina y el caribe: el aporte de las fuentes renovables. Proyecto CEPAL/GTZ “Promoción del desarrollo económico en América latina y el caribe, por medio de la integración de propuestas de políticas ambientales y sociales”. Brasilia, Brasil. 72 p.
- CRUZ, G; CAPRILE, R; PROMIS, A; y CABELLO, G. 2006. Structural and biometric characterization of *Nothofagus betuloides* production forests in the Magellan Region. Journal of Sustainable Forestry. 24:2/3. 123 - 140.
- DIRECCIÓN METEOROLÓGICA DE CHILE, 2005. Dirección General de Aeronáutica Civil. [En Línea] <http://www.meteochile.cl/climas/climas_duodecima_region.html> [Consulta: 25 de julio de 2005]

- DONOSO, C. 1981. Tipos Forestales de los Bosques Nativos de Chile. Proyecto CONAF/PNUD/FAO-CHI/76/003. Documento de Trabajo N° 38. Santiago, Chile. 128 p.
- DONOSO, C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 484 p.
- DRAKE, F; EMANUELLI, P y ACUÑA, E. 2003. Compendio de funciones dendrométrica del bosque nativo. U. De Concepción y Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo. Concepción, Chile. 67 p.
- DUHALDE, P. 2002. Análisis físico de la intervención de corta final a nivel experimental en dos Rodales de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Ende.) Krasser)) en la Zona de Magallanes. Memoria Fac. Cs. Forestales, U. Austral de Chile, Valdivia. 52 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 1981. Mapa de la situación en materia de leña en los países en desarrollo. 40 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). 2001. UWET-Unified Wood Energy terminology. [En línea] <<http://www.fao.org/docrep/008/j0926s/J0926s00.HTM>> [Consulta: 13 de Noviembre de 2006].
- GAJARDO, R. 1994. La Vegetación natural de Chile. Clasificación y distribución geográfica. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 165p.
- GARFIAS, C. 2005. Desarrollo de un bosque floreado de lenga y coihue de Magallanes en la Provincia de Última Esperanza, XII Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad Cs. Forestales. Santiago, Chile. 45 p.
- HENRÍQUEZ, J. 2004. Estado de la turba esfangosa en Magallanes. En: BLANCO, D y DE LA BALZE, V. (Ed.). Los Turbales de la Patagonia. Buenos Aires, Argentina. 93-104.

- IBARRA, M; CRUZ, G; CALDENTEY, J; y CABELLO, G. 2007. El tipo forestal Coihue de Magallanes en la XII Región. En: CRUZ, G. y CALDENTEY, J. (Ed.). Caracterización, Silvicultura y Usos de los Bosques de Coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides*) en la XII Región de Chile. Proyecto FONDEF D02 I 1080. Santiago. 12-24.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE), 2005. Chile: Ciudades, pueblos, aldeas y caseríos. 300p.
- INSTITUTO FORESTAL (INFOR), 1993. Evaluación del Consumo de Leña en Chile 1992. Informe Final. Santiago, Chile. 156 p.
- MAGNI, C. 1995. Acumulación de biomasa y nutrientes en un bosque mixto natural de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Ende.) Krasser)) y Coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst) en la XII Región. Memoria Fac. Cs. Forestales, Universidad de Chile. 93 p.
- MANOSALVA, L. 1995. Antecedentes dendrométricos básicos de un rodal de Lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Ende.) Krasser)) en el sector Cerro La Virgen, XI Región. Memoria Fac. Cs. Forestales, U. Austral de Chile, Valdivia, 69 p.
- MINISTERIO DE BIENES NACIONALES (MBN). 2005. Descripción de terreno Isla Navarino. [En Línea] <http://www.bienes.gob.cl/s_conces/html/body__isla_navarino.html> . [Consulta: 25 de julio de 2005]
- NEIRA, J. 2004. Desarrollo de un bosque de Lenga (*Nothofagus pumilio*) después de la corta de regeneración y rendimiento de trozas en la corta final, en la XII Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad Cs. Forestales. Santiago, Chile. 32 p.
- NIEMEYER, S. 2005. Desarrollo de un bosque floreado de lenga y coihue de Magallanes en la Provincia de Última Esperanza, XII Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad Cs. Forestales. Santiago, Chile. 40 p.

- NUÑEZ, P y SALAS, C. 2000. Estudio dendrométrico Proyecto Forestal Río Cándor, Tierra del Fuego, XII Región. Temuco, Chile. 45 p.
- PESUTIC, S. 1978. Análisis de estructura y estado sanitario en un bosque de Lenga. Tesis Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Santiago, Chile. 63 p.
- PISANO, E. 1977. Fitogeografía de Fuego-Patagonia chilena. I. Comunidades vegetales entre las latitudes 52° y 56° S. Anales Instituto de la Patagonia. 8: 121-250.
- PROMIS, A; CRUZ, G; SCHMIDT, H; CAPRILE, R y CALDENTEY, J. 2005. Tree General Volume Equations for *Nothofagus betuloides* in Chilean Patagonia Forests. IUFRO World Congress. International Union of forest Research Organizations. 8-13 Agosto, 2005. Brisbane. Australia.
- REYES, R. 2000. Caracterización de los sistemas de producción y comercialización de leña para la ciudad de Puerto Montt, X Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad Cs. Forestales. Santiago, Chile. 127 p.
- REYES, R. 2004. Proyecto de certificación: Leña con sello verde. Lignum (75):39-43.
- RODRÍGUEZ, M; CORVALÁN, P; y GUTIÉRREZ M. 2005. La utilización potencial de la biomasa forestal en Chile como fuente de energía. En: Segundo Congreso Chileno de Ciencias Forestales. 10-12 de noviembre. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- SCHERPENISSE, C. 1986. Incidencia de la leña como recurso energético doméstico. Tesis para optar al título de ingeniero forestal, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile. 127 p.
- SCHLEGER, F; VEBLEN, T; y ESCOBAR, B. 1979. Estudio ecológico de la estructura, composición y semillación del bosque de Lenga (*Nothofagus pumilio*) XI Región.

Serie Técnica. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ingeniería Forestal. Valdivia. 40 p.

SCHMIDT, H. 1990. Antecedentes silvícolas para los bosques de lenga coihue sector Río Córdor-Tierra del Fuego. Informe preliminar. Santiago, Chile. 68 p.

SCHMIDT, H. 1991. La leña como herramienta en el manejo silvicultural del bosque nativo. Facultad de Ciencia Agrarias y Forestales, Escuela de Ciencias Forestales, Universidad de Chile, Santiago. p: 149-153.

SCHMIDT, H y CALDENTEY, J. 1994. Apuntes del III Curso de silvicultura de los bosques de Lenga. Punta Arenas. 12-22 Enero. CONAF/CORMA AUSTRAL/UNIVERSIDAD DE CHILE. 108p.

SCHMIDT, H. y URZÚA, A. 1982. Transformación y manejo de los bosques de Lenga en Magallanes. Ciencias Agrícolas N°11. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales. Santiago. 62 p.

SCHMIDT, H; CALDENTEY, J; DONOSO, S; y PEÑA, K. 1996. Seguimiento forestal y ambiental del uso de los boques de Lenga XII Región. Informe. Universidad de Chile. Facultad de Cs. Forestales. CONAF XII Región. Intendencia XII Región. Santiago. 37 p.

SCHMIDT, H; CRUZ, G; PROMIS, A; y ALVAREZ, M. 2003. Transformación de los bosques de lenga vírgenes e intervenidos a bosques manejados. Guía para los bosques demostrativos. Universidad de Chile. Facultad de Cs. Forestales. Publicaciones misceláneas forestales N° 4. Santiago, Chile.57 p.

SILVA, J. 1997. Crecimiento y acumulación de biomasa en renovales de coihue de Magallanes (*Nothofagus betuloides* (Mirb.) Oerst) en el sector de Río san Juan, XII Región. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad Cs. Agrarias y Forestales. Santiago, Chile. 64 p.

- SILVA, C. 2005. Evolución de las existencias y desarrollo de la regeneración en bosques de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser) después de la corta de regeneración. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad Cs. Forestales. Santiago, Chile. 35 p.
- UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE (UACH). 1987. "Diagnóstico Silvoagropecuario, Isla Navarino". Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 157 p.
- UGALDE, G. 2006. Crecimiento en altura de renovales de lenga (*Nothofagus pumilio* (Poepp. Et Endl.) Krasser) en Monte Alto (XII región) en función de la calidad de sitio. Memoria Ing. Forestal. Universidad de Chile. Facultad Cs. Forestales. Santiago, Chile. 58 p.
- URIARTE, A. y GROSSE, H. 1991. Los bosques de Lenga. Una orientación para su uso y manejo. Recopilación bibliográfica. Informe Técnico N°126. Instituto Forestal. 92 p.
- VEBLEN, T; KITZBERGER; T; BURNS, B. y REBERTUS, A. 1997. Perturbaciones y dinámica de regeneración en bosques andinos del sur de Chile y Argentina. En: Ecología de los bosques nativos de Chile. Editorial Universitaria, S.A. Santiago, Chile. 169-213 p.

APÉNDICES

Apéndice 1.

Cuadro 20. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (coigue de Magallanes con corteza).

Modelo	b_0	b_1	b_2	r	ECM (%)	n
1	0,107842	1,778827	-1,306710	0,9432	21,43	25
2	-2,041870	0,077698		0,9521	18,15	25
3	0,166820	0,000621		0,9388	23,03	25
4	0,933274	0,000006		0,9032	35,77	25
5	-2,011780	0,076610	0,000009	0,9521	18,15	25
6	-1,633750	0,084944	0,110073	0,9521	18,14	25
7	0,001695	1,778827		0,9432	21,43	25

Cuadro 21. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (coigue de Magallanes sin corteza).

Modelo	b_0	b_1	b_2	r	ECM (%)	n
1	0,111914	1,779664	-1,319860	0,9431	21,45	25
2	-2,041040	0,077631		0,9519	18,18	25
3	0,165645	0,000620		0,9387	23,03	25
4	0,931414	0,000006		0,9032	35,73	25
5	-2,006590	0,076387	0,000010	0,9519	18,18	25

6	-1,616940	0,085161	0,114384	0,9520	18,17	25
7	0,001687	1,779664		0,9431	21,45	25

Cuadro 22. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (lenga con corteza).

Modelo	b_0	b_1	b_2	r	ECM (%)	n
1	0,672803	2,014487	-2,211450	0,9398	8,89	20
2	-1,593620	0,070706		0,9423	8,53	20
3	-0,047952	0,000748		0,9402	8,83	20
4	0,463017	0,000010		0,9241	11,12	20
5	-1,048808	0,045556	0,000269	0,9433	8,39	20
6	0,989640	0,128989	0,783551	0,9437	8,34	20
7	0,000688	2,014486		0,9398	8,89	20

Cuadro 23. Resultados del ajuste para estimar las existencias volumétricas (lenga sin corteza).

Modelo	b_0	b_1	b_2	r	ECM (%)	n
1	0,679947	2,017880	-2,219850	0,9398	8,88	20
2	-1,594430	0,070644		0,9422	8,53	20
3	-0,050286	0,000747		0,9402	8,82	20
4	0,461860	0,000010		0,9242	11,09	20
5	-1,039060	0,045003	0,000274	0,9432	8,39	20
6	1,028615	0,129824	0,795616	0,9436	8,34	20
7	0,000677	2,017879		0,9398	8,88	20

b_0 , b_1 y b_2 : Coeficientes de regresión; r: Coeficiente de correlación; ECM: Error cuadrático medio; n: Tamaño de la muestra.

Apéndice 2.

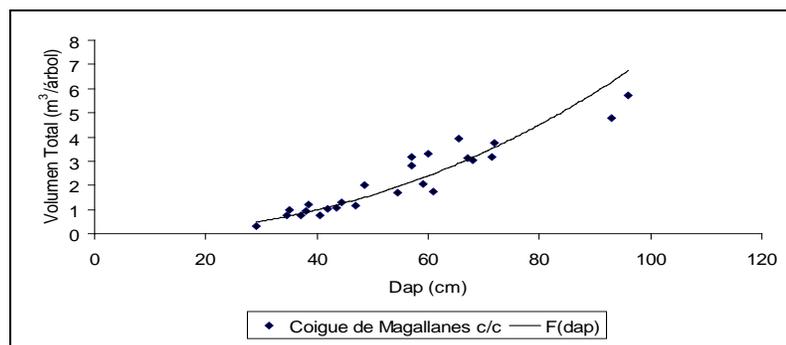


Figura 19. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie coihue de Magallanes con corteza.

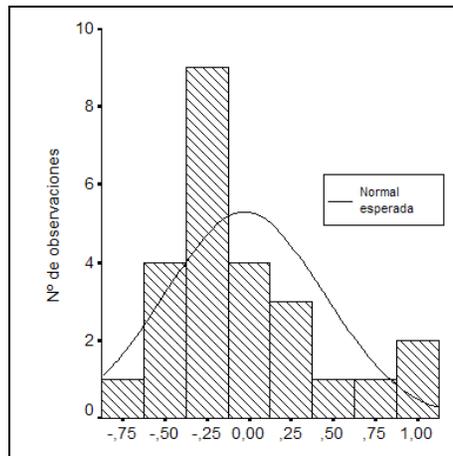


Figura 20. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie coihue de Magallanes con corteza.

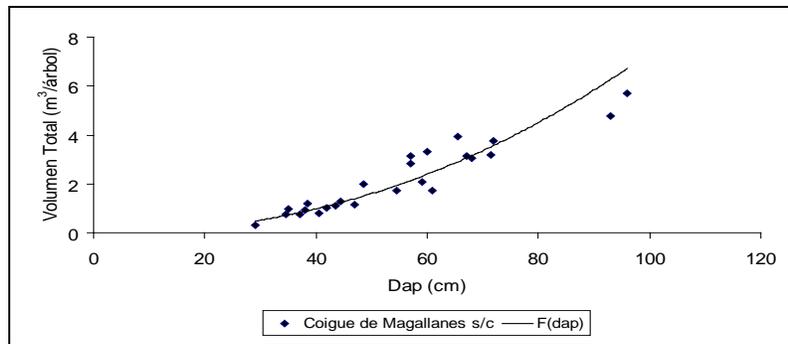


Figura 21. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie coihue de Magallanes sin corteza.

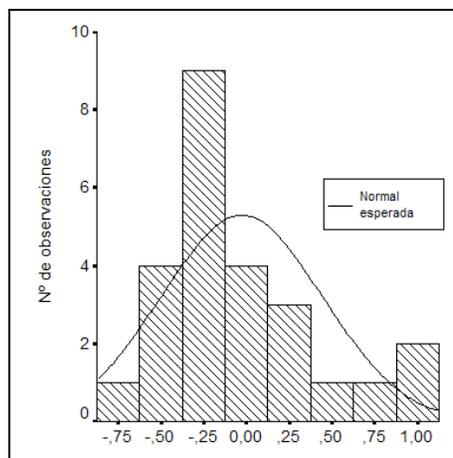


Figura 22. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie coihue de Magallanes sin corteza.

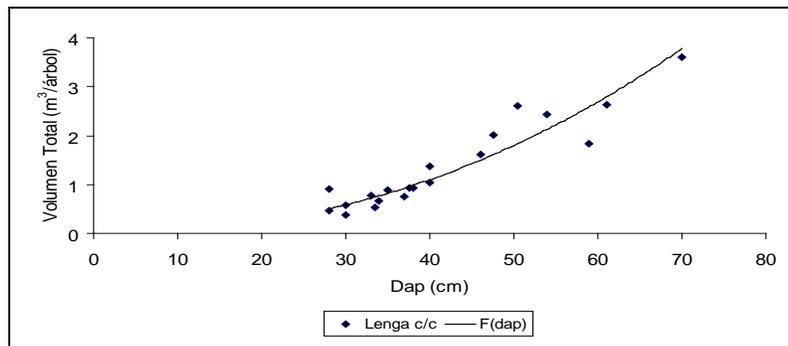


Figura 23. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie lenga con corteza.

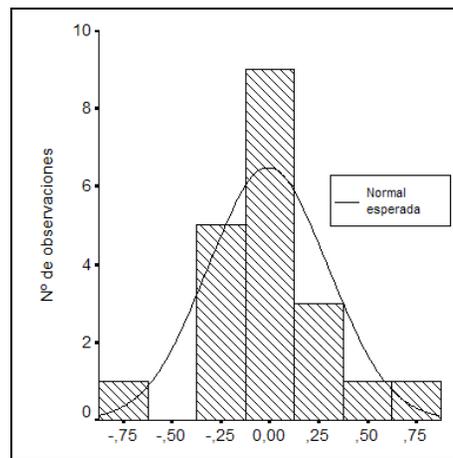


Figura 24. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie lenga con corteza.

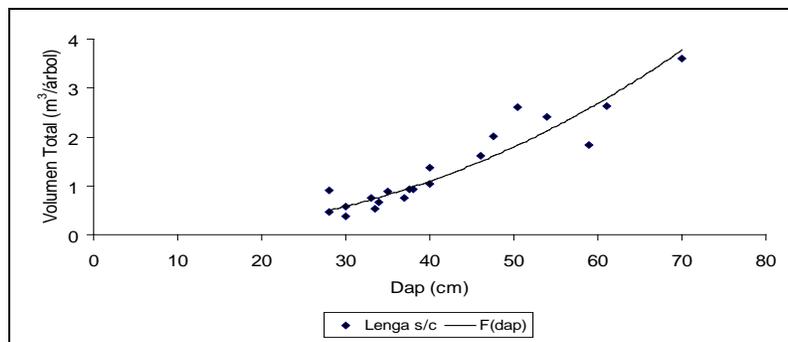


Figura 25. Distribución del volumen total de todos los árboles medidos en relación al DAP y estimación de la relación en función del DAP para la especie lenga sin corteza.

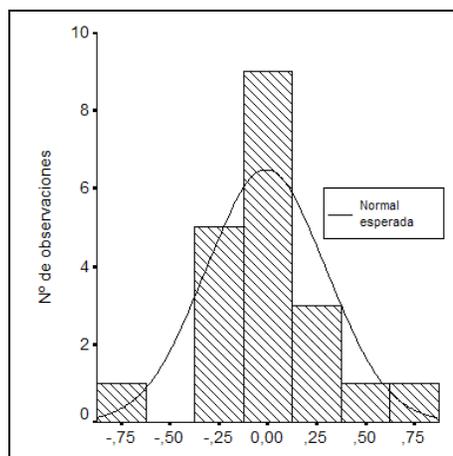


Figura 26. Distribución de residuos para la relación ajustada de volumen en función del DAP para la especie lenga sin corteza.

Apéndice 3.

Cuadro 24. Resultados del ajuste para la obtención del volumen en leña (Tacos).

Modelo	b_0	b_1	b_2	r	ECM (%)	n
1	0,000120	2,300630	0,077085	0,957	12,40	45
2	-2,116740	0,071975		0,950	14,38	45
3	-0,274507	0,000631		0,959	11,85	45
4	0,374584	0,000006		0,936	18,45	45
5	-0,703715	0,016389	0,000491	0,960	11,61	45
6	4,201763	0,193609	1,777024	0,962	11,19	45
7	0,000212	2,229566		0,956	12,88	45

b_0 , b_1 y b_2 : Coeficientes de regresión; r: Coeficiente de correlación; ECM: Error cuadrático medio; n: Tamaño de la muestra.