

InnovaChile
CORFO



BOSQUE NATIVO
MÉTODOS SILVÍCOLAS PARA EL DESARROLLO Y CONSERVACIÓN DEL BOSQUE NATIVO

RENOVALES DE CANELO

ASPECTOS SILVICULTURALES Y DE MERCADO





BOSQUE NATIVO
MÉTODOS SILVÍCOLAS PARA EL DESARROLLO Y CONSERVACIÓN DEL BOSQUE NATIVO

RENOVALES DE CANELO

ASPECTOS SILVICULTURALES Y DE MERCADO

Sabine Müller-Using
Marjorie Martin
Jorge Cabrera

ÍNDICE

Índice	3
Introducción	5
Distribución del recurso y sus características dasométricas	6
<i>Aproximación metodológica</i>	7
<i>Diseño muestral para el Inventario ecosistémico</i>	8
- Definición del modelo	8
- Muestreo de árboles	10
- Muestra dentro de cada parcela	11
- Muestras a nivel del conglomerado	13
- Procesamiento del inventario	13
- Procesamiento a nivel de la población.....	14
<i>Resultados del inventario</i>	15
- Distribución de existencias volumétricas por especie.....	18
- Resultados tabulares de variables cuantitativas – Tablas de existencias.....	20
<i>Caracterización estructural de los renovales</i>	22
- Distribución diamétrica	22
- Composición de especies	24
- Regeneración.....	26
- Descripción de suelos.....	29
Crecimiento y rendimiento	37
<i>Antecedentes generales</i>	37
<i>Variables del estado de los bosques</i>	37
- Densidad.....	37
- Distribución diamétrica	39
- Área basal	41
- Altura	43
- Volumen	46
- Ahusamiento y factor de forma:	48
- Mortalidad.....	49
<i>Modelación del crecimiento</i>	50
- Datos	51
- Función altura dominante – sitio	55
- Función de rendimiento de área basal.....	56
- Función de rendimiento en volumen	58
- Función de mortalidad	58
- Función de ahusamiento	59
<i>Simulador de crecimiento</i>	61
- Desarrollo de la herramienta	61
- Descripción de simulador	61
Experiencias silvícolas	65

<i>Dinámica natural</i>	65
<i>Establecimiento</i>	68
- Regeneración natural	68
- Regeneración artificial	71
<i>Tratamiento del Rodal</i>	71
- Metas de Producción	72
- Diagrama de Tamaño-Densidad	75
Ensayos Permanentes	79
<i>Red de Ensayos silviculturales para producción de Madera de alto Valor</i>	80
- Ficha ensayo de raleo Río Sur, Llanquihue, Región de los Lagos	83
- Ficha ensayo de raleo Pargua, Llanquihue, Región de los Lagos	84
- Ficha ensayo de raleo Chaquihual I, Chiloé, Región de los Lagos	87
- Ficha ensayo de raleo Chaquihual II, Chiloé, Región de los Lagos	88
- Ficha ensayo de raleo Púlpito, Chiloé, Región de los Lagos	92
- Ficha ensayo de raleo Quellón, Chiloé, Región de los Lagos	94
La madera de canelo y sus posibilidades de exportación	96
<i>Antecedentes</i>	96
<i>Características de la Oferta de bosques y maderas de canelo</i>	96
<i>Detalles observados de la madera de canelo</i>	98
<i>Posibilidades de Exportación de la madera de canelo</i>	101
- Posibilidades de exportación a los Estados Unidos	101
- Posibilidades en el mercado de Europa	109
- Análisis y conclusiones de las posibilidades en EE.UU. y Europa	109
- Resultados respecto al Mercado de Estados Unidos	110
- Resultados respecto al Mercado Europeo	111
Reconocimientos	113
Referencias	114
Anexos	117

INTRODUCCIÓN

Los renovales de canelo cubren, según el catastro de los recursos forestales nativos, una superficie de 265 mil ha. Bajo criterios de regulación patrimonial se estima que esta superficie podría llegar a ofertar de manera sustentable 0,8 millones de m³ al año de madera en trozas. Durante los últimos 20 años se han realizado ensayos silviculturales que indican que la especie canelo, en sitios apropiados, puede responder muy bien al manejo.

Considerando lo anterior el presente trabajo financiado por el Ministerio de Agricultura desarrolla una síntesis con los métodos silvícolas para el desarrollo y conservación del bosque nativo, en particular, en los renovales de Canelo.

A través de la publicación de este documento se pone a disposición de los múltiples usuarios un documento que reúne la información desde distintas fuentes, añadiendo el trabajo desarrollado por INFOR entre el 2005-2008 por el proyecto INNOVA/CORFO “Desarrollo de Tecnología Silvicultural de Alto Valor para Renovales de Canelo”, aportando a su vez, nuevos antecedentes.

Se espera que aquellos interesados en el trabajo sobre estos renovales: propietarios, fiscalizadores, consultores, investigadores y la comunidad en general encuentren en estas páginas herramientas que les permitan conocer y manejar en mejor forma sus bosques. Este es un trabajo que debe ser continuo, de modo de complementar aquellos aspectos para los que hoy hay escasa información, y para el monitoreo de la dinámica de los bosques en escenarios de cambios ambientales y sociales continuos.

Los métodos silvícolas integran la dinámica natural del bosque en el análisis y la planificación de las actividades, con el fin de abaratar costos y mantener la estabilidad del ecosistema.

El conocimiento de esta dinámica natural es por tanto la base para las propuestas silvícolas, es por esto que la primera parte de este documento está enfocado en resumir los conocimientos actuales sobre el estado y la dinámica de la especie Canelo en diferentes estados sucesivos del bosque siempreverde. Por tratarse de un recurso extremadamente heterogéneo, esta información es indispensable para emprender una planificación y ordenación forestal para los renovales de Canelo y tomar decisiones respecto a su manejo.

En continuación el documento recopila antecedentes respecto de su crecimiento y las experiencias concretas y validadas en el manejo de renovales de Canelo. Entrega además herramientas desarrolladas a partir de esas experiencias y los datos que desde ellas han surgido. Por la gran cantidad de situaciones iniciales encontradas, el énfasis no está en recomendar esquemas de manejo estáticos, sino en proveer la información y las herramientas necesarias para un manejo individualizado.

En una segunda parte el documento entrega información sobre las características de la madera de canelo y las posibilidades de comercialización en el mercado interior y exterior. Este trabajo se basa también en experiencias adquiridas en desarrollo de proyectos financiados a través de Innova CORFO. El objetivo de combinar en un solo documento aspectos silvícolas y de mercado para una especie, en este caso canelo, es aportar al encadenamiento de los procesos relacionados a la producción y utilización de la madera, aspecto importante para el desarrollo del sector.

DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO Y SUS CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS

Los renovales de Canelo (*Drimys winteri* J.R. et G. Forster) corresponden a un subtipo del tipo forestal siempreverde que se extiende desde los 40° 30' hasta los 47° sur, y por debajo de los 1.000 m de altitud en la Cordillera de los Andes, desde los 38°30' hasta los 47° S aproximadamente en la Cordillera de la Costa, y en áreas de mal drenaje del llano central al sur de los 40° de latitud (Donoso, 1981a). De acuerdo a Corvalán *et al* (1992), es entre la Región de los Ríos y la Región de los Lagos, donde se concentra la mayor productividad de este recurso.

El área de estudio para este trabajo comprende las regiones de la Araucanía, Los Ríos y Los Lagos (figura N° 1). Las cifras de existencias que se presentan se basan en los datos del Programa de Inventario Continuo de Ecosistemas Forestales que desarrolla el Instituto Forestal (INFOR) junto a un inventario complementario levantado por INFOR para la provincia de Chiloé. Las características del inventario se detallan más adelante. Las cifras de superficie cubierta por renovales de Canelo, así como la información cartográfica tienen como fuente el Catastro de recursos vegetacionales nativos de Chile (CONAF-CONAMA, 1997) ¹.

Figura N° 1
DISTRIBUCIÓN DE RENOVALES DE CANELO EN EL ÁREA DE ESTUDIO



En las regiones que comprenden el área de estudio los renovales de Canelo cubren, 226.525,7 ha. Su mayor abundancia se encuentra en la Región de los Lagos representando un 78,2 % del total. Sólo un 4,5% se distribuye en la Región de la Araucanía y un 17,3 % en la Región

¹ Actualizado 2007

http://www.conaf.cl/?page=home/contents&seccion_id=24870023f1fc25f7b3e01f70a0bed665&unidad=0&

de los Ríos. A nivel de Provincia, es Chiloé la que acumula la mayor proporción de bosques de este tipo con más del 30% de la superficie total, esto es sobre las 78.000 ha.

Cuadro N° 1			
SUPERFICIES REGIONES CUBIERTAS POR RENOVALES DE CANELO			
Región	Superficie Regional (ha)	Provincia	Superficie Provincial (ha)
La Araucanía	10.157,4	Cautín	9.737,5
		Malleco	419,9
Los Ríos	39.225,8	Valdivia	25.097,8
		Ranco	14.128,0
Los Lagos	177.142,5	Osorno	29.793,9
		Llanquihue	51.550,3
		Chiloé	78.392,4
		Palena	17.405,9
Total	226.525,7		226.525,7
<i>Fuente: Catastro CONAF-CONAMA</i>			

Aproximación metodológica

La metodología propuesta para el inventario del área de estudio sigue el trabajo desarrollado por el Instituto Forestal (INFOR, 2004; INFOR, 2007; INFOR, 2009), trabajando con esquemas orientados a estimar a gran escala las características de poblaciones, esto es a nivel de comunas, provincias o regiones. En inventarios de grandes áreas es importante contar con la mayor cantidad de información auxiliar posible, que apoye al proceso de definición de la muestra y del muestreo. Esta información no siempre se encuentra disponible. En este contexto se suelen desarrollar estudios de autocorrelación o autocovarianza entre unidades muestrales, de forma de definir los distanciamientos más apropiados entre ellas, evitando así medir valores redundantes.

Para el estudio de silvicultura del canelo se tomó el enfoque de inventario de grandes áreas cuya población queda definida por aquellos polígonos identificados en el Catastro CONAF-CONAMA como del tipo forestal siempreverde subtipo Renovales de Canelo.

Se recopilaron todos los materiales fotográficos, cartográficos, registros de Bases de Datos históricas, material de apoyo de otros proyectos realizados tanto por INFOR como por otras instituciones, para apoyar aquellos aspectos relevantes del diseño del Inventario.

El siguiente listado describe los antecedentes recopilados:

1. Bases de Datos Catastro CONAF-CONAMA (1997)

2. Bases de Datos Caracterización de Ecosistemas Forestales Nativos de las Regiones IX y X (INFOR 2004)
3. Antecedentes cartográficos
4. Cartografía de rodales del Catastro CONAF–CONAMA (1997) 1:50.000.
5. Cartografía base del Instituto Geográfico Militar 1:50.000
6. Cartografía de curvas de nivel digitalizadas escala 1:50.000 y 1:250.000, regiones IX y X.
7. Cartografía Caracterización de Ecosistemas Forestales Nativos de las Regiones IX y X (INFOR 2004)

Diseño muestral para el Inventario ecosistémico

- Definición del modelo

Se habla de un inventario ecosistémico y no sólo forestal, porque en las variables a medir se consideran además de las relacionadas a los árboles, variables relacionadas con la presencia de cursos de agua, árboles percha o árboles nido, el material muerto en pie y tendido, presencia de otra vegetación como líquenes, helechos y bambusáceas, entre otro.

El diseño muestral en sí, se define como un diseño en 2 etapas, en conglomerados distribuidos en red de puntos sistemáticos geográficamente localizados. Cada conglomerado está compuesto de 3 unidades de registro (parcelas circulares), y se disponen sobre una malla sistemática que cubre el área de estudio. Cada punto de la malla dista 5 kilómetros en la dirección este - oeste de su vecino más próximo, y 7 kilómetros en la dirección norte–sur.

El modelo corresponde a:

$$y_{ij} = \mu + \beta_j + \gamma_{ij}$$

Donde

y_{ij} :Variable y de la unidad secundaria i de la unidad primaria j
 μ :Media General
 β, γ :Componentes del modelo.

Este modelo explica mejor el valor de y_i que el modelo $y_i = \mu + e$, ya que la fuente de variación es explicada en términos de componentes específicos de la varianza.

Bajo este modelo general:

Valor poblacional total

$$Y = \sum_j^M \sum_i^N y_{ij}$$

el promedio poblacional es:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_j^M \sum_i^N y_{ij}}{MN}$$

con el estimador

$$\hat{Y} = \frac{\sum_j^m \sum_i^n y_{ij}}{mn}$$

Variación entre Conglomerado Primarias

$$\sum_j^M \sum_i^{N_j} (y_{ij} - \bar{y}_j)^2$$

Variación dentro de las Unidades

$$\sum_j^M n_j (\bar{y}_j - \hat{Y})^2$$

Varianza muestral total con corrección por población finita:

$$S^2 = \left(1 - \frac{m}{M}\right) \frac{s_\beta^2}{m} + \left(1 - \frac{n}{N}\right) \frac{s_\gamma^2}{n}$$

s_β^2 : Componente de la varianza de los conglomerados

s_γ^2 : Componente de la varianza de las parcelas

M : Número total de conglomerados **m** : número de conglomerados muestreados

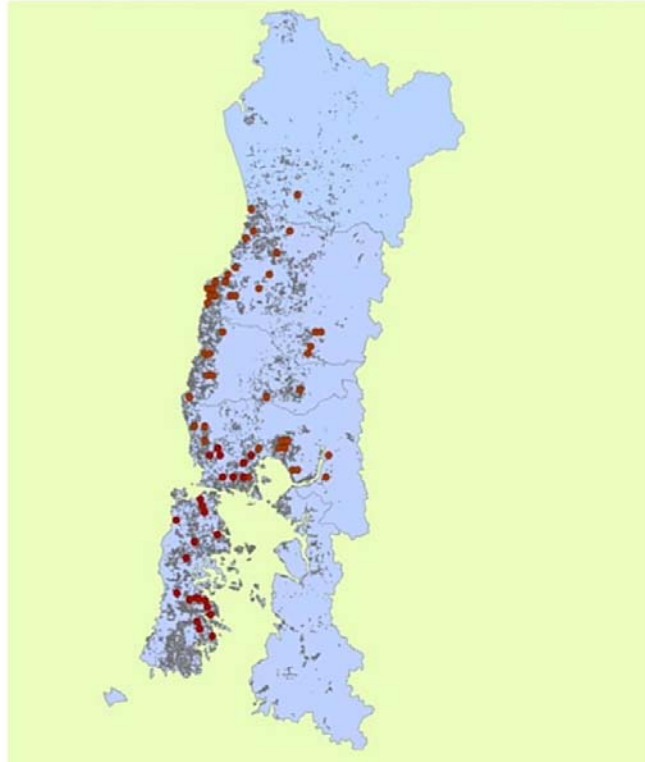
N : Número total de unidades de registro **n** : Número de unidades de registro muestreadas.

El análisis de varianza así planteado, permite aplicar estimadores distintos a diversas situaciones del recurso. Si el bosque bajo estudio presenta un mosaico espacial de situaciones, las cuales son identificables por medio de material auxiliar (fotografías o imágenes satelitales), el modelo explicativo anterior permite definir cuál es el estimador apropiado para la situación, esto es, estimadores más eficientes. Para este particular ejemplo, el muestreo aleatorio no sería el más eficiente, sino el estratificado o restringido aleatorio.

Estos estimadores permiten calcular el grado de error definido por la muestra, es decir, en que rango de intervalo se encuentra el valor estimado. Para el caso de este inventario el error esperado es menor al 20% en volumen bruto a nivel del área de estudio.

Se seleccionaron aquellos puntos de la malla sistemática que se traslapan sobre los polígonos del Catastro CONAF – CONAMA (1997) clasificados como formación de renoval de Canelo (ver figura N° 2). Esto genera un total de 61 conglomerados.

Figura N° 2
DISTRIBUCIÓN DE RENOVALES DE CANELO Y PUNTOS DE MUESTREO DEL INVENTARIO

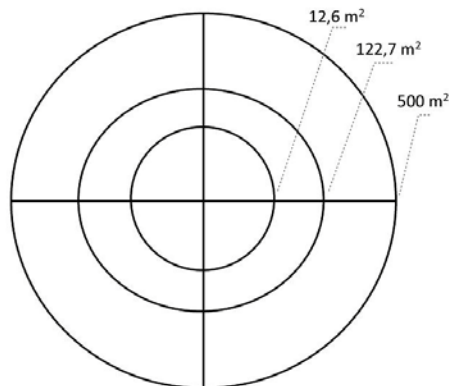


La metodología se ha descrito en detalle en el Manual N° 40 (2009) del Instituto Forestal, considerando a continuación una síntesis de su contenido.

- **Muestreo de árboles**

Los árboles se miden en parcelas circulares equivalentes y concéntricas (figura N° 3) que varían en tamaño, de acuerdo al siguiente esquema: árboles que tienen un tamaño mayor o igual a 25 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho (1,3 m)) se miden en las parcelas de 500 m², los árboles de DAP mayor o igual a 8 cm y menor que 25 cm se miden dentro de las parcelas de 122 m², y los árboles menores a 8 cm en DAP se miden dentro de parcelas de 12,6 m².

Figura N° 3
PARCELA CIRCULAR CONCÉNTRICA DE ÁREA EQUIVALENTE



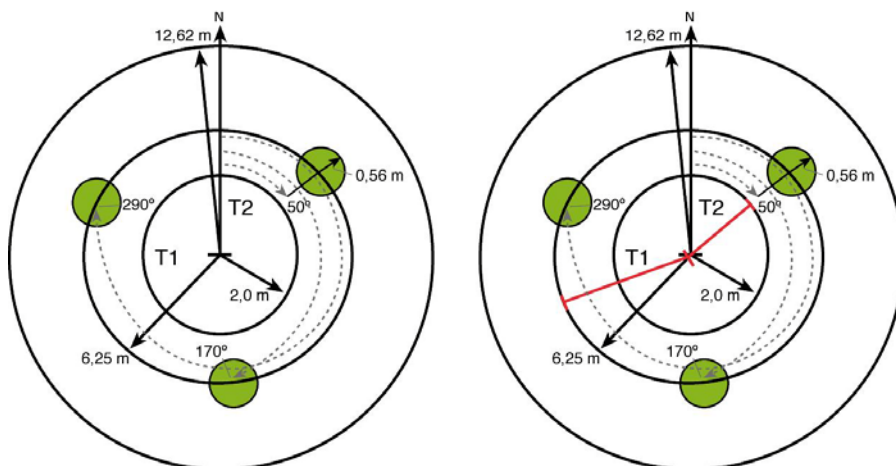
A todos los árboles se le identifica la especie, se mide su DAP, espesor de corteza y diámetro de copa en 2 sentidos (N-S, E-O). Se estima su estado sanitario, y se reconocen los posibles tipos de daños o enfermedades y agentes causantes. Cada árbol es posicionado dentro de un croquis, estimando su ubicación relativa. Se describe su vigor de acuerdo a la apariencia de su copa.

De todos los árboles contenidos en las respectivas parcelas se selecciona una submuestra de donde se obtienen mediciones más detalladas como: altura total del árbol, altura en donde se inicia la copa, la altura del tocón y la sección del árbol a un tercio de su altura total, entre otras.

- **Muestra dentro de cada parcela**

Vegetación y regeneración: Dentro de cada parcela del conglomerado se sitúan 3 parcelas de 1 m² cada una cuyo objetivo es medir la vegetación presente, en particular la presencia de helechos, bambusáceas, arbustos y pastos y hierbas, así como la regeneración de los árboles, según se muestra en verde, en las figuras 4 y 5.

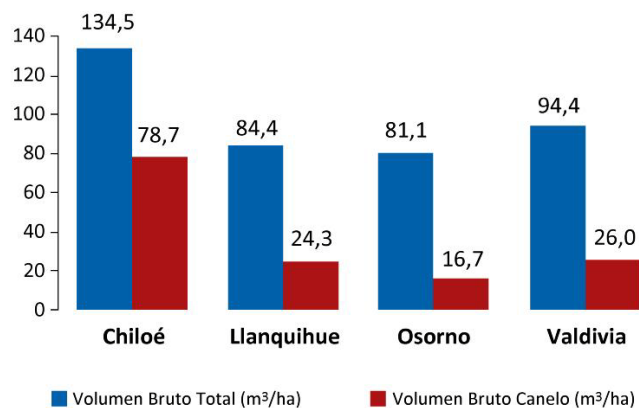
Figura N° 4 y 5
DISTRIBUCIÓN DE RENOVALES DE CANELO Y PUNTOS DE MUESTREO DEL INVENTARIO



Residuos leñosos gruesos y finos: En cada parcela se establece un muestreo en transectos para cuantificar los residuos leñosos gruesos y los residuos leñosos finos como se presentan en la figura 5 en color rojo.

A nivel de parcela se registra también la descripción del manejo, si es que procede (tipo, intensidad), estado de desarrollo, forma de establecimiento. Se incluyen variables topográficas como pendiente, forma de la pendiente y la exposición. Signos de pastoreo, presencia de agua, presencia de erosión y características del drenaje. Presencia de Flora en peligro de extinción y presencia de fauna. Si existen obras civiles también se detalla su descripción.

Figura N° 6
VOLUMEN BRUTO DE TODAS LAS ESPECIES DEL CONGLOMERADO COMPARADO CON EL ACUMULADO EN LOS ÁRBOLES DE CANELO, DIFERENCIADOS POR PROVINCIA



- **Muestras a nivel del conglomerado**

A nivel de conglomerado se miden a través de métodos de campo las variables de suelo que incluyen color (según tabla Munsell), pH, profundidad de suelo, profundidad de humus y de hojarasca. Textura, estructura, pedregosidad y condición de humedad, entre otras.

Para cada conglomerado se realizan descripciones generales reflejando lo observado en las parcelas establecidas y en el trayecto a las parcelas, éstas dicen relación con el grado de intervención antrópica, la presencia de obras civiles, el nivel de alteración, el estado evolutivo. También se observa la presencia de agua en los alrededores, así también como fauna, o flora en peligro de extinción que esté fuera de las parcelas (en el trayecto a su instalación cercana al punto de muestreo).

- **Procesamiento del inventario**

Durante el proceso de validación de la información registrada, se utilizan gráficos y filtros que permiten identificar aquellos datos que destacan del comportamiento poblacional, se verifican y corrigen en la medida que se disponga de información para ello o bien se excluyen del análisis.

Para este estudio se construyeron:

- FUNCIONES DAP-ALTURA
- CALCULO DE VOLUMEN CUBICO INDIVIDUAL BRUTO
- CALCULO DEL CRECIMIENTO ANUAL PERIODICO INDIVIDUAL

Para funciones de volumen y de crecimiento se recurre a funciones publicadas que son descritas en el Anexo 1, para las distintas especies. Se ajustan modelos conocidos para la relación dap-altura. El método de estimación para el incremento anual periódico individual utilizado es el descrito por Husch (1982).

Una vez completada la estimación a nivel de individuos se construyen las estimaciones de existencias.

Estimación de totales por hectárea y por especie: Número de árboles, área basal, volumen cúbico bruto. Para estimar el número de árboles total por hectárea, el área basal o el volumen definido por cada parcela, se aplica el factor de expansión relativo al tamaño de cada círculo concéntrico dentro de la parcela por la siguiente fórmula:

$$Narb / ha = f_{12.62} * n_{12.62} + f_{6.25} * n_{6.25} + f_{2.0} * n_{2.0} + f_{0.56} * n_{0.56}$$

$$AreaBasal / ha = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n_{12.62}} g_i + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n_{6.25}} g_i$$

$$VolB / ha = f_{12.62} \sum_{i=1}^{n_{12.62}} v_i + f_{6.25} \sum_{i=1}^{n_{6.25}} v_i$$

$$VolB / ha_{especie} = f_{sp,12.62} \sum_{i=1}^{n_{12.62}} v_{sp,i} + f_{sp,6.25} \sum_{i=1}^{n_{6.25}} v_{sp,i}$$

Donde:

- n_k** :Número de árboles en la parcela concéntrica de radio k ,
 g_i :Área Basal del árbol individual ($g = \Pi/4*(DAP^2)$)
 v_i :Volumen de árbol individual en m^3 s.s.c. de acuerdo a función de volumen sólido para árboles cubicables y para la especie.

El subíndice representa el radio de la parcela concéntrica y f el factor de expansión. Para el caso de árboles cubicables se consideran en esa y formulas más adelante los factores $f_{2.0}$ y $f_{0.56}$ iguales a cero.

Para el caso del cálculo de las variables por hectárea y por especie, estimados a partir de las parcelas concéntricas, se aplica la misma fórmula desagregando las variables respectivas de la parcela concéntrica en las diversas especies.

- ESTIMACIÓN DE LA ALTURA MEDIA
- ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIODICO POR HECTÁREA
- ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO PERIODICO EN CLASES DE DIÁMETRO
- ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO EN AREA BASAL POR HECTÁREA EN UN PERÍODO "P"
- ESTIMACIÓN DEL CRECIMIENTO ANUAL PERIODICO EN VOLUMEN BRUTO POR HECTÁREA

La estimación de la altura media de la parcela se realiza por medio de la aplicación de la media ponderada de las alturas estimadas por los factores de expansión correspondientes a los diámetros de las alturas determinadas para cada árbol de la parcela.

Para la estimación del crecimiento se recurre al procedimiento de extracción de tarugos por medio de taladros de incremento de acuerdo al método de trabajo de INFOR y del cálculo de las relaciones funcionales lineales anteriormente detalladas.

- Procesamiento a nivel de la población

A partir de las unidades muestrales definidas en el diseño muestral y del número definitivo medido en la toma de datos de terreno, se procede calcular algunos estadígrafos que reflejan la calidad de la estimación por la vía de describir la incertidumbre estadística asociada a los

estimados. Así los estimados de las existencias volumétricas en m³s.s.c. de la población definida según los párrafos anteriores son:

Valor poblacional total $Y = \sum_j^M \sum_i^N y_{ij}$

la Media total: $\hat{Y} = \frac{\sum_j^M \sum_i^N V_{ij}}{MN}$

Varianza Muestral de la Media
 Total con corrección por población finita: $Var(\hat{Y}) = \frac{\sum_j^M (v_j - \hat{Y})^2}{\left(\sum_j^n n_j\right)(m-1)}$

Cálculo del error asociado a la Media Total: $Error(\hat{Y}) = t_g \hat{S}$

\hat{Y} : Volumen medio total m³s.s.c del área de estudio ambas regiones
 V_j : Volumen cúbico sólido en pie de la parcela i (i=1,n) del conglomerado j={1,m}
 v_j : Volumen medio por hectárea del conglomerado j en m³s.s.c.
 n_j : Número de parcelas secundarias del conglomerado j
 M : Número de conglomerados en las regiones
 $Error(\hat{Y})$: Error absoluto de la media total en m³s.s.c.
 \hat{S} : Desviación estándar de la media en m³s.s.c.

De forma similar, las expresiones anteriores se aplican para esquemas más desagregados de estimación como cálculo de las existencias a nivel regional y provincial y sus respectivos errores muestrales.

Resultados del inventario

El número total de muestras analizadas corresponden a 67 conglomerados.

Región	Número de Conglomerados
Araucanía	2
Los Ríos	18
Los Lagos	47
Macro Región	67

De los conglomerados levantados en terreno sólo 2 se ubicaron en la Araucanía, ambos con valores estimados de parámetros muy similares. Si bien para la población total aportan información, a nivel región esta muestra no resulta representativa, y sus datos estimados se presentan sólo a nivel referencial.

Los resultados a nivel de conglomerados se presentan en el anexo 2, entregando los valores promedio por conglomerado en términos del número de árboles por hectárea, el área basal, diámetro medio cuadrático y volumen bruto (volumen sólido sin corteza sin deducción por defectos de la parte fustal del individuo sin considerar la parte aérea).

Las cifras estimadas a nivel del área de estudio y de cada región se presentan en el cuadro Nº 3 y 4, donde se observa que las existencias volumétricas medias en la macroregión alcanzan 188,8 m³ por hectárea, lo que generaría para las regiones estudiadas existencias de superiores a los 42 millones de metros cúbicos, estimados con un error del 10,8%. La Región de la Araucanía está representada por muestra pequeña proveniente de la Provincia de Cautín, es por eso que se omite su valores de error.

Cuadro Nº 3 EXISTENCIAS PARA EL RENOVALES DE CANELO POR REGIÓN				
Región	Superficie(ha)	Existencias medias (m ³ ssc/ha)	Existencias brutas(m ³ ssc)	Error de la media (%)
Macroregión	226.525,7	188,8	42.776.209,4	10,84
La Araucanía	10.157,4	82,3	836.265,8	(*)
Los Rios	39.225,8	226,7	8.892.101,5	15,33
Los Lagos	177.142,5	177,9	31.510.817,5	13,73

Cuadro Nº 4 VARIABLES PRINCIPALES POR REGIÓN				
Región	Área Basal (m ² /ha)	Diámetro Medio Cuadrático (cm)	Altura Total promedio (m)	Número de árboles/ha
Macroregión	31,5	18,0	14,4	1.243
La Araucanía (*)	22,3	14,8	11,2	1.306
Los Rios	41,9	21,0	10,4	1.205
Los Lagos	27,5	16,7	12,1	1.256

(*) Estimaciones regionales sólo a modo referencial por presentar un bajo número de muestras.

Las tablas y gráficos que se presentan a continuación detallan el comportamiento del volumen, número de árboles y área basal para las provincias inventariadas, con número suficiente de muestras. El volumen promedio a nivel provincial bordea los 100 m³/ha, en volumen bruto con

una alta desviación estándar de 83,9 m³/ha., considerando el total de especies. Al considerar sólo los árboles de canelo el volumen bruto alcanza en promedio lo 40 m³/ha. Sin embargo los valores más altos se presentan en Chiloé, donde el volumen de los árboles de canelo alcanza en promedio 78,7 m³/ha y el volumen total considerando todas las especies es en promedio 134,5 m³/ha como se observa en la figura 6.

Figura N° 6
VOLUMEN BRUTO DE TODAS LAS ESPECIES DEL CONGLOMERADO COMPARADO CON EL ACUMULADO EN LOS ÁRBOLES DE CANELO, DIFERENCIADOS POR PROVINCIA

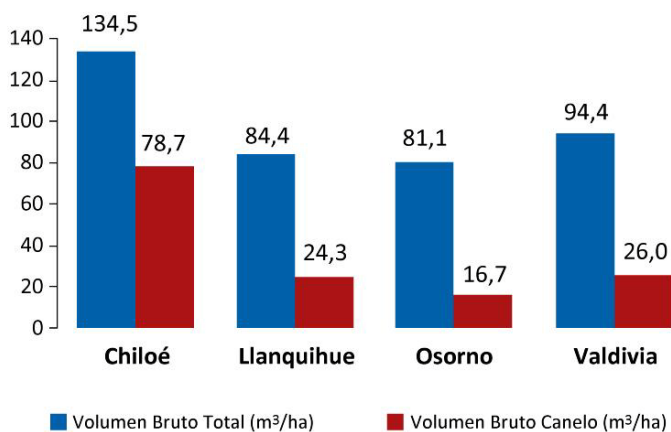


Figura N° 7
NÚMERO DE ÁRBOLES POR HECTÁREA CONSIDERANDO TODAS LOS ÁRBOLES DEL CONGLOMERADO COMPARADO CON EL ACUMULADO SÓLO EN ÁRBOLES DE CANELO, DIFERENCIADOS POR PROVINCIA

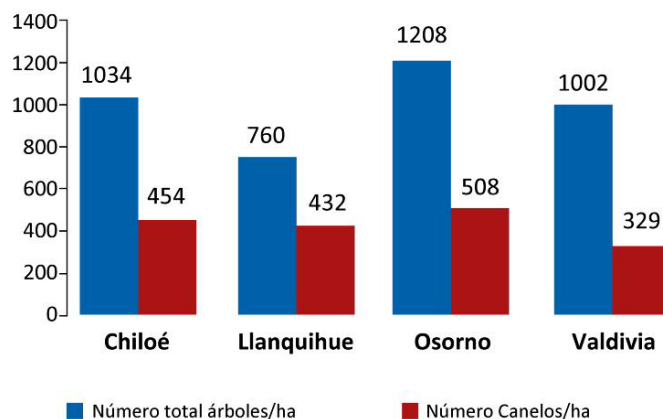
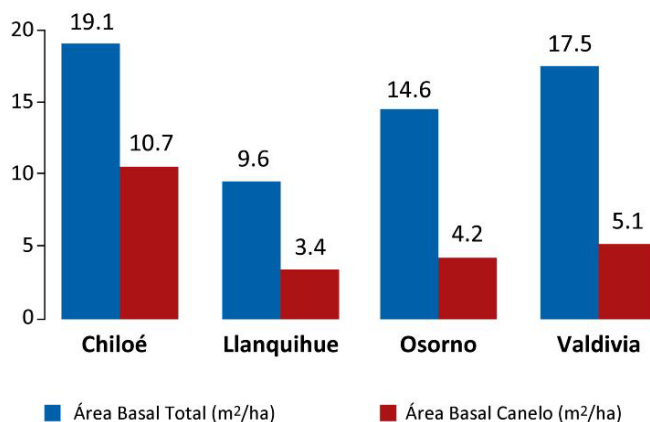


Figura N° 8

ÁREA BASAL DE TODAS LAS ESPECIES DEL CONGLOMERADO COMPARADO CON EL ACUMULADO SÓLO EN ÁRBOLES DE CANELO, DIFERENCIADOS POR PROVINCIA



- **Distribución de existencias volumétricas por especie**

Las existencias por especie se entregan en los cuadros N°: 5, 6 y 7 a continuación:

Cuadro N° 5 VARIABLES DE ESTADO DE LA MACROREGIÓN				
ESPECIE -NOMBRE COMUN	NÚMERO ÁRBOLES (ha)	AREA BASAL (m²/ha)	VOL BRUTO (m³/ha)	DAP (cm)
Canelo	505,82	10,40	62,22	21,31
Coigüe	77,89	2,72	19,52	28,17
Mañío	57,30	3,77	18,40	36,71
Tepa	58,74	2,20	16,98	29,03
Ulmo	41,62	1,59	9,83	27,13
Arrayán	67,09	1,31	8,66	20,6
Tineo	11,19	0,90	8,59	37,59
Luma	119,45	1,74	7,85	16,97
Coigüe de Chiloé	29,64	0,61	5,32	21,65
Trevo	12,66	0,61	5,19	32,31
Meli	23,23	0,99	4,89	30,89
Patagua	28,22	0,73	3,81	24,67
Lleuque	9,48	0,54	2,24	34,79
Avellano	30,76	0,45	2,21	16,54
Olivillo	6,68	0,31	2,07	31,5
Notro	24,38	0,33	1,73	16,69
Tepú	21,57	0,32	1,62	15,88

Tiaca	7,74	0,23	1,56	25,03
Ñirre	10,95	0,23	1,32	20,74
Radal	4,57	0,19	1,15	30,24
Otras	32,89	0,43	0,91	15,02
Sauco	5,98	0,15	0,72	24,44
Maitén	0,69	0,08	0,56	43,15
Pillo pillo	26,88	0,34	0,55	14,09
Laurel	0,35	0,03	0,29	40,8
Roble	0,35	0,03	0,20	36
Pitra	7,07	0,05	0,19	10,82
Alerce	1,41	0,03	0,15	19,5
Espino	2,83	0,02	0,07	11,35
Arrayán macho	1,41	0,01	0,00	10,5
Fuinque	12,73	0,14	0,00	13,6
Piñol	1,41	0,02	0,00	14,5
TOTAL	1243,00	31,50	188,80	

Cuadro Nº 6				
VARIABLES DE ESTADO REGIÓN DE LOS RÍOS				
ESPECIE -NOMBRE COMUN	NÚMERO ÁRBOLES (/ha)	AREA BASAL (m ² /ha)	VOL BRUTO (m ³ /ha)	DAP (cm)
Mañío	125	10,39	46,41	38,7
Canelo	352	8,24	45,24	22,3
Trevo	45	2,23	21,03	31,8
Tepa	32	2,05	18,61	35,9
Meli	30	2,92	16,31	39,8
Patagua	91	2,62	15,01	25,2
Luma	208	3,21	13,12	16,3
Ulmo	19	1,76	11,05	44,2
Lleuque	34	2,10	9,31	34,8
Olivillo	23	1,11	8,00	31,3
Coigüe	43	1,35	7,88	26,4
Arrayán	6	0,39	3,11	39,2
Avellano	42	0,72	3,10	17,4
Tineo	4	0,28	1,72	33,9
Coigüe de Chiloé	3	0,13	1,48	29,0
Notro	10	0,21	1,29	17,6
Laurel	1	0,13	1,21	40,8
Tiaca	6	0,14	1,11	21,6
Roble	1	0,10	0,84	36,0
Tepú	10	0,22	0,77	17,0
Pillo pillo	51	0,85	0,07	15,5
Arrayán macho	5	0,04	0,00	10,5
Fuinque	26	0,30	0,00	13,5
Otras	21	0,24	0,00	13,5

Piñol	5	0,07	0,00	14,5
Sauco	10	0,10	0,00	12,7
TOTAL	1205	41,91	226,69	

Cuadro Nº 7 VARIABLES DE ESTADO REGIÓN DE LOS LAGOS				
ESPECIE -NOMBRE COMUN	NÚMERO ÁRBOLES (/ha)	AREA BASAL (m ² /ha)	VOL BRUTO (m ³ /ha)	DAP (cm)
Canelo	578	11,21	68,61	21,1
Coigue	94	3,24	23,67	28,5
Tepa	72	2,28	16,79	27,7
Tineo	15	1,14	10,98	38,2
Arrayán	94	1,66	10,63	20,0
Mañío	33	1,49	9,68	32,4
Ulmo	52	1,55	9,62	24,4
Coigüe de Chiloé	42	0,79	6,66	21,1
Luma	89	1,24	6,30	17,6
Avellano	27	0,36	1,97	16,0
Tepú	27	0,36	1,92	15,7
Notro	31	0,38	1,90	16,6
Ñirre	16	0,31	1,78	20,7
Tiaca	9	0,26	1,74	25,9
Radal	7	0,26	1,54	30,2
Meli	19	0,31	1,25	18,1
Sauco	5	0,17	0,96	28,4
Pillo pillo	18	0,16	0,72	12,6
Patagua	5	0,07	0,25	20,5
Pitra	10	0,07	0,25	10,8
Alerce	2	0,04	0,21	19,5
Olivillo	0	0,03	0,20	33,7
Trevo	0	0,05	0,16	41,5
Espino	4	0,03	0,10	11,4
Fuinque	8	0,09	0,00	13,7
TOTAL	1256	27,55	177,88	

- **Resultados tabulares de variables cuantitativas – Tablas de existencias**

Las Tablas de Existencias resumen la estructura de tamaños del recurso por clase de diámetro (DAP) bajo diversos atributos de interés y características.

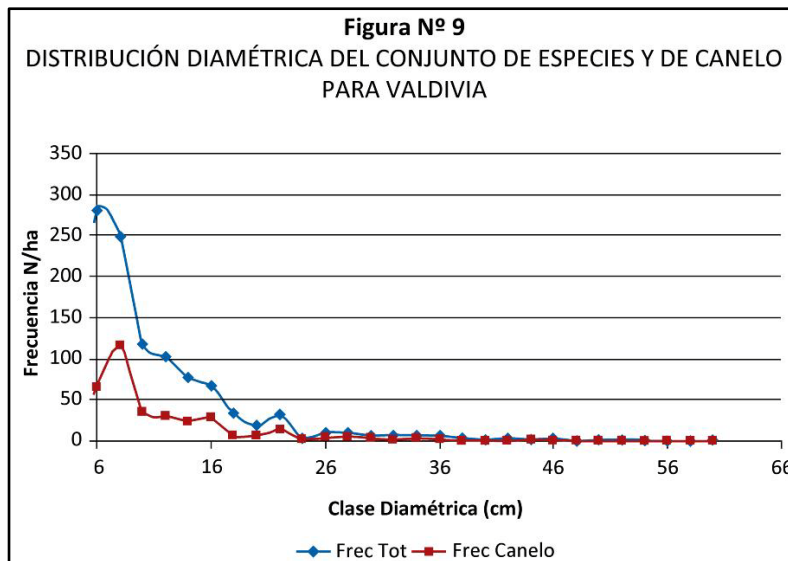
Cuadro N° 8			
TABLA DE EXISTENCIA A NIVEL DE MACROREGIÓN			
DAP clase (cm)	ÁREA BASAL (m ² /ha)	VOLUMEN (m ³ /ha)	NÚMERO DE ÁRBOLES (/ha)
12	2,27	8,78	319,9
14	2,22	8,95	222,2
16	2,10	9,91	157,1
18	2,48	13,46	143,0
20	1,65	9,24	76,4
22	2,26	13,68	84,9
24	1,51	9,22	48,1
26	1,45	8,48	39,2
28	1,27	8,43	29,2
30	1,10	7,39	21,9
32	1,10	7,40	19,1
34	0,99	6,66	15,3
36	0,86	6,42	11,8
38	0,92	6,88	11,1
40	0,39	2,62	4,2
42	0,59	4,19	5,9
44	0,65	5,10	5,9
46	0,42	2,71	3,5
48	0,14	1,01	1,0
50	0,25	1,77	1,7
52	0,60	4,69	3,8
54	0,12	1,05	0,7
56	0,25	2,34	1,4
58	0,34	2,13	1,7
60	0,15	1,05	0,7
62	0,24	1,20	1,0
64	0,24	2,12	1,0
66	0,26	1,28	1,0
68	0,28	2,09	1,0
72	0,21	1,20	0,7
76	0,23	1,29	0,7
78	0,12	0,76	0,3
80	0,39	2,70	1,0
82	0,55	3,09	1,4
84	0,29	2,29	0,7
86	0,15	0,94	0,3
90	0,33	1,38	0,7
92	0,35	2,45	0,7
100	0,21	2,62	0,3
104	0,22	2,54	0,3
106	0,23	1,45	0,3
110	0,25	2,25	0,3

116	0,28	1,74	0,3
118	0,28	0,89	0,3
122	0,30	0,95	0,3
TOTAL	31,5	188,8	1243

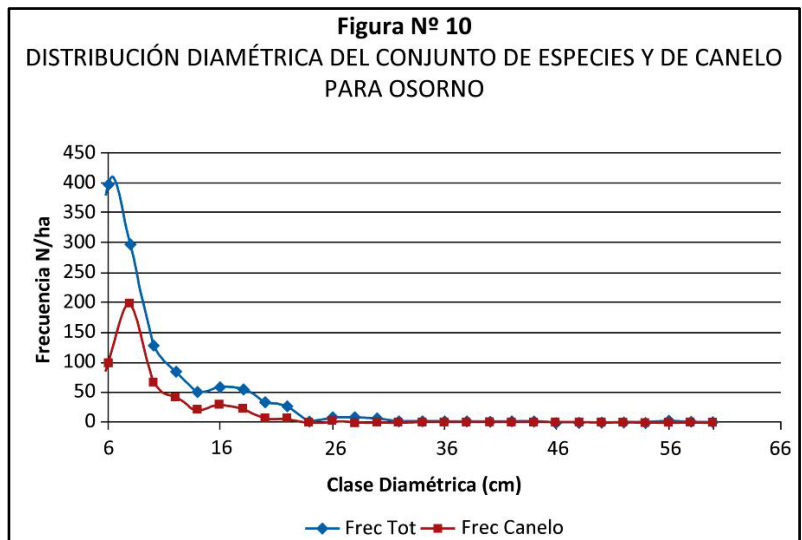
Caracterización estructural de los renovales

- Distribución diamétrica

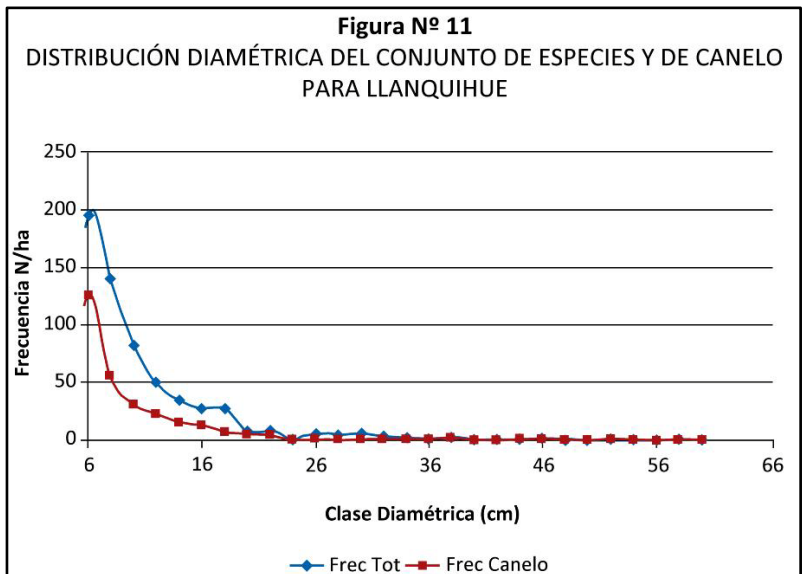
Se utiliza la distribución diamétrica como una forma de definir la estructura de los renovales de canelo. Esta corresponde a la abundancia de árboles, por hectárea, distribuida en clases de tamaño de árbol, representado por los diámetros a la altura del pecho (DAP) en una determinada área o características de interés. En este caso se presenta la abundancia como frecuencia de los árboles de todas las especies y se compara con la abundancia de los árboles de Canelo, para cada una de las provincias (figuras Nº 9, 10, 11 y 12).



Las curvas resultantes mantienen, en general la distribución característica de los renovales, que es la de J-invertida.

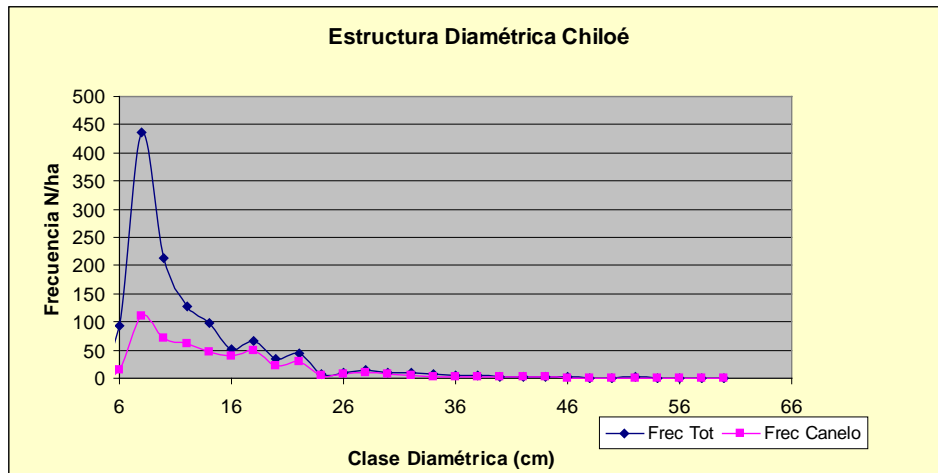


En abundancia relativa se observa que Osorno tiene mayor número de árboles que Valdivia, considerando tanto el total de especies como Canelo en forma exclusiva.



Es Osorno y Chiloé donde se acumula la mayor abundancia de Canelo, y en general de árboles, sin embargo Chiloé es la que presenta más abundancia en tamaños mayores.

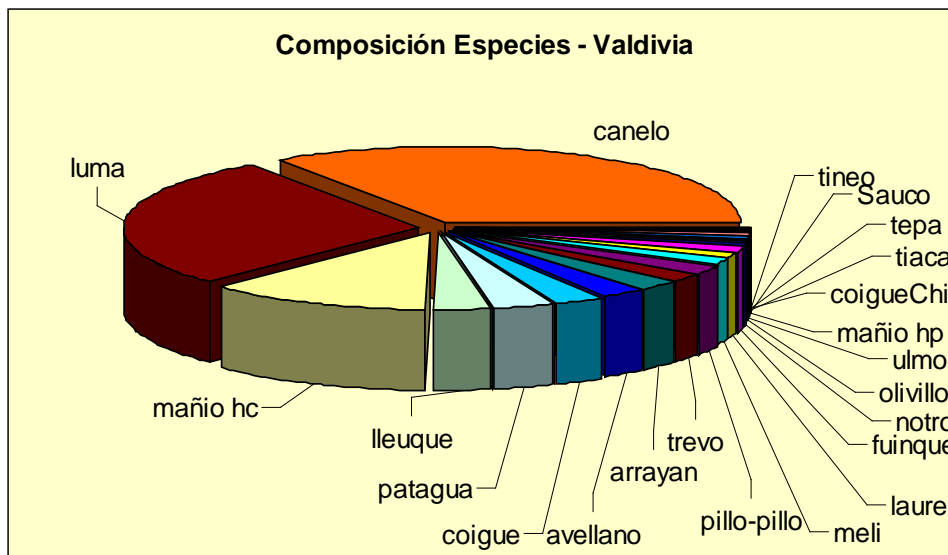
Figura Nº 12
DISTRIBUCIÓN DIAMÉTRICA DEL CONJUNTO DE ESPECIES Y DE CANELO PARA CHILOÉ



- Composición de especies

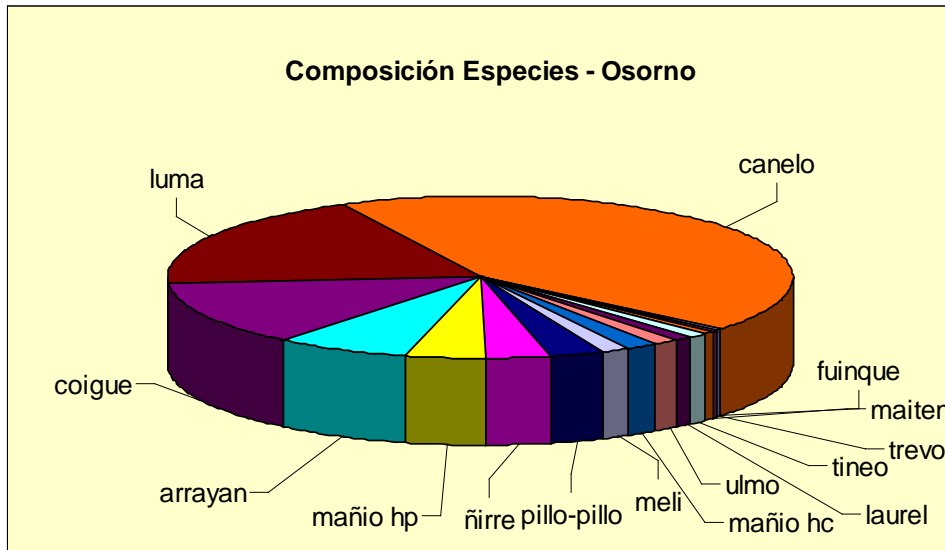
La composición de especies es otra forma de representar la estructura de bosque. Tal como se presenta la dispersión en el tamaño de los árboles, se presenta también la dispersión en diversidad de especies (figuras N° 13, 14, 15 y 16). Se obtiene el número total de árboles (por hectárea) de cada especie por conglomerado, independientemente de su tamaño y se promedia entre todos los conglomerados para la misma zona.

**Figura N° 13
COMPOSICIÓN DE ESPECIES PARA VALDIVIA**



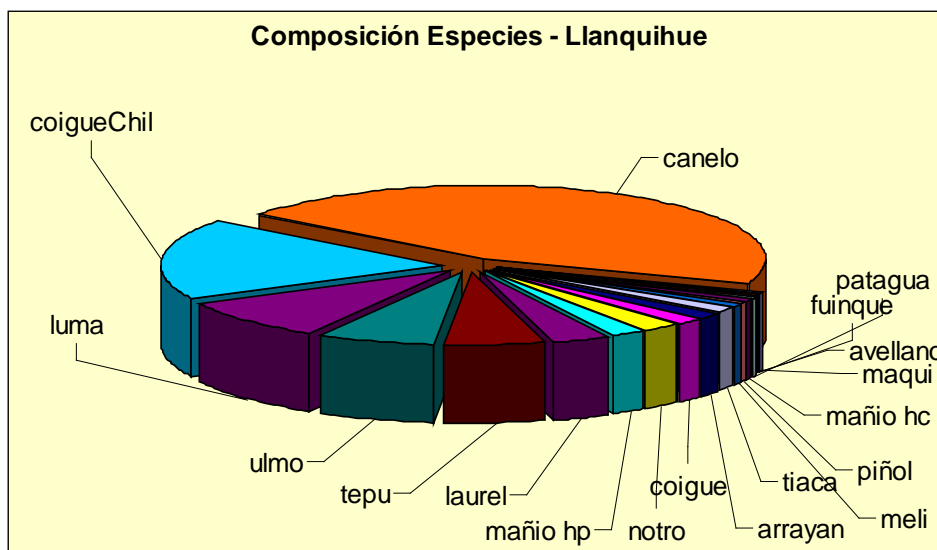
Como se observa de los gráficos Valdivia y Llanquihue son las que presentan un mayor número diferente de especies, 22 y 20, respectivamente.

Figura Nº 14
COMPOSICIÓN DE ESPECIES PARA OSORNO



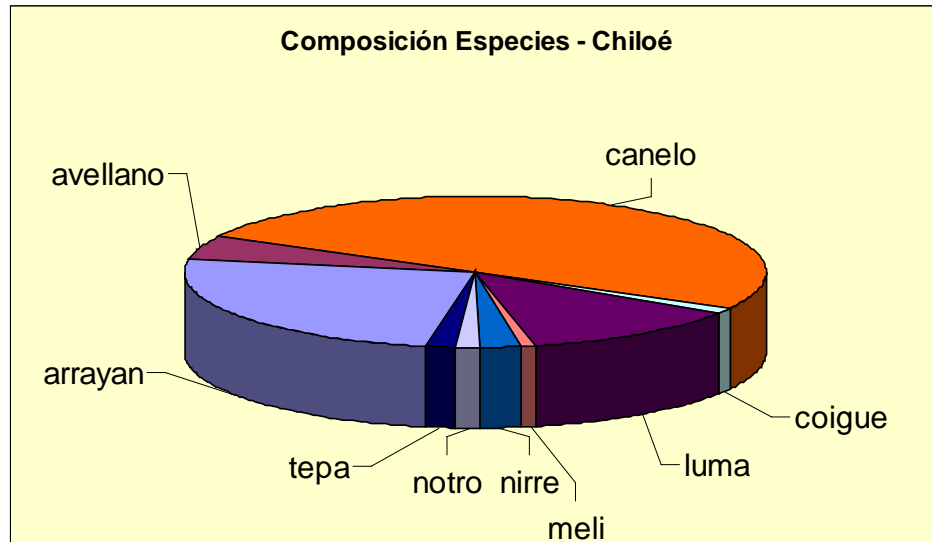
Un poco menos abundante es Osorno con 15 especies distintas.

Figura Nº 15
COMPOSICIÓN DE ESPECIES PARA LLANQUIHUE



Finalmente Chiloé presenta la dispersión más estrecha con sólo 9 especies distintas.

Figura Nº 16
COMPOSICIÓN DE ESPECIES PARA LLANQUIHUE



- Regeneración

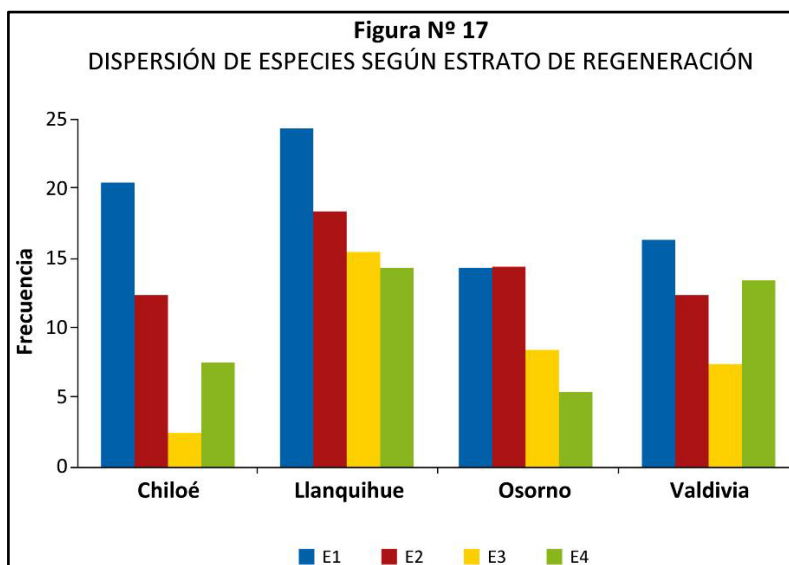
La regeneración, o las variables asociadas a ella, permite estimar cual será la composición y calidad de los bosques futuros, la necesidad de ejercer acciones que permitan un mayor número de futuras plantas de ciertas especies de árboles de interés, o bien la necesidad de aplicar tratamientos que permitan favorecer la abundancia de la regeneración.

En tanto que la observación de la diversidad, composición y estructura de la regeneración a través del tiempo permite detectar cambios que pueden deberse al cambio climático, a la degradación del sitio o la intervención antrópica. Algunas de las especies que se regeneran pueden servir como indicadores de la calidad del sitio, o sirven de protección o alimento a la fauna, y algunas están adquiriendo interés comercial por sus usos medicinales o como productos secundarios no madereros del bosque.

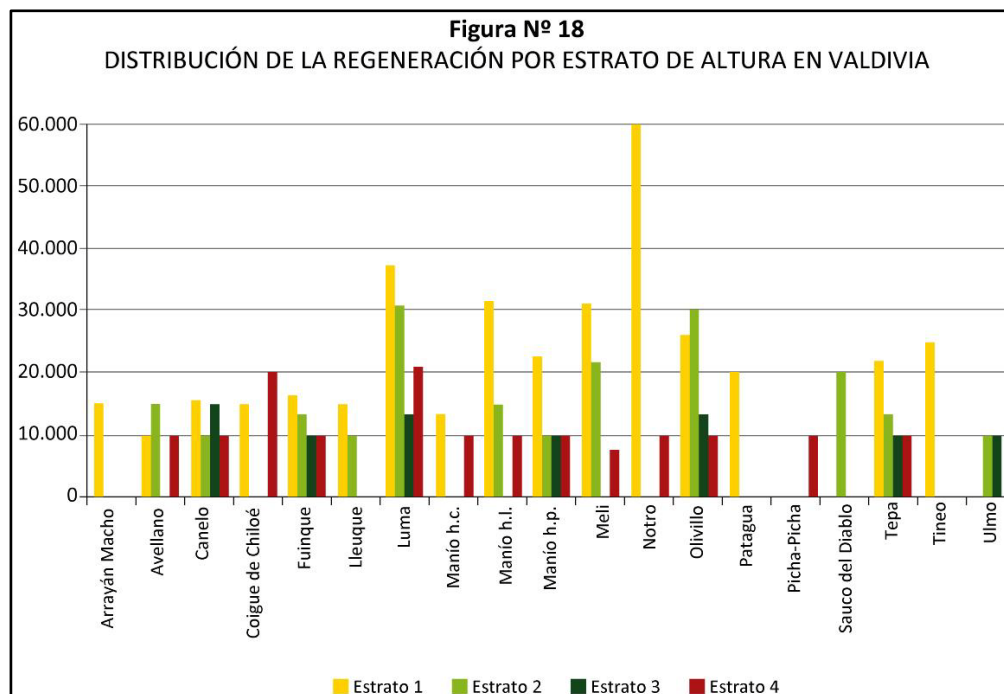
La regeneración se mide dentro de la parcela de 1 m². En ella se distinguen 3 estratos según altura:

Cuadro Nº 9
ESTRATOS DE REGENERACIÓN CONSIDERADOS EN EL INVENTARIO

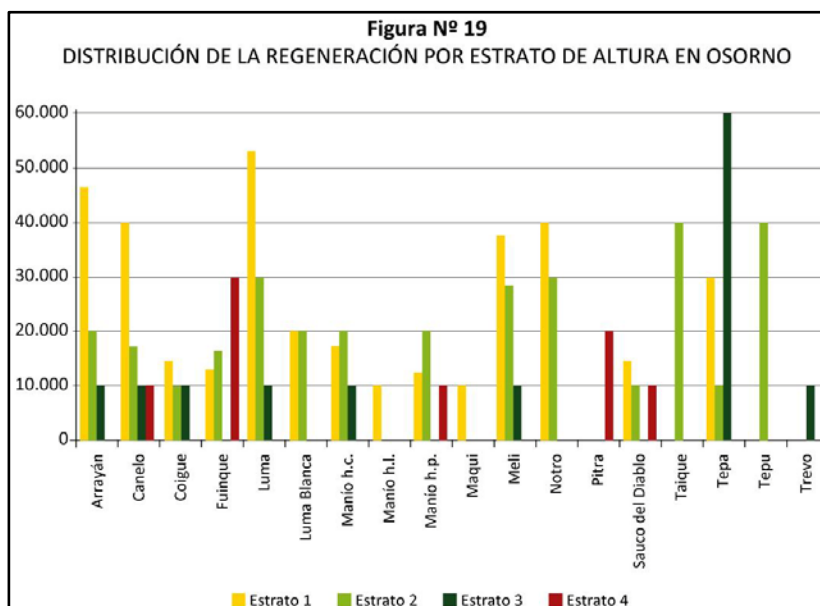
Cuadro Nº 9 ESTRATOS DE REGENERACIÓN CONSIDERADOS EN EL INVENTARIO		
Estrato 1	Estrato2	Estrato3
0 – 0,5 m altura	0,51 – 1,0 m altura	>1,01 m altura



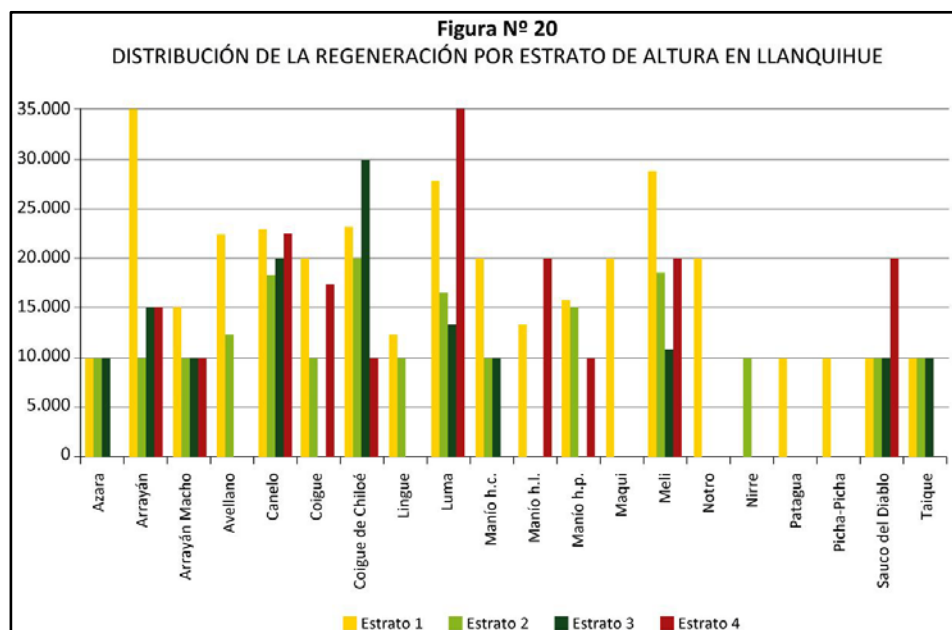
Las figuras 18-21 indican cómo cambia la diversidad de especies en los distintos estratos de altura muestreados para cada provincia.



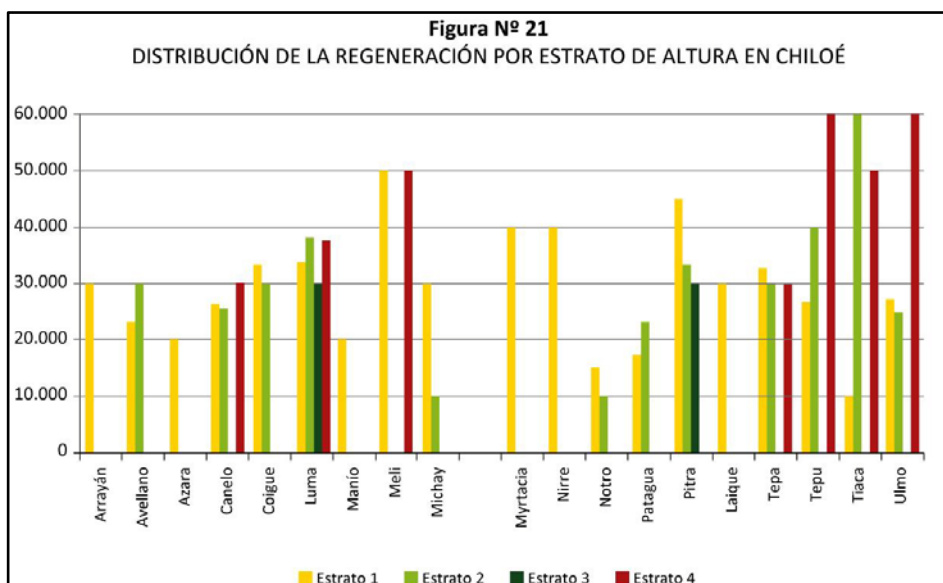
El estrato 1 es siempre el más abundante, como también el más diverso. Sin embargo, en la medida que esta regeneración logra establecerse, son los estratos superiores los que pueden asegurar la continuidad del recurso.



En general el nivel de abundancia es similar, destaca sin embargo Llanquihue, que es la que presenta los menores niveles.



Chiloé resulta la más abundante en el estrato más alto de regeneración, aunque en términos de especies las más abundantes son ulmo, tepú y tiaca.



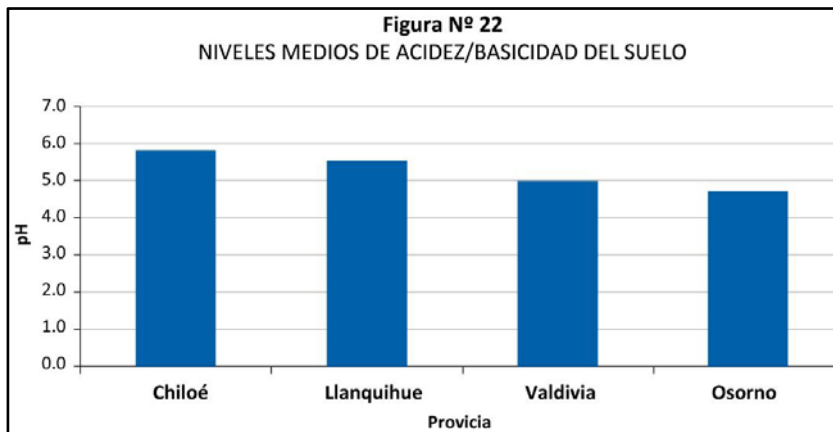
- Descripción de suelos

La descripción general de los suelos, que se realiza a través de métodos de campo, tiene como objetivo diagnosticar las capacidades o potenciales limitaciones que presentan los suelos para el desarrollo de este tipo de formaciones boscosas.

Así el pH o reacción del suelo (figura N° 22), mide la acidez o alcalinidad del suelo a través de la medición de la concentración del ión hidrógeno. El pH expresa el logaritmo decimal con signo negativo de tal concentración. Tiene relación con el grado en el que los nutrientes del suelo y los elementos menores se pueden aprovechar, llegando, incluso algunos, a ser tóxicos porque pasan a ser extremadamente solubles.

Los valores de pH alrededor de 7, indican un suelo neutro, valores mayores indican alcalinidad y valores más bajos indican acidez. Los horizontes superficiales son casi siempre más ácidos que el subsuelo a causa de que los ácidos orgánicos de la materia orgánica tienen una enérgica acción de lavado en la parte superficial.

En zonas de climas templados y secos los pH son neutros o alcalinos, ya que las bases no se lavan y hay pocos materiales ácidos. En climas más fríos y húmedos los pH son ácidos a fuertemente ácidos.

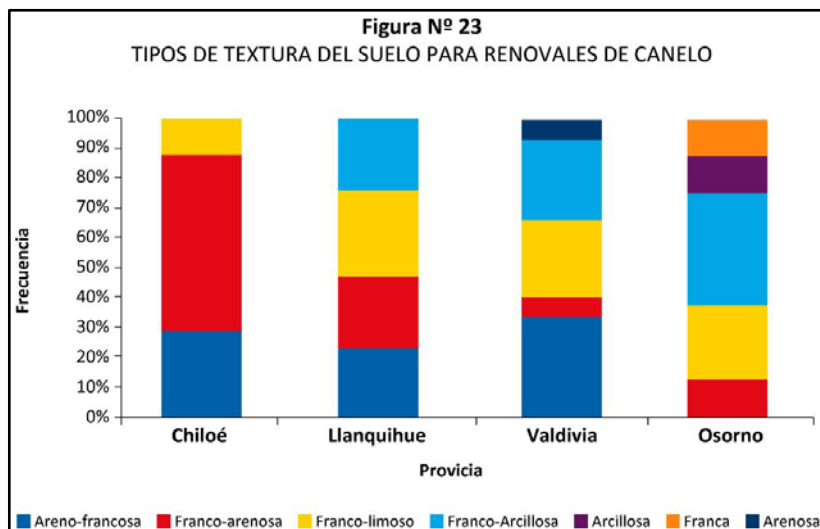


Para los renovales bajo estudio los niveles de pH son ligeramente ácidos, en particular los descritos en Osorno.

Textura

La textura es una de las propiedades más importantes del suelo. La textura influencia la habilidad del suelo para retener agua para las plantas y drenar cualquier exceso de agua, mejorando así la aireación del suelo. También influye en el comportamiento de los nutrientes en el suelo, en el desarrollo de la estructura del suelo y en la facilidad con que un suelo puede ser cultivado.

La textura del suelo puede determinarse con precisión en laboratorio, pero es posible evaluarla adecuadamente en terreno sintiendo el suelo humedecido y la forma en que se comporta un suelo húmedo cuando es moldeado en bolillo y luego deformado.



En general dominan las texturas francas. En Chiloé el predominio es para la textura franco-arenosa. En Llanquihue, se observa una mezcla más bien proporcionada de texturas. En Valdivia resultan más frecuente las texturas areno-francosa y en Osorno la franco-arcillosa.

Estructura

La estructura del suelo se refiere a la forma en que las partículas de minerales primarias se agregan o agrupan en partículas secundarias llamadas agregados del suelo.

La formación de agregados altera el tamaño de los espacios porosos del suelo. En lugar de partículas primarias de arena, arcilla y limo, éstas se agrupan compactadamente, y así las partículas más finas llenan los espacios entre las partículas más gruesas dejando sólo unos pocos poros muy finos. La agregación produce un sistema dual de poros en el suelo.

Un suelo bien agregado contendrá poros finos dentro de agregados individuales y una red conectora de poros más gruesos entre los agregados.

Así el agua en el suelo penetra a través de los poros más gruesos, y también penetra un poco dentro de los poros más finos de cada conglomerado. El exceso de agua drena a través de los poros más gruesos. Algo del agua retenida queda disponible para las plantas en los poros más finos, mientras que luego que el agua ha drenado de los poros más gruesos, éstos almacenan el aire necesario para las raíces de las plantas.

El desarrollo de la estructura del suelo o agregación se describe en términos de la extensión a la cual las partículas del suelo forman agregados, la forma de éstos y su tamaño.

Así la estructura puede clasificarse como:

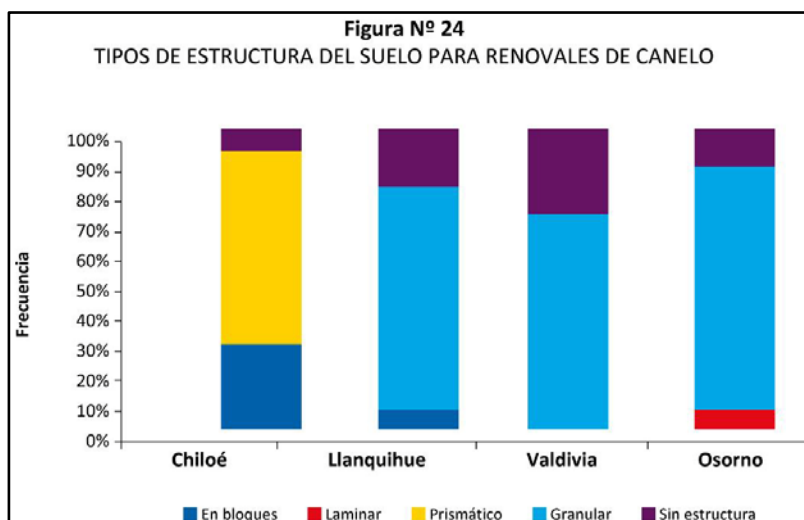
Sin estructura: No se han formado agregados y el suelo sólo consiste de granos individuales separados, como arena o masa de partículas compactas con pocas grietas o grandes poros.

Laminar: Eje vertical en menor relación que el horizontal. Se presenta como ladrillo

Prismática: El eje vertical es de mayor proporción que el horizontal y es típica de suelos alcalinos.

En bloques: Estructura poliédrica en que su eje horizontal y vertical son de igual tamaño (puede también tener los vértices redondeados).

Granular : Agregados casi esféricos, sus radios son similares en todos los sentidos. Los costados laterales no coinciden con los adyacentes.



Sanidad

Se realizó un estudio de los agentes patogénicos que alteran la sanidad de los renovales de Canelo. En este contexto se consideraron daños provocados tanto en las hojas, como en la madera.

Como estados de sanidad con incidencia económica negativa se pudieron identificar daños por viento y pudriciones fustales.

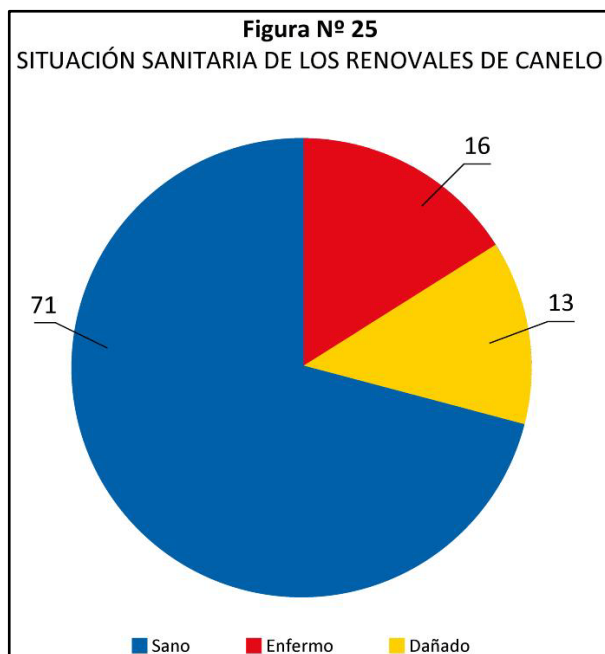
La sanidad de un rodal puede ser alterada por agentes abióticos y agentes biológicos. Los agentes abióticos causan daños, generalmente de una connotación temporal corta que puede darse por ejemplo ápices quemados a causa de heladas o árboles quebrados por el efecto del viento. Los agentes bióticos también pueden causar daños de connotación temporal corta como por ejemplo tallos comidos por roedores pero mayoritariamente causan enfermedades que se manifiestan en síntomas asociados a problemas prolongados en el tiempo como ataque de insectos, bacterias u hongos.

Existe un conjunto de hongos asociados a la especie canelo que no provocan grandes daños (INFOR-CONAF 1997). Entre los más notorios están *Asterinella drimydis* provocando manchas alquitranadas en las hojas (Fernandez 1985) y *Phragmo absidiomycetes* de la familia *Melampsoraceae* que causa manchas amarillas redondeadas en las hojas.

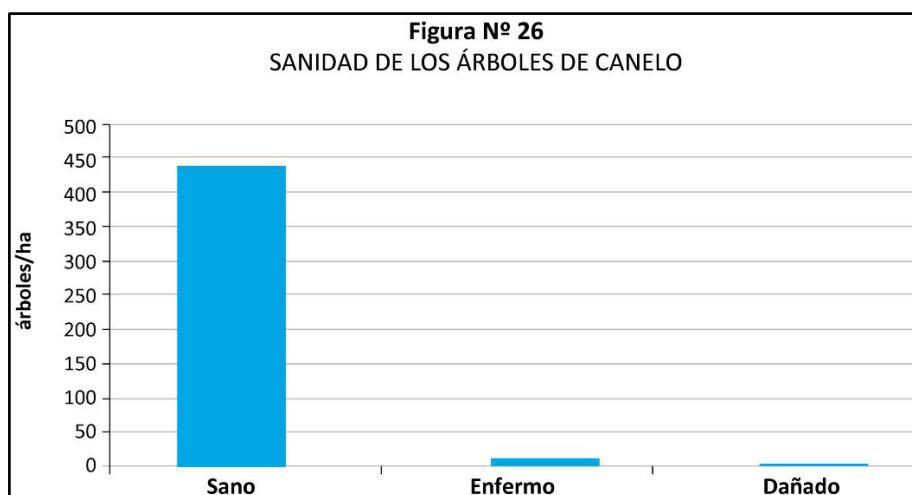
Los principales insectos que atacan Canelo son larvas de Lepidópteros que son minadores de hojas. Una especie de *Toricidae*, juntador de hojas, es observada frecuentemente en plantas jóvenes sin alcanzar densidades que puedan significar un daño a la población. Además se han reportado observaciones de una especie de *Cicidomiidae*, Himenóptero que produce agallas en las hojas.

Otro aspecto sanitario importante que es más difícil de detectar pero es de gran relevancia para el enfoque productivo de los renovales, es la sanidad de la madera. Es por ello que aparte del inventario general de sanidad se realizó un estudio específico de la sanidad de la madera en diferentes sitios.

Los resultados del inventario de sanidad en Chiloé muestran que más del 70 % de los renovales de Canelo se encuentran en un muy buen estado de sanidad. En estos renovales ningún individuo presentó daños que obligarían a considerar como enfermo al árbol.



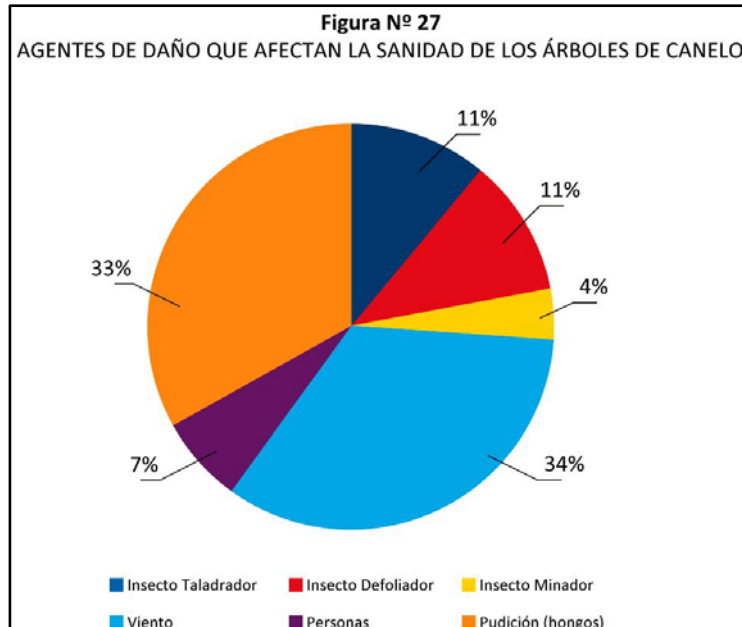
Bajando del nivel de rodal a nivel de árbol individual en promedio 463 árboles por ha están sanos, 16 demuestran señales de estar enfermos y solo 4 están dañados.



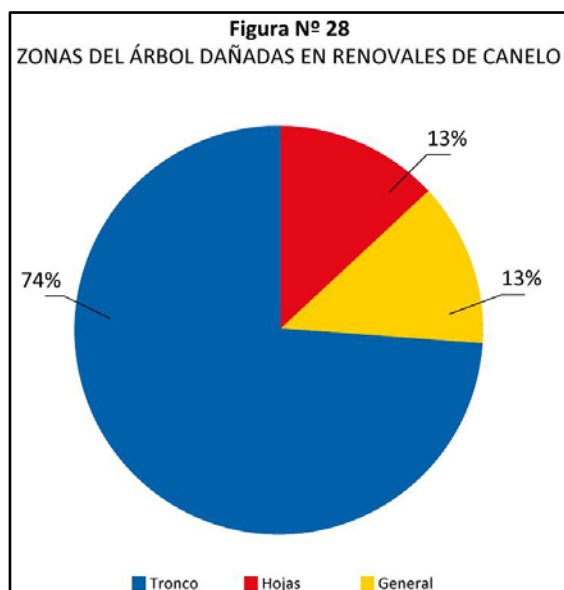
Los agentes de daño observados están descritos en cuadro 10 junto a las zonas del árbol que se encontraban dañados.

Cuadro Nº 10 TIPO Y ZONA DE DAÑOS REGISTRADOS	
Tipo de Daño	Zona de Daño
Insecto taladrador	Tronco
Insecto defoliador	Hojas
Insecto Minador	General
Viento	
Personas	
Pudrición (hongos)	

La mayor cantidad de daños registrados son daños a causa de viento. Generalmente se trata de árboles parcialmente desraizados o con quiebres de parte de la corona o del fuste. El segundo agente de daño más importantes son los hongos que causan pudriciones en el tronco.



Los resultados de la primera etapa de investigación indican que los dos agentes más importantes son la pudrición y el viento. Los dos resultan en un daño al fuste y son por ello de alta incidencia en la producción de madera de alto valor, ya que aumentan el riesgo de producción considerablemente.



Mientras existen numerosos estudios y recomendaciones para reducir el riesgo del daño por viento se sabe poco del agente que provoca la pudrición en la madera de canelo. Para tener una mayor certeza sobre la intensidad de la pudrición fustal en los renovales de canelo se realizó un estudio específico de este aspecto. Esto se hizo necesario porque los daños de la madera muchas veces no se detectan a simple vista en el árbol de pie. Más bien se necesita voltear algunos individuos y analizarlos por dentro.

Estudio específico de sanidad de la madera

El estudio de sanidad de la madera se realizó en los rodales que forman la red de ensayos de raleo desarrollado para el proyecto INNOVA de silvicultura en canelo ya mencionado. Es así que el área de estudio se concentra en el sur de la región de los Lagos abarcando las provincias Llanquihue y Chiloé. El mayor problema de sanidad de impacto económico que se pudo detectar en los renovales de Canelo es la pudrición fustal. En una silvicultura de alto valor esto representa un problema que requiere especial atención. Dado que se realizan inversiones en el rodal a través de raleos durante el tiempo de rotación, la pérdida por pudrición de un tronco de buena forma y dimensiones no es aceptable.

Es por ello que es necesario saber en detalle cuales son los factores que generan o favorecen la pudrición fustal en Canelo para poder evitarla o por lo menos no invertir en rodales con alto riesgo de pudrición.

El estudio realizado no entregó evidencias de una relación entre diámetro o edad y pudrición. Considerando que el rango de edad y diámetro de los rodales estudiados no es muy grande, no se puede descartar que esta relación exista.

La mortalidad y el área basal no se relacionan con los problemas de sanidad fustal, dejando la impresión de que el agente del daño no causa la muerte de los árboles.

La exposición y el régimen de humedad parecen jugar un rol importante en el desarrollo del patógeno. En los rodales con pendiente la pudrición no alcanza más de un 10 %. En los sitios planos en cambio la relación de árboles infestados a árboles sanos, alcanza hasta un 40 % en el área de mayor humedad (Pargua plano).

Una excepción forma un rodal en Río Sur que no ha mostrado pudrición a pesar de estar ubicado en un sector plano y estacionalmente anegado. Una causa podría ser el clima que en este sector es más frío que en el resto de las áreas de investigación. También hay que tener en cuenta que en este lugar la formación vegetacional anterior difiere de los otros sitios lo que podría tener influencia en la presencia del agente.

La caracterización describe las principales variables analizadas, tanto productivas como ecosistémicas. Dentro de los resultados destaca que la distribución del volumen bruto, diferenciado por provincias, donde se observa que los mayores volúmenes se encuentran en Chiloé, tanto en el volumen total considerando todas las especies, como en el volumen de canelo. En el caso del canelo este alcanza cifras cercanas a 79 m³/ha, donde el total con todas las especies es de 135 m³/ha. En número de árboles por hectárea Osorno resulta más abundante, con más de 500 árboles por hectárea de la especie Canelo y 1200 árboles considerando las distintas especies que componen el bosque. Las distribuciones diamétricas siguen las curvas de “j-invertida” de este tipo de formaciones boscosas, y es en Chiloé donde las clases de mayor tamaño son más abundantes. En cuanto a diversidad de especies Valdivia y Llanquihue son las que presentan mayor número de especies distintas de árboles, en tanto Chiloé es la menos diversa. En términos de regeneración todas las localidades tienen abundancia similar de regeneración, salvo Llanquihue que es la que presenta los niveles más bajos.

De los agentes biológicos causantes de daños y enfermedades predominan los insectos defoliadores, taladradores y minadores. Su daño no fue considerado severo en ninguno de los casos, lo que confirma el estado de conocimiento revelado por otros autores y presentado brevemente en la introducción. En este caso la presencia de insectos es parte de la biodiversidad del ecosistema y no requiere actividades de control

En cambio los daños causados por viento de similar magnitud son de importante incidencia económica y requieren una estrategia de control. Los daños por viento son un fenómeno muchas veces relacionados a bosque naturales de coníferas y en este contexto existe un alto nivel de conocimiento en el que se apoya también la estrategia presentada más adelante. En futuro y también con los datos que generarán los ensayos instalados se puede perfeccionar el sistema de manejo en detalle para la especie Canelo.

CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO

Antecedentes generales

La necesidad de monitorear el crecimiento del bosque se manifiesta claramente durante la toma de decisiones sobre el recurso. Una planificación a largo plazo con un mínimo de incertidumbre, necesita de sólidas proyecciones de la cartera de productos posibles de obtener a futuro, según las intervenciones que se realicen en el bosque, para lo que se requiere conocer cómo y cuánto crecen los árboles.

Existen bastantes investigaciones que aportan antecedentes a la forma y velocidad con la que crecen los renovales de canelo. Dada la plasticidad de la especie y la diversidad de hábitat que ocupa, la respuesta de estos renovales varía también en cada localidad. Los estudios se han concentrado principalmente en la Isla Grande de Chiloe, Llanquihue (Lenca) y Cordillera de la Costa del sector de Valdivia. Mucha de la información específica ha sido recopilada desde los trabajos de Corvalán (1977), Corvalán et al (1977), Navarro (1993) y Drake et al (2003).

Bajo este capítulo se presenta toda la información recopilada de los diversos estudios sobre este tipo de renovales, analizando cada una de las variables del estado de los bosques, lo que incluye densidad, estructura, crecimiento y mortalidad. Esta información así presentada espera convertirse en una fuente que cubra necesidades de información a múltiples usuarios.

Forman parte de este capítulo el análisis de los ensayos de largo de plazo en manejo de renovales de Canelo que han descrito y desarrollado Navarro et al (1999) . Con los datos históricos y remediciones de estos ensayos se construyen las funciones de proyección que han sido insertadas en modelo de simulación.

VARIABLES DEL ESTADO DE LOS BOSQUES

- Densidad

De acuerdo a los estudios de Balharry del fundo Lenca, en la Región de Los Lagos, citado por Loewe et al (1997), los renovales de Canelo surgen donde el bosque ha sido cortado o destruido por agentes naturales.

En renovales naturales de Canelo que no han sido sujeto a manejo silvicultural, las densidades varían en función del sitio y de la edad, considerando en estos renovales el desarrollo de estructuras multietáneas (Sánchez, 1986). Las densidades más extremas se mencionan por Corvalán (1977) indicando que en ciertos sitios de la Isla de Chiloé se determinaron valores de 35.900 árboles por hectárea a los 6 años de edad. En tanto que a los 80 años los valores bordean a los 2.125 árboles por hectárea en la cordillera de la Costa de Valdivia. Estas cifras concuerdan con Sánchez (1986) quien describe rangos entre 3.546 y 2.125 árboles/ha para edades de 63 a 119 años en renovales adultos, y concuerdan también con Gunckel (1980) y Tapia (1982), quienes determinaron para Valdivia, densidades entre 2.000 a 3.500 árboles por hectárea

Cuando en Chiloé los renovales jóvenes (diámetros menores a 25 cm.) y de estructura multietánea tienen densidades que fluctúan entre 12.676 y 10.625 árboles, en Chaitén en edades entre 35 y 40 años los renovales alcanzan densidades entre 8.000 y 20.000 (Sánchez 1986).

El mismo autor también indica para renovales más desarrollados y coetáneos densidades cercanas a los 7.500 árboles en Chiloé.

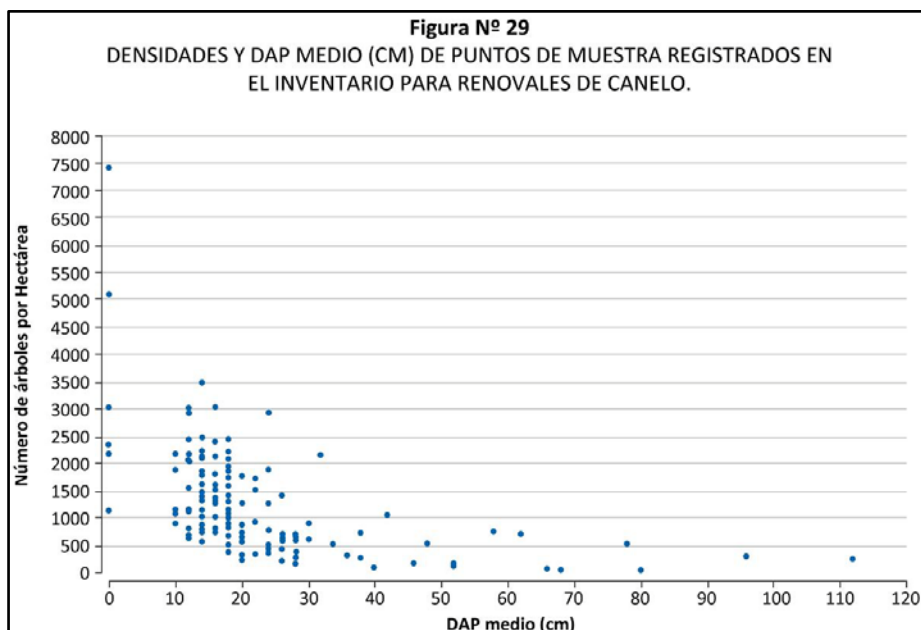
En bosques adultos cercanos a los 250 años se alcanzan densidades de 278 árboles por hectárea, de los cuales 63 son canelos (Sánchez, 1986). Donoso (1981) y Tupper (1983) reportan densidades de 400 a 600 árboles/ha a edades de 40 a 80 años.

Entre las conclusiones del estudio de Balharry se destaca que la densidad de los rodales estudiados (rodales jóvenes) no disminuye con la edad, esto probablemente debido a que estos renovales se encuentran en un mismo estado de desarrollo.

A continuación se entrega un cuadro resumen de las cifras mencionadas.

Cuadro N° 11 DENSIDADES POR LOCALIDAD Y RANGO DE EDAD DE RENOVALES DE CANELO			
Rango de densidad (árb/ha)	Rango De edad (años)	Localidad	Fuente
15.300 a 35.900	6 a 20	Isla de Chiloé	Corvalán, 1977
10.625 a 12.676	20 a 30	Isla de Chiloé	Sánchez, 1986
7.440 a 7.950	20 a 30	Isla de Chiloé	Sánchez, 1986
8.000 a 20.000	35 a 40	Chaitén	Jaramillo, 1977
7.506 a 5.613	80 a 100	CC de Valdivia	Tapia, 1982
3.514 a 2.125	63 a 119	Chiloé	Sánchez, 1986
4.784 a 8.451	13 a 27	CC de Valdivia	Navarro, 1992
4.177 a 8.413		Llanquihue (Lenca)	Balharry, 1984

Hoy el inventario arroja variaciones respecto de estas cifras, con densidades fluctuando entre los 200 a los 7.000 árboles por hectárea (Figura N° 29). Esto representa una gran diversidad de condiciones ya que son datos medidos entre Cautín y Chiloé.



- Distribución diamétrica

Conocer y modelar la distribución diamétrica a través del tiempo y su cambio luego de intervenciones silvícolas, permite proyectar, la cantidad y tipo de productos a obtener, y para el caso de bosques multietáneos, representa la herramienta que guía el manejo y mantención de una estructura balanceada. De acuerdo a Corvalán *et al.* (1987) los valores normales de los diámetros de Canelo en bosques naturales fluctúan entre 20 y 40 cm, siendo escasos los valores superiores a 80 cm. Lo que aún se observa desde la gráfica anterior con datos levantados 20 años después. Aunque se observa también un alto número de muestras entre los 15 y 20 cm de DAP medio.

Respecto a la estructura diamétrica de los renovales jóvenes, Navarro *et al.* (1999) señalan que siguen una forma exponencial negativa, la que adquiere una forma normal a mayores edades, dependiendo del sitio y de la densidad original. Tapia (1982) indica que la distribución diamétrica del dosel superior tiende a normalizarse alrededor de los 50 años. Otros autores indican que la distribución diamétrica del bosque, se normaliza en forma clara en rodales de 70 a 80 años (Corvalán, 1977; Gunckel, 1980). Esta observación de acuerdo con Navarro *et al.* (1999), se refiere a sitios de inferior calidad para la especie.

A medida que los renovales de Canelo envejecen, van disminuyendo su densidad, por efectos de competencia, creando condiciones adecuadas para la regeneración y desarrollo de otras especies, adquiriendo finalmente la fisonomía del subtipo siempreverde con intolerantes o tolerantes según su composición original (Donoso, 1981).

Rodales de 56 años fueron considerados jóvenes por Tapia (1982), dada por una distribución diamétrica de J-inversa y una fuerte competencia por luz. Puente *et al.* (1979) sugieren que sobre los 60 u 80 años se hable de bosque adulto en vez de renoval.

Cerda (1990) realizó una medición de 136 parcelas de 100 m², con medición de dap y altura en renovales de la Región de los Lagos. A partir de estos datos ajustó 3 modelos de distribución de probabilidad: Weibull, Beta y Sb de Johnson. La distribución Beta entregó los mejores ajustes, aunque el desempeño de las otras funciones fue bastante bueno también. Cerda buscó, por el método de recuperación de parámetros, correlaciones entre los coeficientes del modelo de la Beta y los parámetros del rodal, éstas no fueron significativas, descartando así el poder predecir la forma de la curva sólo desde variables agregadas de rodal. La Weibull solo tuvo buenas correlaciones para el parámetro de escala y para la Sb de Jonson, el parámetro gamma y del diámetro mayor si tuvieron buenas correlaciones.

Distribución Beta:

$$f(x) = k * (x - a)^A * (b - x)^B,$$

Con $a < x < b$,

f(x) : Frecuencia esperada de la variable x; **x** : variable aleatoria

a: límite inferior de la distribución ; **b**: límite superior de la distribución

A,B: parámetros

K: Constante de reducción de escala.

Crecimiento en diámetro

Los resultados de diversos estudios realizados en renovales de canelo sobre el crecimiento en diámetro indican que esta especie crece relativamente rápido cuando se compara con otras especies nativas chilenas. Corvalán (1977) y Garrido (1981) señalan que el canelo presenta una velocidad constante de crecimiento a través de todo el rango diamétrico. Sin embargo en Chiloé Sánchez (1986) encontró en estructuras multietáneas variaciones entre 1,7 y 1,3 para diámetros menores a 9 cm, crecimientos entre 0,2 a 0,3 cm para rangos de edad entre 11 y 20 años, y 0,4 para edades mayores que 30 años. Esto en rodales cuyo rango diamétrico variaba entre 5 y 35 cm de DAP.

De acuerdo a Corvalán et al (1987) en bosques naturales el crecimiento fluctúa entre 0,09 y 0,69 cm al año. El mismo autor determinó crecimientos de 0,69 cm/año a los 5 cm de dap, llegando a 0,5 cm/año a los 70 cm de dap en la Isla de Chiloé. Para la zona de Valdivia Gunckel (1980) determinó crecimientos de 0,25 cm/año máximo. En el cuadro 12 (a y b) se resumen las cifras encontradas en distintas referencias bibliográficas.

Cuadro Nº 12-a RESUMEN DE ESTIMACIONES DE CRECIMIENTO SEGÚN AUTOR				
Zona	Crecimiento en DAP (cm/año)	Edad	DAP (cm)	Autor
Valdivia – Corral	0,40	36 - 45		Gunckel (1980)
Isla de Chiloé	0,5		70	Corvalán (1977)
Isla de Chiloé	0,69		5	Corvalán (1977)
Valdivia	0,18 a 0,21	46 - 58	17 – 25	Quiroz (1990)
Valdivia	0,99		5	Tapia (1982)
Valdivia	0,18		35	Tapia (1982)
Valdivia	0,54	12		Navarro (1993)
Chiloé	0,52		6 – 7	Sánchez (1986)
Chiloé	0,23 – 0,34	11 - 20	Rango diamétrico 5 a 35 cm	Sánchez (1986)
Chiloé	1,74 – 1,36	< 9	Rango diamétrico 5 a 35 cm	Sánchez (1986)
Chiloé	0,43	30	Rango diamétrico 5 a 35 cm	Sánchez (1986)

Cuadro Nº 12-b RESUMEN DE ESTIMACIONES DE CRECIMIENTO SEGÚN AUTOR						
Autor	Área Basal (m ² /ha)	Número árboles/ha	Altura (m)	DAP medio (cm)	Incremento en DAP (cm)	Edad (años)
Quiroz (1990) Cercano a Valdivia	73	1.400	21	25	0,18 (0,08 a 0,54)	59 (43 a 79)
Quiroz (1990) cercano a La unión	62	2.700	14	17	0,21 (0,08 a 0,36)	46 (41 a 55)

El trabajo de Navarro (1993) determina las tasas de crecimiento anual medio y anual periódico para renovales de canelo del sector de Hueicoya que se muestran en el cuadro Nº 13. En este cuadro el crecimiento periódico máximo es de 0,92 cm a los 12 años.

Cuadro Nº 13 CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO Y ANUAL PERIÓDICO EN SECTOR DE HUEICOYA			
Edad(años)	Diámetro (cm)	Crecimiento medio anual (cm)	Crecimiento anual periódico (cm)
2	0,25	0,13	-
4	0,76	0,13	0,26
6	1,53	0,25	0,39
8	2,97	0,37	0,72
10	4,45	0,45	0,74
12	6,29	0,52	0,92
14	7,86	0,56	0,79
16	9,27	0,58	0,78
18	10,45	0,58	0,59
20	11,45	0,57	0,52
22	12,31	0,56	0,44
24	13,06	0,54	0,38

Quiroz (1990) desarrolló funciones de crecimiento en diámetro con errores del orden del 7%. Son funciones de crecimiento de árbol individual considerando como factor de competencia los diámetros de los árboles competidores. Estos modelos corresponden a:

$$\text{incremento}_{dap} = b_0 + b_1 * D + b_2 * E$$

$$b_0 = 0,1496 \quad b_1 = 0,0084 \quad b_2 = -0,0031 \quad r = 0,51 \quad n = 38 \quad \text{Error} = 7,4\% \quad (\text{Valdivia}) \quad (\text{Quiroz})$$

$$\text{incremento}_{dap} = b_0 + b_1 * D + b_2 * D_{comp}$$

$$b_0 = 0,1725 \quad b_1 = 0,0128 \quad b_2 = -0,111 \quad r = 0,56 \quad n = 35 \quad \text{Error} = 6,2\% \quad (\text{La Unión}) \quad (\text{Quiroz})$$

Con, D =dap (cm) ; E= Edad (años); Dcomp =Diámetro Medio de los 4 árboles competidores más cercanos (cm).

- Área basal

Los valores de área basal reportados para estos bosques se presentan en el cuadro Nº 14. En términos de los máximo valores reportados Gunckel (1980) en Valdivia menciona áreas basales que fluctúan entre 67,5 y 75 m²/ha para edades entre 51 y 73 años, en Lenca sin embargo Balharry (1984) indica valores más altos a edades más tempranas.

Cuadro Nº 14 RESUMEN DE VALORES DE REPORTADOS EN ÁREA BASAL POR AUTOR				
Zona	Área Basal (m ² /ha)	Edad	DAP (cm)	Autor
Valdivia – Corral	67,5 – 75	51 – 73		Gunckel (1980)
Isla de Chiloé	59,23	49		Corvalán (1977)
Isla de Chiloé			70	Corvalán
Isla de Chiloé			5	Corvalán

Isla de Chiloé	44,5	15 – 20		Jaramillo y Muñoz Op.cit Sánchez (1986)
Isla de Chiloé	22,13	15		Sánchez
Isla de Chiloé	34,48	23		Sánchez (1986)
Isla de Chiloé	58,19	60		Sánchez (1986)
Valdivia		46 – 58	17 – 25	Quiroz (1990)
Valdivia	52,8 – 49,1	25		Tapia (1982)
Valdivia	78,63	51		Tapia (1982)
Valdivia	99,11	93		Tapia (1982)
Valdivia		12		Navarro (1993)
Lenca	10 - 140			Balharry (1984)
Lenca	27,58 – 42,58	14 – 17		Balharry (1984)
Lenca	58,57 – 116,84	21 – 27		Balharry (1984)
Chiloé	62,87 – 71,32	Renovales jóvenes		Sánchez (1986)
Chiloé	86,42 – 41,99	Renovales desarrollados		Sánchez (1986)
Nahuelbuta	22 - 23			Garrido (1981) citado por Loewe et al (2000)

Crecimiento en área basal

Niebuhr (1988) desarrolla funciones de rendimiento en área basal y volumen para renovales de canelo de la Región de los Lagos, considerando las clases de sitio definidas por Calquín. Seleccionando como la mejor modelo la función de Chapman-Richards, que se presentan a continuación. El cuadro N° 15 entrega los parámetros para las funciones de rendimiento en volumen y en área basal.

$$V = b_0(1 - b_1 \exp(-b_2 E))^{1/(1-b_3)} \quad AB = b_0(1 - b_1 \exp(-b_2 E))^{1/(1-b_3)}$$

Cuadro N° 15 FUNCIÓN DE RENDIMIENTO EN VOLUMEN (NIEBUHR,1988)									
Clase de sitio	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	Emax	vmax	Vmax	Vclave	CMA clave
1	1.133	1.08406	0.02145	0.1163	9.5	18.3	99.3	503.4	14.4
2	1.473	1.28368	0.03309	0.48687	27.7	24.6	362.3	538.6	15.4
3	1.178	0.96544	0.02802	0.62132	33.4	15.1	335.2	359.4	10.3
4	2.698	0.85176	0.01621	0.73612	72.3	18.5	842.1	220.8	6.3
5	1.402	0.97225	0.02071	0.74334	64.3	12.3	441.4	117.3	3.4
6	1.238	1.75257	0.02883	0.77609	71.4	14.8	399.1	13.1	0.4

Cuadro Nº 16 FUNCIÓN DE RENDIMIENTO EN ÁREA BASAL (NIEBUHR, 1988)									
Clase de sitio	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃	E _{max}	ab _{max}	AB _{max}	AB _{clave}	CMA clave
1	7	1.79772	0.11097	0.17555	7.0	6.1	9.6	75.5	2.2
2	167	1.24860	0.03278	0.18938	13.2	3.7	21.4	89.6	2.6
3	108	0.67927	0.03977	0.58137	12.2	2.0	29.6	69.4	2.0
4	217	0.85808	0.01415	0.46389	33.2	1.6	51.8	54.6	1.6
5	198	0.85887	0.01686	0.60213	45.6	1.5	55.3	39.0	1.1
6	298	0.72016	0.01158	0.74128	88.4	1.5	93.7	23.8	0.7

Donde

IDPA : Incremento en diámetro promedio anual (cm)

DC : Diámetro de Copa (m)

E_{max} : Edad a la que ocurre el máximo incremento (años)

v_{max} : máximo incremento en volumen (m³/ha/año)

V_{max} : volumen al cual ocurre el máximo incremento en volumen (m³/ha)

ab_{max} : máximo incremento en área basal (m²/ha/año)

AB_{max}: área basal al cual ocurre el máximo incremento en área basal (m²/ha)

V_{clave} : volumen estimado por la función a la edad clave de 35 años (m³/ha)

AB_{clave}: área basal estimada por la función a la edad clave de 35 años (m²/ha)

CMA_{clave}: crecimiento medio anual a la edad clave (m³/ha/año o m²/ha/año si en volumen o área basal según corresponda)

b₀ : asíntota

- Altura

De acuerdo a los antecedentes de la especie, canelo es un árbol que puede alcanzar alturas de 25 a 30 m (Donoso, 1978; Rodríguez et al, 1983). Corvalán (1977) por ejemplo encontró alturas de 20 metros para árboles de 70 años.

Sánchez (1986) presenta un cuadro comparativo de las alturas alcanzadas con distintos dap, que se añade como antecedente a este trabajo.

Cuadro Nº 17 RESUMEN ALTURAS (M) DE ÁRBOLES SEGÚN SÁNCHEZ (1986)				
D AP (cm)	C Corvalán	Gunckel	Tapia	S Sánchez
10	8,2	10,15	10,7	13,15
20	15	16,04	13,6	15,33
30	19,8	18,67	16,2	18,18
promedio	14,33	14,95	13,5	15,55

Los rodales estudiados por Tapia (1982), a pesar de su diferencia en edad, no presentan curvas diferenciadas de altura, sugiriendo que el crecimiento más fuerte en altura se concentraría antes de los 25 años. Las mayores alturas se alcanzan alrededor de los 35 cm de dap. Para este diámetro Corvalán reportó alturas de 25 en Chiloé, Gunckel en Corral de 20 m y Tapia de 16 m.

Navarro (1993), estudiando un renoval de canelo de la zona de Hueicoya, encontró que el crecimiento en altura no disminuía con la edad aún después de los 30 años. El crecimiento anual promedio de estos rodales alcanzó 0,46 m al año, con un crecimiento periódico anual máximo de 0,65 m a los 8 años de edad. (cuadro Nº 18).

Cuadro Nº 18 DESARROLLO EN ALTURA PARA UN RENOVAL DE CANELO DEL SECTOR DE HUEICOYA (NAVARRO, 1993)			
Edad (años)	Altura (m)	CAM (m)	CAP (m)
2	0,75	0,37	-
4	1,19	0,30	0,22
6	2,42	0,40	0,61
8	3,73	0,47	0,66
10	4,92	0,49	0,59
12	5,92	0,49	0,50
14	6,75	0,48	0,42
16	7,43	0,46	0,34
18	8,83	0,48	0,60
20	9,56	0,48	0,47
22	10,35	0,47	0,39
24	10,96	0,46	0,31

Tanto Gunckel (1980) como Sánchez (1986) presentan funciones de crecimiento en altura que se presentan en el cuadro siguiente (cuadro Nº 19).

Cuadro Nº 19 FUNCIONES DE CRECIMIENTO EN ALTURA POR AUTOR			
Zona	Modelos	Tamaño Muestra (árboles)	Autor
Reserva Forestal Valdivia	$\text{Log } H = 1,32877 - 8,64085 * 1/E$	27	Gunckel (1980)
Isla de Chiloé	$H = 0,497 + 0,622 * E$	8	Sánchez (1986)

Donde:

Log= Logaritmo en base 10

H =altura total (m)

E = EDAD (AÑOS)

Trabajando con los datos de altura y edad Calquín (1986) determinó seis clases de sitio para canelo en la X región, usando una edad clave de 35 años (cuadro Nº 20). La diferencia en altura entre las clases es muy significativa.

Cuadro Nº 20 CLASES DE SITIO PARA CANELO (CALQUÍN , 1986)	
Clases de Sitio	Altura total a 35 años (m)
I	22
II	19
III	16
IV	13
V	10
VI	7

Para estas clases de sitio Corvalán *et al* (1987) determinaron los índices de producción y productividad media de canelo a los 35 años. En el cuadro Nº 21 se presentan los valores correspondientes.

Cuadro Nº 21 VALORES DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD PARA RENOVALES DE CANELO SEGÚN CLASE DE SITIO		
Clase de Sitio	Productividad (m ³ /ha/año)	Producción (m ³ /ha)
I	16,6	580
II	14,3	500
III	10,1	355
IV	6,3	220
V	3,1	110
VI	1,1	40

(Corvalán et al,1987)

Una clasificación más generalizada había desarrollado Balharry en 1984, clasificando los sitios sólo respecto a la productividad, independiente de la altura. Su trabajo detectó sitios de baja productividad con crecimientos entre 3 y 13 m³/ha/año; sitios de productividad media con crecimientos entre 13 y 23 m³/ha/año y sitios de alta productividad con cifras entre 23 y 33

m³/ha/año. Estos últimos son más altos a los encontrados por Corvalán. La tendencia general de la productividad es a disminuir cuando aumenta la altitud, exceptuando por cierto, los terrenos anegados y siendo la pendiente otro factor importante

- **Volumen**

Los renovales de Canelo de la Cordillera de la Costa de Valdivia, alcanzan, según Tapia (1982), volúmenes de 188,2 a 401,3 y según Gunckel (1980), de 296 a 483,5 m³/ha. En tanto en Chiloé se han detectado volúmenes entre 277 y 624 m³/ha a los 20 y 80 años respectivamente.

Cuadro N° 22 FUNCIONES DE VOLIMEN AGREGADO PARA CANELO			
Zona	Funciones de Volumen Agregado (m ³ /ha)	Tamaño Muestra	Autor
Reserva Nacional Valdivia	$V_n = N * (0,04636 + 0,00001942 * Dg^2 * H_{dom})$	362	Emanuelli – Milla (1999)
Cordillera de la Costa de Valdivia	$V_T = N * (-0,1185 + 0,0005 * Dn^2 + 0,0091 * H)$	35	Quiroz (1990)

Crecimiento en Volumen

En términos del crecimiento anual medio en volumen, la literatura cita valores de entre 3,05 y 4,6 m³/ha/año, a los 50-70 años (Gunckel, 1980). Otras cifras indican crecimientos de 6,2 a 12,9 m³/ha/año entre 80 y 100 años, en tanto se podría llegar a 18 m³/ha/año en rodales jóvenes. Para Chiloé se señalan valores de 20 m³/ha/año en rodales jóvenes y 10 m³/ha/año en rodales más viejos (Donoso, 1981). El rendimiento en volumen varía entre 200 y 1000 m³/ha con valores más frecuentes entre 300 y 400 (Donoso, 1981).

En un estudio realizado por Donoso (1981) se entregan valores de volúmenes cúbicos por hectárea para distintas zonas del país que se presentan en el cuadro N° 23

Cuadro N° 23 RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO POR ZONA DEL PAÍS (DONOSO, 1981)	
Localidad	Rendimiento en Volumen (m ³ /ha)
Ñadis	23,8 a 55,4
Cordillera de los Andes de Chiloé Continental	6,6
Cordillera de la Costa de Osorno, lado oriental	17,8 a 44,8
Isla Grande de Chiloé	48,7 a 74,2
Chiloé continental	57 a 59,1

Donde:

V_n= Volumen neto

V_T= Volumen total.

7 <= **Dg** <= **87**; **6** <= **H_{dom}** <= **25**; **20** <= **N** <= **3.320**

Crecimiento en Volumen

De acuerdo a los datos presentados por Gunckel (1980) los valores del crecimiento en volumen están entre los 3,05 a 4,60 m³/ha/año en renovales de 50 a 70 años, creciendo en la cordillera de la Costa. Donoso (1981) determina crecimiento medio anual 2 a 3 veces mayores, entre 6,2 y 12,9 m³/ha/año en bosques de entre 80 a 100 años de edad y de 18 m³/ha/año en bosques jóvenes. Sugiriendo que en Chiloé estos crecimientos pueden llegar a ser cercano a los 20 m³/ha/año en renovales jóvenes y de 10 m³/ha/año en renovales de edad cercana a los 80 años.

Balharry (1984) trabajando en el fundo Lenca en Puerto Montt, determinó tendencias crecientes al aumentar la edad. Definió sectores de baja productividad (3 -13 m³/ha/año), de productividad media (13,1 – 23 m³/ha/año) y de alta productividad (23,1 a 33 m³/ha/año). Señaló que la altitud y la pendiente son los factores ambientales que tienen mayor relación con la producción y productividad de canelo. De acuerdo este autor el volumen total aumenta con la edad, pero el incremento volumétrico anual se mantiene casi constante con una leve tendencia a decrecer con la edad.

Cuadro Nº 24 CUADRO RESUMEN DE RANGOS DE CRECIMIENTO EN VOLUMEN SEGÚN AUTOR				
Zona	Crecimiento en Volumen (m ³ /ha/año)	Edad	DAP (cm)	Autor
Valdivia – Corral	3,05 a 4,60	50 a 70		Gunckel (1980)
Isla de Chiloé	7,8 a 13,9	20 a 80		Corvalán
Llanquihue (Lenca)	3 a 33			Balharry
	6,2 a 12,9	80 a 100		Donoso (1981)
Valdivia	18	Bosques jóvenes		Donoso (1981)
Valdivia	0,18		35	Tapia (1982)
Valdivia	0,54	12		Navarro (1993)
Chiloé	0,52		6 – 7	Sánchez(1986)
Chiloé	0,23 – 0,34	11 - 20		Sánchez (1986)
Chiloé	1,74 – 1,36	< 9		Sánchez (1986)
Chiloé	0,43	30		Sánchez (1986)

Navarro (1993) determinó para la Cordillera de la Costa de Valdivia el crecimiento anual de árboles individuales. A los 24 años éste alcanzaba a 0,003194 m³/año, habiendo alcanzado el incremento máximo a los 22 años con 0,00555 m³/año.

Cuadro Nº 25 FUNCIONES DE VOLUMEN DE ÁRBOL INDIVIDUAL PARA CANELO SEGÚN AUTOR			
Zona	Funciones de Volumen árbol individual	Muestra Nº árboles	Autor
Reserva Forestal Valdivia	$VC = -0.06524 + 0.00062*D$ $VT = -0,03 + 0,00063*D$ $VT = -0,03588 + 0,00075*D^2$ $VT = -0,02266 + 0,00003103*D^2*H$	27	Gunckel (1980)
Provincias Osorno y Llanquihue	$VT = \text{Exp}(-10,121633 + 0,963638*\text{Ln}(D^2H))$	37	Kawas (1978)
Reserva Forestal Valdivia	$VT = -0,01142+0,00063*D^2$ $VT = 0,001138774 + 0,00004072*D^2H$	47	Tapia (1982)
Cordillera de la Costa de Valdivia	$VT = -0,3767 + 0,0002*D^2 + 0,0198*H$	38	Quiroz (1990)
Cordillera de la Costa de Valdivia	$VT = -0,1185 + 0,0005*D^2 + 0,0091*H$	35	Quiroz (1990)

Donde:

VC=volumen comercial (m³)

VT= volumen total IU 10 cm (m³ssc)

D =dap (cm);

H= Altura Total (m)

- Ahusamiento y factor de forma:

La finalidad de la función de ahusamiento es permitir mejorar las estimaciones en los volúmenes por tipo de producto, es decir, obtener una mejor diferenciación de productos y volúmenes al interior del árbol. Todos los árboles tienen una forma fustal típica que varía de especie en especie y que también depende del sitio y de la densidad del rodal. La forma en general se representa a través de los factores o cuocientes de forma (o mórficos), series, tablas o funciones de ahusamiento (o conicidad), éstos últimos también se les conoce como modelos de perfil de árbol. Estos modelos describen los diámetros esperados, con o sin corteza a distintas alturas del fuste. Con ellos entonces se pueden estimar volumen para porciones del fuste y también permiten simular trozado de acuerdo a determinadas especificaciones de producto (diámetros mínimos y largos de trozas) o bien determinar la mejor forma de hacerlo (García, 1995).

Desde el estudio de Balharry (1984) se desprende que la forma de los árboles no varía con la edad.

Quiroz (1990), trabajando con datos de la comuna de Los Lagos (entre Valdivia y La Unión), con el factor de forma natural, midió el diámetro de los árboles a un décimo de la altura

total, y el factor de forma artificial, con el dap, pero no encontró tendencias claras. Los valores obtenidos se muestran a continuación.

Cuadro Nº 26 FACTORES DE FORMA SEGÚN PARA CANELO (FUENTE: QUIROZ (1990))			
Rango de DAP (cm)	Factor Forma Artificial	Factor Forma Natural	Numero muestras
16 – 20	0,527	0,550	10
20,1 – 26	0,505	0,566	14
26,1 – 40	0,516	0,550	15
12 – 15	0,622	0,615	16
15,1 – 19	0,588	0,592	20
19,1 – 22	0,571	0,573	15

Para las funciones de ahusamiento se ha encontrado el trabajo de Tapia (1988) que trabajó con datos de la región de Los Lagos y determinó que entre 7 modelos distintos, el que mejor se ajustó a la población general fue el de Cofre, que se entrega a continuación.

Cuadro Nº 27 FACTORES DE FORMA PARA CANELO			
Zona	Funciones de Ahusamiento (cm)	Muestra	Autor
Prov Llanquihue – Isla de Chiloé entre chaco y Castro	$d/D = 1,94627 * X1 - 1,86688 * X1^2 + 0,904505 * X1^3$	425 árboles	Tapia (1988)

Donde:

d= diámetro a la altura específica h

D=dap ; $X1=(H-h)/(H-1,3)$

H=altura total del arbol (m)

h = distancia desde el suelo al diámetro d (m)

- Mortalidad

El trabajo de Tapia (1982) determina una tasa de disminución anual del 1% para el total de los árboles, y del 0,8% para canelo. Esto indica que la especie canelo va a permanecer en mayor medida que el resto de las especies, sobre el transcurso de los años. La función de mortalidad que genera Tapia se presenta a continuación.

$$Ln(N) = a + b (Edad)$$

Donde:

$a=9,08$; $b= -0,01$; $n=6$; $R =-0,83$ para todos los árboles

$a= 8,622$; $b= -0,008$; $n=6$; $R =-0,856$ para Canelo

En base a los rodales analizados este autor determinó que la densidad de los renovales tiene relación con la productividad de los mismos, determinando líneas de densidad baja, media y alta que se traducen en niveles de productividad, que tienen comportamientos crecientes para densidad alta y normal y decreciente para densidades bajas. Sus ecuaciones se presentan en el cuadro N° 28:

Cuadro N° 28			
FUNCIONES DE DENSIDAD Y PRODUCTIVIDAD SEGÚN TAPIA (1982) $LN N=A+B*DMC$			
Densidad	Coefficiente a	Coefficiente b	R (ajuste)
Densidad baja	9,709	-0,102	-0,975
Densidad media	9,742	-0,093	-0,980
Densidad alta	9,815	-0,087	-0,980

Modelación del crecimiento

A través del Proyecto INNOVA-INFOR “Desarrollo de tecnologías silviculturales de alto valor para renovales de Canelo”, se buscó transformar la meta de producción de los renovales de canelo, cuyo uso histórico ha sido la leña y en menor proporción la madera estructura, a una producción de madera de alta calidad como madera aserrable o debobinable,

Se propuso esta meta de producción de más alto valor siendo esta consistente además con el manejo sustentable, es decir, manteniendo el equilibrio con las otras funciones y servicios del bosque. Para ello las pautas silvícolas desarrolladas para el manejo de estos bosques, integraron las condiciones de crecimiento de cada sitio, el potencial de crecimiento que ellos tienen, los aspectos sanitarios y de protección del recurso.

Este capítulo desarrolla el ajuste de funciones, el desarrollo de modelos y finalmente la integración de todos estos elementos en una herramienta que permite proyectar el crecimiento bajo distintos escenarios.

El simulador que se presenta sirvió de base para las pautas silvícolas propuestas y como tal trabajó con las funciones recopiladas así como con nuevas funciones matemáticas integradas en un modelo de crecimiento. Los datos para ello, debían cumplir ciertas condiciones como ser representativos de las distintas condiciones de crecimiento y a la vez cubrir el rango de edades en el que se espera la obtención de los productos de mayor valor. La información base para el desarrollo y ajuste de las funciones, sin embargo, consiste de dos ensayos de raleo que aún no han generado los productos esperados. De aquí la importancia de continuar remidiendo los ensayos hasta alcanzar dichos productos. Así mismo durante el desarrollo del proyecto se iniciaron nuevos ensayos que aportarán en el futuro, respuestas sobre nuevos sitios de crecimiento e intensidad de intervenciones. Para que esto realmente se logre, éstas y futuras generaciones deberán velar por la mantención de los ensayos de largo plazo tan necesarios y tan escasos.

Los algoritmos de crecimiento se desarrollan a partir del procesamiento y análisis de los datos obtenidos de los ensayos silviculturales con mayor cantidad de mediciones que corresponden a los de Hueicoya y Lenca, y servirán de motor del modelo de simulación.

- **Datos**

Las fuentes de datos con los que se desarrollan los algoritmos de crecimiento, y en general las funciones que alimentan el simulador, corresponden tanto a ensayos instalados por el proyecto, como a fuentes externas como de la Universidad Austral de Chile, la Universidad Católica de Temuco y otras, como Tesis y publicaciones.

Ensayos del proyecto

Los ensayos del proyecto son descritos en mayor detalle en un capítulo aparte. Estos corresponden a ensayos de raleo instalados en las localidades de Chaquihual, Pargua y Quellón. En ellos se prueban distintas intensidades de intervención, que determinan el mejor rendimiento en productos de mayor valor, como trozas debobinables o aserrables. En particular los tratamientos corresponden a:

Raleo de Intensidad Moderada (RM), donde la densidad del rodal se reduce a un rango entre 50 y 60% de la densidad máxima esperada para estas formaciones.

Raleo de Intensidad Fuerte (RF), donde la densidad del rodal se reduce a un rango entre el 30 y 40 % de su densidad máxima posible.

Raleo de Liberación (RL), donde primero se seleccionan los árboles de características óptimas para un manejo de alto valor, y luego se liberan 2 a 3 de sus competidores más cercanos.

Cada experimento contempla un diseño estadístico de Bloques al azar, con 3 repeticiones por tratamiento. Se incluye en cada ensayo un tratamiento Testigo (T) sin intervención. Además, en la localidad de Chaquihual se incluyen dos edades distintas, una edad joven y otra adulta. Todos estos ensayos corresponden a parcelas de tratamiento de forma rectangular, con área efectiva de medición de 40 x 30 metros (1.200 m²).

A continuación se presenta un cuadro que resume el diseño de los ensayos.

Cuadro N° 29				
ENSAYOS PERMANENTES EN RALEO DE CANELO SEGÚN FECHA DE INSTALACIÓN Y DE MEDICIÓN				
Localidad	Edad	Tratamientos	Fecha de Instalación	Fecha de Medición
Chaquihual	Joven	T, RM, RL, RF	Junio 2006	Agosto 2007 – Mayo 2009
Chaquihual	Adulta	T, RM, RL	Junio 2006	Agosto 2007 – Mayo 2009
Pargua	Joven	T, RM, RL, RF	Agosto 2007	Febrero 2008 – Mayo 2009
Quellón	Joven	T, RM	Julio 2007	Marzo 2008 – Junio 2009

Ensayos antiguos de raleo

Los ensayos de raleo en renovales de canelo, que tienen un mayor número de mediciones, son los instalados por la Universidad Austral (Donoso et al 2007, Navarro et al 1990).

Uno de ellos se encuentra en la localidad de Hueicoya (40°07'S – 73°23'W), en la Cordillera de la Costa de la Provincia de Valdivia y el otro en la localidad de Lenca (41°36'S – 72°41'W), en la Cordillera de Los Andes en la Provincia de Llanquihue. Navarro *et al* (1999) entrega las primeras evaluaciones de estos ensayos, donde pueden encontrarse además antecedentes más detallados de su implementación

En Hueicoya (cuadro N° 30) se instalaron un total de 17 parcelas con una superficie de 600 m². Se probaron 4 tratamientos y un testigo. De los tratamientos, tres de ellos trataban de dejar un espaciamiento homogéneo entre árboles y uno de ellos seleccionó los árboles con las mejores características extrayendo sus competidores en un raleo de liberación. Este ensayo fue instalado en el año 1986 y sus posteriores evaluaciones han sido el año 1990, 1996 y 2001. Actualmente se levanta una nueva medición de este ensayo.

Cuadro N° 30 RESUMEN ENSAYO HUEICOYA		
Tratamiento	Criterio/ Intensidad	Identificador de parcelas
1	Raleo a 3 x3 m	2 – 4 – 11
2	Raleo a 4 x 4 m	1 – 10 – 12
3	Testigo	6 – 7 – 14 – 15 – 18
4	Raleo a 2 x 2 m	5 – 9 – 17
5	Raleo de Liberación	3 – 8 – 16

En el ensayo de Lenca se instalaron 15 parcelas de 500 m² en dos sitios distintos. En el mejor sitio, Lenca A, se probaron 2 intensidades de raleo. El sitio de menor calidad, Lenca B, corresponde a un sitio tipo ñadi, se probó sólo una intensidad de raleo. El cuadro N° 31 detalla el diseño.

Cuadro N° 31 RESUMEN ENSAYO LENCA		
Tratamiento	Criterio/ Intensidad	Parcelas
Lenca A -1	Raleo a 3 x3 m	1 – 6 – 7
Lenca A -2	Raleo a 4 x 4 m	2 – 5 – 9
Lenca A- 3	Testigo	3 – 4 – 8
Lenca B- 4	Raleo a 2,5 x 2,5 m	11 – 10 – 12
Lenca B -5	Testigo	13 – 14 – 15

El ensayo Lenca se instaló el año 1990 y cuenta con evaluaciones posteriores el año 1996 y el año 2001. Durante el desarrollo del proyecto también se levantó una nueva medición de estos ensayos.

De acuerdo a la literatura el ensayo de Hueicoya tenía 28 años al momento de su instalación, el año 1986. Así mismo el ensayo de Lenca tenía 29 años al momento de su instalación el año 1990. Ambos renovales corresponden a formaciones relativamente puras de Canelo, donde es la especie que acumula el 80% del número de árboles y del área basal están y el 85% del volumen. Sus parámetros iniciales se presentan en el cuadro 32.

Cuadro N° 32 VALORES MEDIOS DE PARAMETROS INICIALES ENSAYOS DE RALEO ANTIGUOS EN CANELO (Fuente: Reyes et al (2009))						
	Número de árboles (N/ha)	Área basal (m ² /ha)	Volumen (m ³ /ha)	DMC (cm)	Altura Total (m)	Edad (años)
Lenca A	6.451	68,8	397	12	12,3	29
Lenca B	8.083	53,4	309	9	9,7	29
Hueicoya	6.134	56,6	360	11	12,6	28

La intensidad de cada tratamiento se presenta en el cuadro 33, que muestra la variación en el número de árboles (pre y post raleo), área basal y volumen. Para estas mismas variables se presenta el porcentaje de extracción

Cuadro N° 33 INTENSIDAD DE RALEOS EN ENSAYOS ANTIGUOS DE CANELO										
	Tratamiento	N° árboles / ha		Área basal (m ² /ha)		Volumen (m ³ /ha)		% extracción		
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	ha	AB	Vol
Hueicoya	Distanciamiento a 4 metros	5.367	611	47,8	11	09,1	67,5	9	77	78
	Distanciamiento a 3 metros	5.682	1.095	56,6	20,4	60,9	126,6	1	64	65
	Distanciamiento a 2 y 3 metros	7.001	2.495	62,4	36,5	95,8	216,7	4	39	45
	Testigo	6.772	6.772	60,6	60,6	72,2	372,2		0	0
Lenca A	Distanciamiento a 4 metros	6.093	920	68,0	21,1	65,5	112,2	5	69	69
	Distanciamiento a 3 metros	6.613	1.327	69,3	27,8	92,9	156,4	0	60	60
	Testigo	6.451	6.451	68,8	68,8	34	434		0	0
Lenca B	Distanciamiento a 2,5	8.587	1.827	55,6	21,4	94,2	100,1	9	62	66
	Testigo	8.083	8.083	53,4	53,4	24,1	324,1		0	0

La información con que se contó para el ajuste de los modelos se presenta en el cuadro N° 34 que describe los parámetros medios por tratamiento para los distintos ensayos según fecha de medición.

Cuadro N° 34 VALORES MEDIOS DE PARÁMETROS ENSAYOS ANTIGUOS DE CANELO SEGÚN FECHA DE MEDICIÓN										
Ensayo	Tratamiento	Medición	Fecha	Edad (años)	Sitio (m)	Número árboles (/ha)	DAP medio (cm)	Altura Total (m)	Área basal (m ² /ha)	Volumen Bruto (m ³ /ha)
Lenca A	4 metros	1	1990	29	19	6.093	10,7	9,5	68,0	365,5
		2	1990	29	19	920	16,5	12,4	21,1	112,4
		3	1996	35	19	660	23,3		29,3	170,5
		4	2001	40	19	553	23,9	17,4	26,8	157,5
	3 metros	1	1990	29	19	6.613	10,7	10,2	70,4	393,0
		2	1990	29	19	1.327	15,6	12,8	27,7	156,4
		3	1996	35	19	1.013	19,7		33,3	194,8
		4	2001	40	19	867	21,5	18,8	33,9	204,0

	Testigo	1	1990	29	19	6.647	10,5	10,2	69,0	382,9
		3	1996	35	19	4.620	13,3		76,3	450,5
		4	2001	40	19	3.367	15,5	18,9	75,1	459,5
Lenca B	2,5 metros	1	1990	29	16	1.827	17,6	11,8	21,4	40,1
		3	1996	35	16	1.600	22,4		32,3	70,7
		4	2001	40	16	1.460	25,6	17,5	38,8	92,4
	Testigo	1	1990	29	16	7.580	17,8	12,0	51,2	48,4
		3	1996	35	16	6.507	21,7		62,3	77,9
		4	2001	40	16	5.353	24,3	20,8	66,0	102,3
Hueicoya	4 metros	2	1986	28	16	5.367			47,8	309,1
		2	1990	33	16	572	10,7	9,5	14,7	26,1
		3	1996	39	16	533	16,5	12,4	18,3	117,6
		4	2001	44	16	506	23,3		22,7	157,5
	3 metros	2	1986	28	16	5.682			56,6	360,9
		2	1990	33	16	928	15,6	12,8	24,1	32,9
		3	1996	39	16	867	19,7		30,5	188,1
		4	2001	44	16	822	21,5	18,8	36,1	261,3
	2 metros	2	1986	28	16	7.001			62,4	395,8
		2	1990	33	16	2.433	15,5	18,9	41,4	45,4
		3	1996	39	16	2.228	17,6	11,8	46,0	283,5
		4	2001	44	16	906	22,4		33,9	218,1
	Liberación	2	1990	33	16	817	25,6	17,5	22,6	10,0
		3	1996	39	16	767	17,8	12,0	28,0	180,6
		4	2001	44	16	633	21,7		26,6	28,8
	Testigo	2	1986	28	16	6.772			60,6	372,2
		2	1990	33	16	6.258	23,9	17,4	65,7	99,5
		3	1996	39	16	5.058	10,5	10,2	63,5	387,3
		4	2001	44	16	3.833	13,3		61,3	357,1

De acuerdo a las publicaciones que analizan estos ensayos (Navarro et al 1999, 2010, 2011; Reyes *et al* 2009) los resultados de las respuestas de los tratamientos justifican la aplicación de raleos, materializados en respuestas favorables del crecimiento en árboles individuales, en relación a su condición natural de desarrollo. Las respuestas de crecimiento fueron mejores a medida que se intervino con mayor intensidad, no determinándose la relación entre intensidad de raleo y mortalidad.

Además de los ensayos mencionados, el año 1987 la Universidad de Chile con financiamiento del Fondo de Investigación Agropecuaria desarrolló el Proyecto “ El Canelo: una Alternativa de Desarrollo para la Décima Región”. El estudio comprendió la parte sur de la provincia de Llanquihue y la Isla grande de Chiloé. Este proyecto generó información bastante detallada de los renovales de Canelo de esa área, caracterizándolos en su estado y desarrollando futuras proyecciones del recurso. Muchas de las fuentes citadas en capítulos anteriores son productos de esta investigación desarrollada, entre ellas la clasificación desarrollada por Calquín de los sitios de crecimiento (Calquín, 1987). Así como funciones de rendimiento en volumen y área basal (Niebuhr,

1988), estudio de las distribuciones diamétricas (Cerde, 1990), y funciones de ahusamiento (Tapia, 1982), entre otras.

Muchas de estas tesis contienen datos levantados de terreno y que han permitido complementar el ajuste y validación de las funciones que aquí se presentan.

El trabajo desarrollado consistía principalmente en la generación de un modelo que pudiera integrar las diferentes funciones en un simulador. Se propuso por tanto un modelo simple de crecimiento y rendimiento consistente en un modelo agregado a nivel de rodal, que permita responder a los raleos como herramientas de silvícolas.

En base a los datos existentes se trabajó la modelación con funciones existentes como la función de Altura Dominante- Sitio propuesta por Calquín, y se ajustaron funciones nuevas como la función de crecimiento/rendimiento en área Basal, rendimiento en volumen, mortalidad y ahusamiento, que reflejaban mejor el comportamiento de los datos.

- Función altura dominante – sitio

El concepto de Altura Dominante fue utilizado para establecer las características del crecimiento en altura de los individuos, así la altura dominante se utiliza como índice de la calidad del sitio y se basa en estimaciones de altura media de los 100 árboles más gruesos presentes en la hectárea.

Para la función de Altura Dominante- Sitio se trabaja con la función propuesta por Calquin (1986) que corresponde a una exponencial modificada. La edad clave para la evaluación del sitio es a los 35 años.

El modelo de Altura Dominante corresponde a:

$$H_{DOM} = K + a * b^{Edad}$$

Donde:

HDOM : Altura Dominante del rodal, como la altura promedio de los 100 árboles más gruesos por hectárea (m)

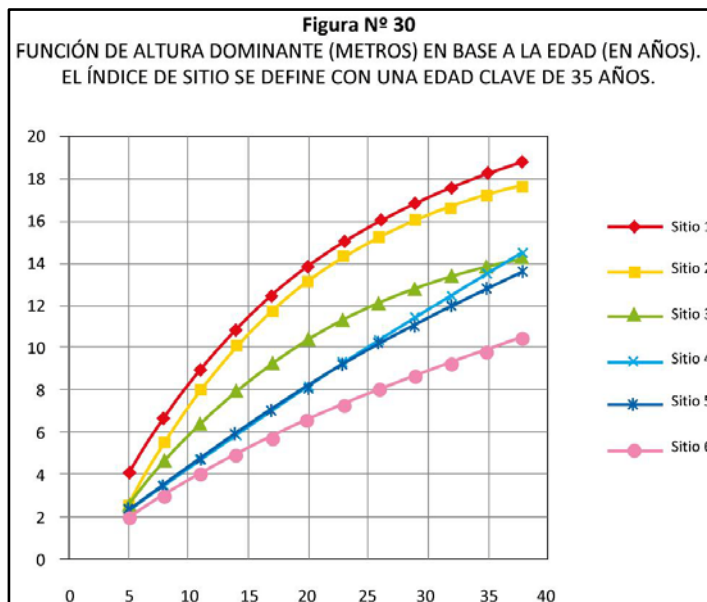
Edad : Edad del en serie con E1=0, E2=1...En=n-1

K,a, b : coeficientes

Calquin (1986) definió 6 clases de sitio, para las cuales los coeficientes de la función corresponden a:

Cuadro N° 35 COEFICIENTES DE LA FUNCIÓN ALTURA DOMINANTE – EDAD			
Clase	K	a	b
I	21,67038	-17,59499	0,8488652
II	19,75500	-17,12684	0,8246211
III	16,86448	-14,20413	0,8544437
IV	54,98834	-51,52818	0,9760664
V	32,6811	-30,37017	0,9580750
VI	19,73936	-17,61827	0,9432346

El gráfico de la función se muestra en la figura N° 30.



- **Función de rendimiento de área basal**

El efecto del raleo está inserto en la función de área basal. En ella se aplica el modelo de Piennaar Rheney que consta de modificadores que permiten incorporar el efecto del manejo. El crecimiento en área basal es determinado por cuatro factores:

Edad : expresada en años o en función de la altura dominante

Calidad del sitio: Como el índice de sitio o el incremento en altura dominante

Densidad: Como el número de árboles por hectárea, área basal o algún índice de densidad

Manejo silvícola: como la intensidad de la intervención, número de individuos afectados y el tiempo transcurrido desde su aplicación

En este modelo se asume que el incremento estimado para una combinación específica de sitio, densidad y edad es el máximo esperado para un rodal con esas variables de estado, y éste se modifica de existir algún tipo de intervención, reduciendo el incremento si la intervención se ha efectuado en forma reciente. Es decir, si dos rodales presentan un mismo estado de desarrollo, pero uno de ellos es raleado, el incremento en área basal del raleado es menor respecto del que no fue raleado, este efecto, sin embargo, desaparece en la medida que pasa el tiempo y el rodal raleado recupera el área basal extraída.

La forma general del modelo es:

$$Gha_2 = \exp\left(\frac{E_1}{E_2} * \ln(Gha_1) + b_0 * \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right) + b_1 * IS * \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right) + b_2 * Nha_2 * \left(1 - \frac{E_1}{E_2}\right)\right) * (1 - \exp(-b_3 * AUR - b_4 * FRAC_R))$$

Donde:

- b_i** : Coeficientes del modelo.
- Gha_i** : Área Basal del Rodal (m²/ha) a la edad i.
- Nha_i** : Número de árboles por hectárea a la edad i.
- E_i** : Edad del rodal en años al momento i, con i=(1,2)
- IS** : Índice de sitio, calculado a la edad base de 35 años.
- AUR** : Tiempo transcurrido desde último raleo.

FRAC_R: Fracción de Raleo, $\frac{Gha_{DR}}{Gha_{AR}}$.

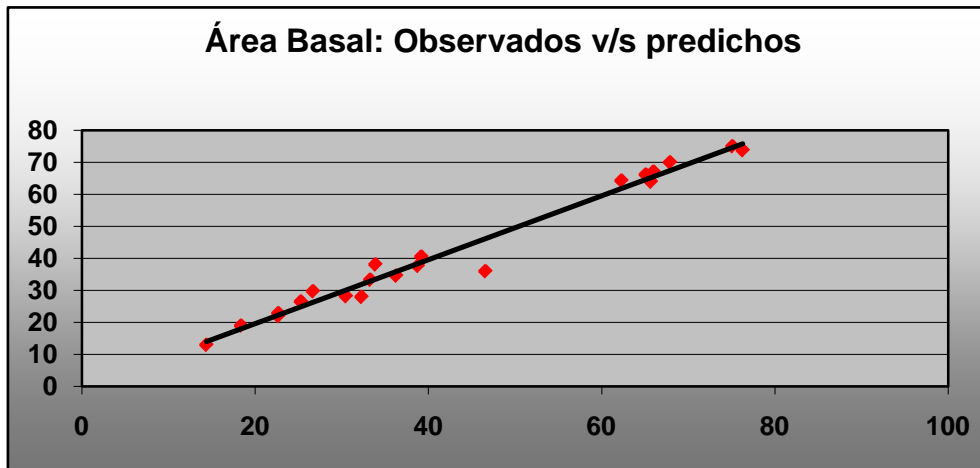
b_i : coeficientes

b₀= 3,79; b₁= 7,4E-04; b₂= 1,3E-04; b₃= 8,13; b₄= -5,38

En general, aunque se observan desviaciones respecto a los datos observados, su desviación estándar alcanza 0,15 m²/ha, lo que en general da un error aproximado de la función de un 0,4%.

La figura Nº 31 presenta el ajuste de la función de área basal, comparando los datos observados versus los predichos.

Figura Nº 31
GRADO DE AJUSTE DE LA FUNCIÓN DE ÁREA BASAL SELECCIONADA. LAS ÁREAS BASALES OBSERVADAS Y ESTIMADAS CON EL MODELO SE PRESENTAN EN M²/HA



- Función de rendimiento en volumen

Para modelar el rendimiento en volumen se probaron a su vez una serie de modelos entregando el mejor ajuste :

$$\ln(V) = a + b * \ln(G)$$

Donde:

a=-78,96, b=9,28 r2 : 0,86

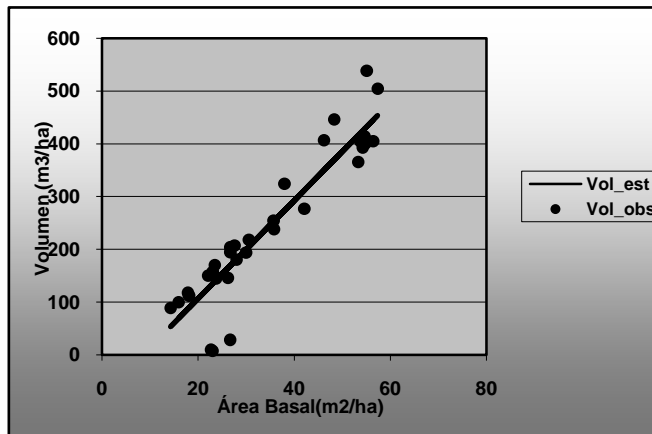
G: Área basal del rodal en el período (m²/ha)

V: Volumen bruto del rodal (m³/ha)

a,b: Parámetros

En la figura N° 32 se presenta, la curva (recta) de volumen bruto estimado (m³/ha) versus los volúmenes brutos observados (puntos) (m³/ha) en función del área basal (m²/ha).

Figura N° 32
GRADO DE AJUSTE DE LA FUNCIÓN DE VOLUMEN SELECCIONADA



- Función de mortalidad

De acuerdo a los antecedentes recopilados la mortalidad no fue un factor relevante en los ensayos (Reyes et al, 2009) a pesar que la influencia del viento fue fuerte en Hueicoya tratamiento de raleo a 4m. De acuerdo a este estudio no existe correlación directa entre espaciamiento y mortalidad sino entre mortalidad y exposición al viento.

Si bien la función de densidad relativa (Donoso et al 2007) entrega el comportamiento del número de árboles en relación al área basal, se requirió desarrollar una función que representara la trayectoria de un mismo rodal a través del tiempo. Para esto los datos de los ensayos nuevos y antiguos resultaron insuficientes, por lo que se recurrió a un análisis de tendencia general, con la mayor cantidad de datos posibles, a fin de relacionar - a pesar de la gran variabilidad debida a sitios y condiciones de crecimiento - en forma directa la edad y el número de árboles.

La curva resultante del ajuste se presenta en la figura N° 33. Aunque la dispersión alrededor de la función ajusta es alta ($R^2 = 0,273$), esta curva se trata como una tendencia promedio de los datos, que se espera sin duda mejorar en la medida que se agreguen nuevas mediciones de los ensayos existentes. Cabe hacer notar que el factor viento, que se puede presentar tanto en rodales manejados como en rodales sin intervención, debe considerarse como un factor de riesgo, y no está incluido en la mortalidad natural producida principalmente por competencia.

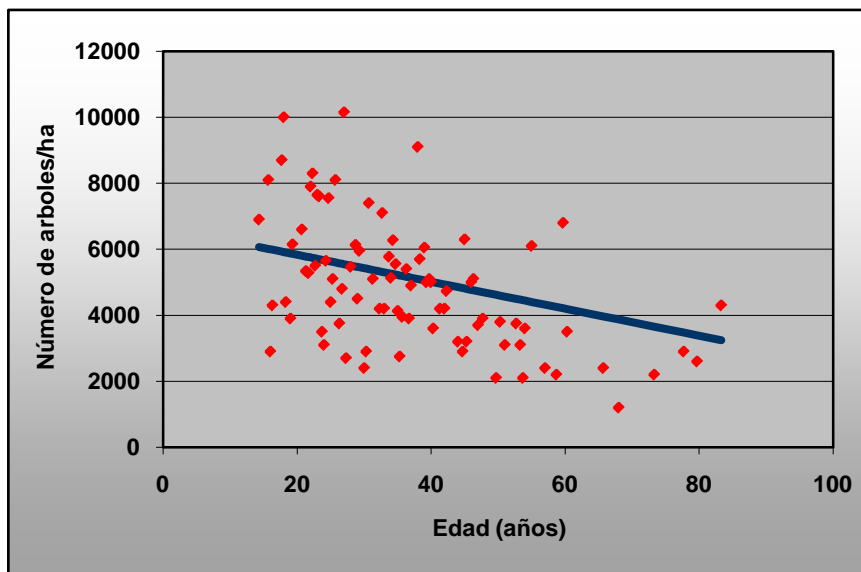
La función ajustada corresponde a:

$$N = a + b_0 * Edad$$

Donde:

N : Número de árboles por hectárea.
Edad : Edad promedio del rodal (años)
a = 6649,6; b = -40,944

Figura N° 33
LÍNEA DE TENDENCIA PARA REPRESENTAR EL NÚMERO DE ÁRBOLES EN FUNCIÓN DE LA EDAD EN AÑOS



- Función de ahusamiento

La construcción de la curva de ahusamiento se basó en el muestreo tomado desde los ensayos instalados por el proyecto. Se contó con un total de 1.274 observaciones, provenientes de 4 sectores: Pargua, Chaquihual, y Río Sur, en total 91 árboles, según cuadro 36.

Cuadro Nº 36		
NÚMERO DE ÁRBOLES MUESTRA PARA ESTUDIO DE AHUSAMIENTO		
Sector	Árboles Muestras	Edad promedio
Pargua	11	34
Pargua 1	10	25
Chaquihual	60	33
Río Sur	10	30

Para mayores detalles ver descripción de ensayos permanentes en el capítulo de descripción de experiencias silvícolas

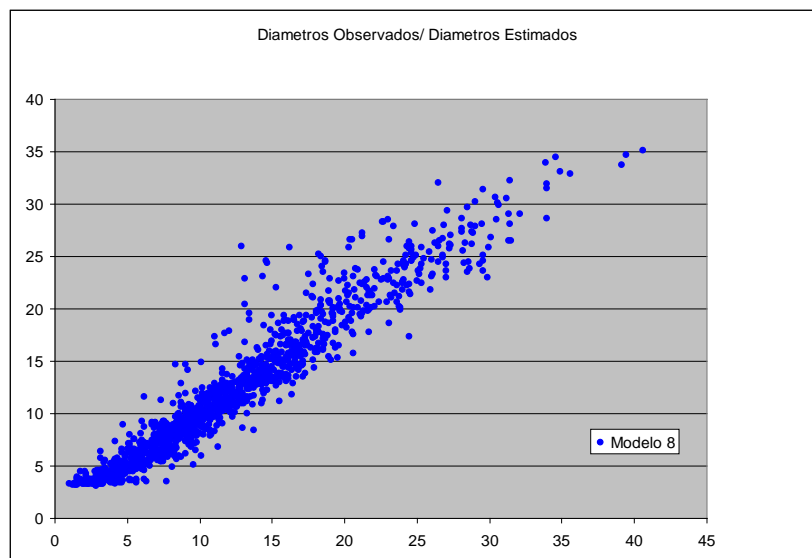
A estos árboles se les marcó y midió el dap en pie. Luego fueron volteados, midiéndose altura total. Para la construcción de la función de ahusamiento se midió el diámetro del fuste en 14 secciones proporcionales a la altura total, midiendo también el espesor de corteza.

El modelo que presentó la mejor estimación en base a su error medio cuadrático y sesgo es el siguiente:

$$d = aD \left[\frac{(H - h)}{(H - 1.3)} \right] + b \left[\frac{h}{H} \right] + cD$$

a: 0,95759263 b: 3,31147912 c: -0,07687162

Figura Nº 34
VALORES OBSERVADOS VERSUS LOS PREDICHOS PARA DISTINTOS MODELOS DE AHUSAMIENTO.



Como se observa en la figura N° 34, la función de ahusamiento se ajusta muy bien a los datos observados. Existen ciertas diferencias que se producen en algunos árboles con ciertas irregularidades en sus fustes, pero en general representa muy bien la conicidad del Canelo.

Simulador de crecimiento

- Desarrollo de la herramienta

El simulador de crecimiento es la herramienta que combina e integra las distintas funciones que describen el estado del recurso y lo proyecta en función de determinados factores que cada usuario varía según su interés. Como herramienta su principal utilidad es orientar las decisiones de manejo, en particular la intensidad y periodicidad de las intervenciones (raleos) para alcanzar los productos objetivos del bosque.

Para los renovales de Canelo esta herramienta puede ser de mucha ayuda dada la gran variabilidad en los parámetros que definen el estado del bosque, la plasticidad de esta especie, que se adapta muy bien tanto a la abundancia como a restricciones de los recursos que requiere para crecer, su respuesta en crecimiento es también variable. A esto se suma que especialmente en la Décima región, donde a raíz de la presencia de los conocidos suelos ñadis, caracterizados por fuertes problemas de drenaje y por una presencia también espacialmente variable, sectores geográficos aledaños pueden presentar para una misma edad, diferente altura y crecimientos. Así mismo, las intervenciones del bosque ya sea para extraer leña u otros productos madereros, varían las condiciones iniciales de un rodal.

Por esto, una herramienta que simule el crecimiento del bosque y permita simular diferentes intervenciones permite también orientar mejor las decisiones de manejo que influyen en el rendimiento de los productos a muy largo plazo.

- Descripción de simulador

El simulador opera preguntando los parámetros iniciales, calculando luego la densidad relativa en la que se encuentra el rodal, para luego preguntar las edades a las que se quiere raleo y la intensidad de cada raleo. Si se quiere dejar crecer el bosque sin raleo, se ingresa cero (0) cuando pregunta la edad del raleo.

Se pueden realizar hasta 10 intervenciones en esta versión, lo que a futuro se puede modificar.

El simulador proyecta primero el crecimiento en altura, es decir la altura dominante del rodal a través del tiempo, bajo el supuesto de que la altura no es afectada por la competencia, y por lo tanto independiente de los raleos.

Proyecta en períodos de un año. Evaluando cada año la oportunidad de hacer los raleos previstos.

Dependiendo si la opción es sin raleo aplica la función de mortalidad disminuyendo el número de árboles para luego incrementar el área basal e incrementar el volumen (figura N° 35).

Si en un determinado período ocurre un raleo, descuenta el número de árboles correspondiente, y estima, de acuerdo al diámetro medio cuadrático en ese estado, el área basal extraída y el volumen extraído. Almacena el volumen, número de árboles y área basal raleada en un archivo de salida. Uno de los supuestos importantes del simulador es que si se efectúan raleos, se evita que ocurra mortalidad, sin alterar el número de árboles residuales entre raleos.

De esta forma se proyectan todos los períodos, escribiendo finalmente el archivo de la tabla de desarrollo del rodal.

El volumen por tipo de productos, se obtiene a partir de la función de ahusamiento. En esta versión los ajustes de las funciones de recuperación de parámetros no fueron satisfactorios, por tanto a la fecha el simulador trabaja con el diámetro medio cuadrático y la altura dominante. Se asume que estas representan al árbol medio de rodal y se calcula el volumen de productos acumulando el volumen por secciones con la cubicación propuesta por Smalian. Estos son volúmenes en pié.

En particular hay 3 tipos de productos básicos:

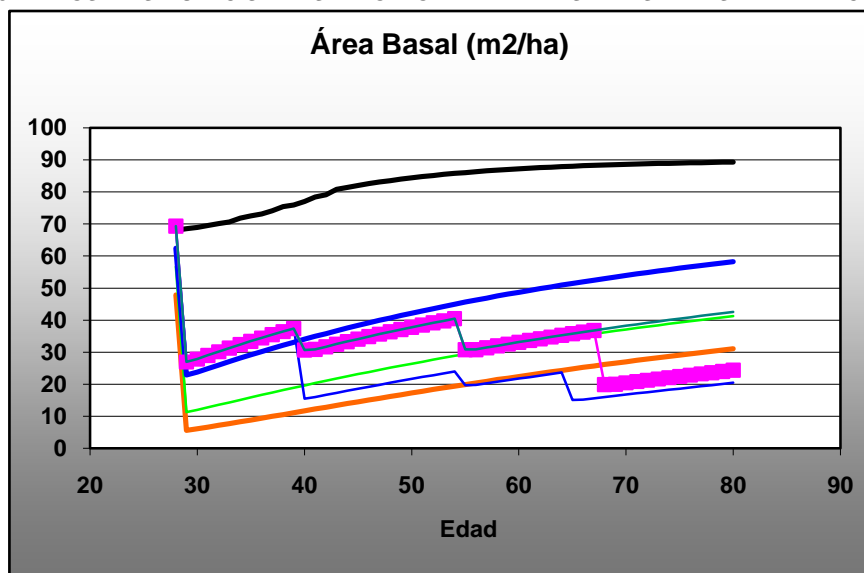
Troza debobinable: Con diámetro menor superior a 29 cm y largo de troza de 2,7 metros.

Troza aserrable: Con diámetro menor superior a 19 cm y larho de troza de 3,7 metros

Troza Pulpable/leña: Con diámetro menor superior a 5 cm y largo de 1,22 metros.

El simulador está desarrollado en lenguaje C y sus salidas son archivos en formato ASCII extensión cvs, fácilmente exportable a Excel desde donde se pueden graficar sus salidas.

Figura Nº 35
EJEMPLOS DE SIMULACIÓN DESARROLLO EN ÁREA BASAL DISTINTAS INTERVENCIONES



Parámetros Requeridos

Los datos iniciales requeridos para hacer una simulación corresponden a:

Edad del rodal: Edad promedio del rodal en años, o la mejor estimación que se tenga de ella. El rango observado de los datos tiene edades superiores a los 15 años.

Edad de proyección: Edad hasta la que se quiere hacer crecer el bosque, también en años. En este punto se debe considerar que los datos con los que se construyeron las funciones no sobrepasan los 60 años de edad, por lo tanto las proyecciones más allá de esta edad se deben considerar con cautela.

Número de árboles iniciales: En general los datos de entrada fueron muy variables en términos del número de árboles, pero manteniendo la relación con el área basal respectiva. En esto es de mucha utilidad el diagrama de densidad (Anexo 7a), en particular para definir los valores iniciales tanto del área basal como del número de árboles, ya que fija el límite inferior para los rodales que se pueden intervenir.

Área Basal Inicial: También los datos iniciales presentan alta dispersión, y es útil el diagrama de densidad para determinar si el rodal es apto de intervenir o no. Esta variable está relacionada al sitio, mejores sitios pueden presentar valores altos de área basal, dependiendo si las intervenciones no han sido demasiado fuertes.

Altura Dominante (Sitio): Se requiere estimar la altura de los árboles dominantes del rodal. En estricto rigor esto se refiere a la altura promedio (en metros) de los 100 árboles más gruesos en una hectárea. Es factible también indicar el Sitio, pero en la práctica los valores de los índices de sitios no son comúnmente utilizados en Canelo, y si a futuro se llegan a utilizar, esta opción está implementada en el simulador.

Intensidad y Oportunidad del Raleo: En esta opción se define parámetros residuales del bosque en términos del área basal, número de árboles o densidad relativa, o bien porcentaje de extracción. La oportunidad fija la edad en que se ejecutan las faenas.

Productos

Los valores resultantes del desarrollo y de las intervenciones se guardan en archivos de salida, y que corresponden a:

Tabla de Desarrollo: Dado que es una modelo a nivel de rodal, para cada período esta tabla presenta el valor de las siguientes variables: Número de árboles, Área Basal (m^2/ha), Volumen Total (m^3/ha), Altura Dominante (cm) y Diámetro Medio Cuadrático (cm). Se indica además el índice de sitio y el cambio experimentado en la densidad relativa.

Tabla de productos: Para cada periodo esta tabla entrega el Volumen de productos por hectárea en tres tipos de productos: trozas debobinables, trozas aserrables y trozas pulpables (o leña)

Tabla de raleos: Para cada período esta tabla indica el período en que ocurrió el raleo, describiendo el Número de árboles, área basal (m^2/ha) y volumen extraído (m^3/ha).

Acceso

Para información sobre acceso al simulador ponerse en contacto mediante correo electrónico (smuller@infor.cl o mmartin@infor.cl)

Finalmente se debe mencionar que estas herramientas permiten un continuo ajuste, en la medida que surge nueva información, y dado los incentivos provistos en la nueva Ley de Bosque Nativo, estas herramientas pueden ser de gran utilidad al momento de decidir los futuros productos a extraer del bosque.

Simulador de Canelo Módulo de Ingreso	
INSTITUTO FORESTAL SEDE VALDIVIA	
Correo	<input type="text"/>
Tipo de Usuario	Particular <input type="button" value="v"/>
Nombre	<input type="text"/>
RUT	<input type="text"/>
Region	de la Araucania <input type="button" value="v"/>
Ingrese Edad (años)	0 <input type="text"/>
Ingrese Altura Dominante (mts)	0 <input type="text"/>
Ingrese Area Basal (m ² /ha)	0 <input type="text"/>
Ingrese Numero Arb /ha	0 <input type="text"/>
Ingrese Edad Raleo 1	0 <input type="text"/>
Ingrese N°arb/ha Remanentes Raleo 1	0 <input type="text"/>
Ingrese Edad Raleo 2	0 <input type="text"/>

EXPERIENCIAS SILVÍCOLAS

Dinámica natural

Considerando la dinámica natural del Bosque siempreverde en general y, de los renovales de canelo en específico, es necesario recalcar que los renovales de canelo representan una fase sucesional temprana del bosque siempreverde y que, por lo tanto, en formaciones naturales es transitoria (Soto y Donoso 2006). Esto implica que sin la intervención antropogénica duraría probablemente sólo una generación o en términos silviculturales una rotación.

Para manejar la especie canelo a largo plazo, es necesario mantener el estado sucesional del bosque secundario y a través de intervenciones silviculturales, impedir el desarrollo natural hacia un bosque maduro (clímax).

Canelo muestra el comportamiento de una especie pionera que repuebla superficies que han sido sometidos a disturbios. Bajo situaciones ambientales adecuadas, la especie Canelo regenera en forma vigorosa. Las condiciones necesarias para el establecimiento y desarrollo de la regeneración están dadas en sitios que presentan humedad permanente, abundante materia orgánica en descomposición, suelo no alterado (compactado o removido), e insolación directa durante algún momento del día (Corvalán et al. 1987). En estas situaciones Canelo tiene una alta capacidad competitiva. Esta se debe por un lado a la tolerancia a altos grados de humedad en el suelo y su sistema radicular superficial que le permite establecerse en condiciones de una napa freática muy cercana a la superficie (Cita). Por otro lado el rápido crecimiento en altura le permite dominar el dosel en poco tiempo (Cita). Estas características que en la ocupación del sitio son de gran ventaja competitiva, tienen por otro lado la consecuencia de reducida estabilidad en el estado de fustal. Por su tendencia a formar fustes con alto grado de esbeltez y su sistema radicular superficial el Canelo es muy susceptible a caídas por viento.

El estudio de Calquín (1987) en las provincias de Llanquihue y Chiloé demostró que en los sectores con mayor grado de intervención del bosque, mayor es la cantidad de regeneración natural de Canelo presente, salvo en la clase de uso pradera (Cuadro N° 37).

Cuadro N° 37 CLASE DE USO Y ESTADO DE LA REGENERACIÓN	
Clase de uso	Estado de la regeneración
Pradera	Prácticamente no hay regeneración de Canelo.
Matorral	La regeneración existente es de gran heterogeneidad en cantidad, calidad y distribución espacial.
Renoval de Canelo	Prácticamente no hay regeneración de la especie, por ser ellos en sí un estado avanzado de la misma.
Bosques explotados	La regeneración presenta las mejores condiciones de cantidad y calidad cuando se encuentran estos despejados, libres de vegetación invasora, con el suelo no alterado, húmedo y con individuos de Canelo en el dosel, en edad de fructificación.
Bosques poco intervenidos	La regeneración de Canelo se establece en manchones espesos, en los espacios dejados por la caída de los árboles.

(Corvalán et al., 1987)

Según el estudio de Corvalán et al. (1987), la regeneración de Canelo predomina en los sectores que han sido quemados o explotados a tala rasa, sin embargo es destacable el hecho que

la mayor sobrevivencia se produce en lugares donde las plantas reciben insolación directa solo en algún momento del día, no así la regeneración ubicada en las laderas norte como tampoco en zonas con sombra prolongada. Incluso para germinar las semillas no necesitan estar en un hoyo de luz pero en estos, la germinación es entre 3-6 veces mayor (Donoso 2005, Figueroa y Lusk 2001).

Donoso y Soto (2006) observaron que Canelo difícilmente regenera bajo su propio dosel. Dado que su estudio se realizó en un rango estrecho de densidades (alrededor de 80% Densidad Relativa) y en renovales menores de 46 años, no es posible generalizar sus resultados pero sugieren una tendencia. Por otro lado la cantidad de plántulas en un bosque viejo estudiado por Gutierrez *et al.* (2004) fue de 74.250 ha⁻¹, lo que correspondía a un 19% de la totalidad de plántulas. La cantidad de plantas establecidas con una altura menor de 1.3 m en el mismo bosque fue mucho menor (470 ha⁻¹) pero en relación a otras especies también fue alto alcanzando un 12,2% de las plantas en el rodal.

Al lado de la cantidad de plantas, la calidad es un aspecto muy importante en la regeneración. Esse (2009) hace un análisis de la calidad de renoval que resulta a partir de dos distintas situaciones iniciales y deja en evidencia la importancia que tiene la fase inicial de un rodal para su potencial futuro, hecho muy necesario de considerar en el momento de forestación o regeneración del bosque (ver recuadro). Otro aspecto que ha de importancia en la especie Canelo es su característica regenerarse sobre detritus leñoso cuando no está dada una situación óptima de suelo.

Canelo puede formar rodales casi puros pero generalmente se encuentra en asociación con otras especies (Nübel 2009). Según el sitio son distintas las combinaciones de especies que se encuentran. Un estudio en base a datos del Inventario Continuo de Ecosistemas Forestales (INFOR 2002) entregó tres principales asociaciones de especies: Canelo – Mirtáceas, Canelo – Mañío y Canelo – Coigüe de Chiloé, (ver recuadro). Estas tres asociaciones están ligadas a diferencias en el sitio. La importancia de esto está en poder derivar de la composición de especies que acompañan Canelo a la productividad de éste. Sin embargo no se ha cuantificado hasta el momento esta relación

Figura Nº 36
HOYO DE LUZ CREADO POR LA CAÍDA DE UN ÁRBOL (DERECHA), REGENERACIÓN NATURAL (IZQUIERDA)



Efecto de disturbios antrópicos en la estructura de dos rodales de *Drimys winteri* en la provincia de Llanquihue, Chile.

Carlos Esse H.

Universidad Católica de Temuco - Chile

Los estudios de dinámica en bosques naturales permiten conocer las estrategias de regeneración y establecimiento de estos, como elementos que influyen en su composición, desarrollo y estructura. Sin embargo, es necesario que estos estudios profundicen en el análisis de los diferentes disturbios que dan origen a estas masas boscosas, ya que este factor puede ser determinante en el desarrollo del rodal y en consecuencia en la estimación del potencial silvícola y la oferta de madera de calidad para fines industriales. El presente estudio tuvo por objetivo describir los tipos de disturbios y evaluar sus efectos sobre la estructura de dos bosques secundarios de *Drimys winteri* ubicados en la provincia de Llanquihue, Chile. La metodología se basó en mediciones dendrométricas, estructurales y análisis de suelo. Se determinó que los bosques secundarios originados a partir de cortas a tala rasa y posterior abandono, generan rodales con un potencial silvícola superior a aquellos originados a partir de praderas abandonadas.

Asociación de Canelo (*Drimys winteri*) con otras especies en bosques de segundo crecimiento en el sur de Chile.

Seliena Nübel

El trabajo caracteriza la composición arbórea en renovales de Canelo e identifica interdependencias entre variables del sitio y los tipos de rodales encontrados. Se utilizó los datos recolectados en el "Inventario del Bosque Nativo de la IX. y X Region"

Se identificaron tres distintas asociaciones arbóreas: a) el tipo de rodal Canelo asociado con Luma, donde el porcentaje de área basal se reparte de la siguiente manera: Canelo 65 %, Luma 15 %, Arrayán 10 % y otras latifoliadas 10 % b) el tipo de rodal Canelo asociado a Luma, Mañío y Coihue, donde Canelo ocupa 55 %, Luma y Mañío 15 %, Coihue 10 % y otras latifoliadas 5 % de área basal y c) el tipo de rodal Canelo asociado a otras especies arbóreas, donde Canelo participa en un 55 %, Coihue de Chiloé en un 15 %, Coihue en un 10 % y otras latifoliadas en un 20 % del área basal, encontrándose preferentemente en especies Pitra (*Myrceugenia exsucca*), Meli (*Amomyrtus meli*), Arrayán, Tepú (*Tepualia stipularis*), Notro (*Embothrium coccineum*) y Tineo (*Weinmannia trichosperma*).

Se encontró además una relación entre la asociación de especies arbóreas con el tipo y la estructura del suelo. Por lo tanto el tipo de rodal a) se puede encontrar en suelos arenosos (100 %), el tipo rodal mLMC preferentemente en suelos limosos (70 %) y el tipo rodal b) muchas veces en suelos arcillosos (60 %). En otras características del sitio como valor de PH, pendiente de terreno, exposición, drenaje y estado de desarrollo no se encontró una relación estadística.

Establecimiento

El empleo de métodos de regeneración en renovales de Canelo y las asociaciones vegetales de las cuales forma parte, debe ser específicamente dirigido hacia el rodal meta. Debe considerar la dinámica natural para evitar un cambio en la composición del bosque hacia especies desfavorables desde el punto de vista del medio o de su utilización.

- Regeneración natural

Entre los métodos silviculturales aplicados tradicionalmente para la regeneración del tipo forestal siempreverde al cual pertenecen los renovales de Canelo están la tala rasa, las cortas de protección y de árbol semillero y la corta selectiva que generalmente se aplica en grupos para formar hoyos de luz. Hoy en día contamos con un Reglamento de Protección de Suelo, Agua y Humedales vigente que pone restricciones en forma de cobertura mínima a la aplicación de algunos métodos y ya no permite la tala rasa en el bosque nativo.

Lo anterior significa que las recomendaciones de Loewe (1998) para una regeneración natural, la tala en bosquetes de no más de una hectárea o en fajas, en este momento no serían aplicables. Si bien las observaciones anteriores muestran que canelo sería una especie que regenera bien después de cortas a tala rasa, ésta no siempre se ha resultado exitosa. Los resultados del inventario (INFOR 2006) han demostrado que en muchos casos las densidades de los renovales son bajas. Esto es una desventaja para la producción rentable (figura 37) ya que hay poco material para la selección de calidad y el crecimiento de altura es reducido en estas situaciones debido a la falta de competencia. Además el proceso de autopoda, el cual muy importante para la calidad de la madera, no ocurre de forma satisfactoria.

Figura Nº 37
REGENERACIÓN NATURAL DESPUÉS DE TALA RASA.



De acuerdo con los resultados obtenidos por Donoso (1989), el empleo del método de selección por claros o bosquetes en un bosque Siempreverde, es el que más favorece la regeneración de Canelo. Esto evidencia la condición de tolerancia intermedia de la especie y su adaptación a una estrategia de regeneración en claros.

Según los requisitos de aplicabilidad legal y técnica el empleo de este método es permitido en los renovales, a partir de una estructura original coetánea monoestratificada de gran densidad, pura o mixta. En estados de mayor desarrollo permite obtener tanto una estructura coetánea, como también una estructura final heteroetánea dominada por Canelo y especies acompañantes como Ulmo (*Eucryphia cordifolia*), Avellano (*Gevuina avellana*) y Tepa (*Laureliopsis philippiana*). La gran capacidad reproductiva de la especie y su relativa plasticidad en cuanto a los requerimientos de luz hacen de este último sistema una opción para estos bosques. Faltan sin embargo conocimientos específicos sobre el área óptimo de los hoyos de luz así como sobre la dinámica de crecimiento y competencia interespecífica. Según Figueroa (2003) un área de 80m² sería suficiente para la germinación. Sobre el crecimiento posterior en claros de esta dimensión el autor no entrega información.

Otra opción para la regeneración son las cortas de protección. Según Donoso (1989), este tipo de corta aplicado a bosques Siempreverdes, favorece al igual que la anterior, al desarrollo exitoso de la regeneración; sin embargo se a observado que la regeneración de Canelo fue menor en comparación con otras especies como Luma (*Amomyrtus luma*) y Tepa (*Laureliopsis philippiana*). Lo anterior muestra que en este sistema silvícola la condición de tolerantes de la mayor parte de las especies de estos bosques se ve favorecida por sobre la de Canelo.

Crespell (1993), evaluó la regeneración bajo árboles semilleros en combinación con el método de selección en el mismo tipo de bosque anteriormente citado, obteniendo buenos resultados para la especie Canelo desde el punto de vista altura, diámetro, frecuencia y supervivencia por sobre otras especies; no obstante, no existen suficientes antecedentes para generalizar estas experiencias.

Regeneración de Canelo bajo distintos sistemas silviculturales aplicados al bosque siempreverde

Bastienne Schlegel

En 1981-1982 se instalaron ensayos de cortas finales en una zona de bosque perteneciente al Tipo Forestal Siempreverde, actividades que se enmarcaron dentro del proyecto "Ecología y Silvicultura de los Bosques Nativos de la Décima Región". La ubicación de los Ensayos es alrededor de los 100 m de altitud en laderas de pendiente suave de exposición norte en las riberas del río Lenca, cercano al pueblo de Correntoso y contiguo al Parque Nacional Alerce Andino (41° 35' S – 72° 35' W). El clima se caracteriza por presentar una alta pluviometría que llega hasta los 5000 mm anuales (Donoso et al., 1999).

En el año 2008, se observa que el tratamiento de tala rasa concentra la mayor densidad con más de 4 mil árboles por hectárea (DAP \geq 5 cm) pero que el tratamiento de tala rasa en fajas presenta un área basal y DMC mayor, con 40 m² ha⁻¹ y 11,8 cm respectivamente. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativos entre tratamientos (tala rasa, tala rasa en fajas y árbol semillero) en cuanto al número, área basal y DMC total. Solo se encontraron diferencias significativas (P<0,05) entre tratamientos en el número y área basal de *D. winteri*, siendo el área basal en el tratamiento de tala rasa significativamente mayor que en los otros tratamientos. En general, se observa bastante variabilidad entre repeticiones (3) dentro de un mismo tratamiento, por ejemplo en tala rasa el número de árboles por hectárea varía entre 1878 a 5778 n ha⁻¹, el AB

entre 31,5 y 44,7 m² ha⁻¹ y el DMC entre 9,8 y 14,6 cm. Esta alta variabilidad se debe, en parte, a la alta densidad de *Chusquea quila* en algunos sectores donde la regeneración arbórea se vio fuertemente afectada, encontrándose algunas parcelas con tan solo uno a dos individuos.

El AB de estos rodales se concentra principalmente en la especie Notro, con rangos que van desde 14,6 hasta 44,3 m² ha⁻¹, constituyendo desde el 50 al 75 % del AB total por hectárea. Canelo, tiene un área basal bastante menor, con un promedio de 2,5 m² ha⁻¹, concentrándose principalmente en las parcelas con tratamiento de tala rasa en fajas con un área basal promedio de 4,9 m² ha⁻¹, constituyendo el 11,8 % del AB total.

Calidad de Regeneración de Canelo en dos áreas en Chiloé

Ulrich Hipler

En este estudio fueron analizados dos rodales en el sureste de la isla de Chiloé, al sur de Chile. En la primera superficie, el rodal había sido totalmente destruido hace una década por un incendio forestal (Yerba Loza). La segunda superficie muestra un rodal multietáneo con cuatro diferentes estratos. El objetivo de este trabajo es el análisis de la calidad de la regeneración de la especie Canelo (*Drimys winteri*). En el bosque multietáneo se analizó una correlación entre la cobertura de copas y la densidad, relacionado con el desarrollo de altura del sotobosque. Fueron comparados el crecimiento en diámetro y en altura, los criterios morfológicos y la forma de la regeneración entre los rodales. El bosque multietáneo fue caracterizado a través de los principales parámetros dasométricos. En este rodal se encontraron seis especies arbóreas con un área basal de 45 m² por hectárea y una densidad de 2960 árboles por hectárea. Las especies dominantes fueron *Drimys winteri*, *Luma apiculata* y *Laureliopsis philippiana*. La distribución del diámetro muestra una distribución típica de jota invertida, sin embargo se puede distinguir rastros de manejo y explotación en las especies *Drimys winteri* y *Laureliopsis philippiana* a través de la falta de diámetros medianos y *Amomyrtus luma* a través de la falta de diámetros pequeños.

La densidad del estrato de regeneración se estimó en 47.000 y 130.000 individuos por hectárea en el área quemada y bajo el bosque multietáneo respectivamente. Las especies existentes más abundantes en el sotobosque en ambas áreas fueron *Amomyrtus luma* y *Drimys winteri*.

Drimys winteri mostró en el área quemada un mayor incremento en diámetro y altura que bajo dosel, mientras que la calidad fue más baja. Puesto que el incremento de diámetro depende del manejo de bosque, estos resultados fueron esperados. La razón de las diferentes tasas de incremento en altura solo se puede especular. Ambos rodales muestran bajos valores comparado con otros estudios.

- **Regeneración artificial**

Las experiencias de plantación e Canelo son escasos. Rojas (2009) reporta una alta mortalidad de plantaciones en áreas abiertas en la isla de Chiloé. Sin tener muchos antecedentes acerca del comportamiento de la especie bajo esta situación, se recurre a la observación de su comportamiento en el desarrollo de la especie en su hábitat natural para hacer una proposición con el objetivo de evitar altas tasas de mortalidad de las plantas.

Según lo observado las buenas condiciones para plantaciones se presentan en suelos no demasiado húmedos, con una leve protección y abundante materia orgánica. Otro aspecto necesario de considerar es la elección del ecotipo correspondiente al sitio por forestar.

Para la plantación propiamente tal se sugiere realizarla en casillas Pérez (2001), asegurando de esta forma la eliminación de la competencia por el sustrato en los primeros años. En suelos anegados, como los Ñadis, se hace necesario preparar estos terrenos con faenas destinadas a mejorar el drenaje para evitar los inconvenientes que esto conlleva, deben estudiarse para cada caso las necesidades de subsolado, desbroce, etc.

Además resultó necesaria una protección contra roedores. En el marco del proyecto INNOVA "Desarrollo de Tecnología silvicultural para Renovales de Canelo", se implementaron dos plantaciones de Canelo. Una sobre camellones y otra en casillas. El Canelo tiene un alto contenido de taninos tanto en su tallo como en las hojas. Esta característica hace que no es apetecido por roedores. Sin embargo la plantación en casillas fue dañada en su totalidad por liebres (cortando el tallo y dejándolo al lado) y la otra en gran parte con consecuencias notables en la calidad de las plantas sobrevivientes.

Tratamiento del Rodal

El fin de las cortas intermedias o raleos es el aumento de la productividad. Actualmente se enfoca para los renovales de Canelo en sitio de buen potencial de crecimiento, la producción de madera de alto valor (Navarro 2010). Eso implica obtener trozas de madera de alto diámetro, libre de ramas y otros defectos. Para Canelo los requerimientos mínimos en el mercado actual son un diámetro de 35 cm y un largo de 3,2 m (INFOR 2009).

El aumento de la productividad se logra al disminuir la competencia entre los árboles. Esto, para concentrar el crecimiento en aquellos árboles deseables para el futuro. Es así que el silvicultor puede:

- Redistribuir el potencial del sitio en el crecimiento de árboles remanentes.
- Mejorar, a través de una selección adecuada, la calidad del árbol residual.
- Obtener retornos financieros intermedios o maximizar el valor final del cultivo.

Existen muchas formas de raleo, tanto en aspectos de intensidad como en su característica cualitativa. El tipo de intervención influye en gran medida en las características del rodal que se va a cosechar por lo que es necesario previo al raleo a) definir un meta de producción y b) el tipo de raleo apropiado para esta meta.

- Metas de Producción

Para definir la meta de producción, el primer paso corresponde al diagnóstico, elemento clave dentro de la planificación silvicultural. Debe consistir en la caracterización del sitio y su aptitud para la especie, la caracterización del rodal en términos de calidad y sanidad y también de su dasometría. La guía didáctica: Manejo silvícola para renovales de Canelo (INFOR 2009) propone métodos de diagnóstico y la definición de metas de producción a partir de una clasificación simple del rodal. Según el sitio, la densidad y calidad del rodal se propone las metas de producción:

Madera de alto Valor
Madera delgada estructural
Uso multipropósito
Producción de Biomasa (Leña)

Cada una de estas metas está relacionada a una estructura determinada y un rango de densidad del rodal que es recomendable mantener a través de las intervenciones para optimizar su crecimiento.

Cuando se quiere producir madera de alto valor la forma de los árboles es un parámetro de importancia. En este caso un sistema selectivo, que libere los individuos de buena forma de sus competidores y estimule su crecimiento es el apropiado. Cuando se cuenta con un rodal de muchos individuos de muy buena calidad también es posible un raleo sistemático que deja los árboles a un distanciamiento determinado.

Navarro (1993), propone la aplicación de raleos, bajo el criterio de maximizar la producción en términos económicos, concentrando el volumen en la producción de trozas aserrables y debobinables de Canelo, bajo el supuesto que estos productos maximizarían el retorno económico del sitio. Es este mismo autor que entrega también el único trabajo basado en un estudio a largo plazo del efecto del raleo en el rendimiento económico de los renovales de canelo (Navarro et al 2010). En primer lugar concluye que la evaluación financiera del manejo de bosques secundarios llega a resultados positivos cuando se considera que estos se formaron naturalmente lo que implica que no requirieron una inversión inicial y tampoco tienen costos de administración antes del primer raleo. Se estima que el tiempo de rotación en intervenciones tardías debe ser de al menos 52 años para obtener rentabilidades. Mientras el raleo fuerte (distanciamiento de 4x4 m en rodales de dmc de XX) la rentabilidad es mas alta. Sin embargo se enfrenta con este sistema un muy alto riesgo de caída por viento, por lo qe se recomienda un raleo más conservador con distanciamientos de 2 a 3 metros. Estos entregan resultan según el autor en un VPS de US\$ 2.667 ha⁻¹ a una tasa de descuento de 8%.

Canelo es una especie cuyo potencial de crecimiento culmina a temprana edad. En Hueicoya (Región de los Ríos) el ipa del diámetro de individuos de un bosque secundario manejado, culminó a los 13 años, manteniéndose arriba del ima hasta una edad aproximada de 18 (Navarro 1993). Es por ello que las intervenciones deben iniciarse idealmente en los estados de desarrollo de brinzal o latizal bajo. Sin embargo es aconsejable aprovechar su buena capacidad de autopoda y mantener el rodal cerrado hasta alcanzar una autopoda de alrededor de 8m, lo que permite la producción de 2 trozas libre de nudos.

Algunos autores proponen realizar el primer raleo entre los 8 y 12 años dependiendo de la calidad del sitio, basado en las edades en la que se producen los mayores crecimientos anuales

periódicos. Sin embargo también a edades más avanzadas los raleos muestran efecto (Navarro 1993).

La intensidad de los tratamientos intermedios de Canelo dependerá del estado de desarrollo, las características dasométricas del rodal, y del objetivo productivo.

Los ensayos de raleo con monitoreo a largo plazo son escasos y las recomendaciones que se basan en este tipo de experiencias prácticas se reducen a los publicados por Navarro (1993, 1999, 2010, 2011) y Reyes *et al* (2009). Para renovales de 30 años de edad, Navarro (1993) ha comprobado la conveniencia de efectuar un raleo que determine un distanciamiento promedio de 4 m entre árboles, dejando una densidad media de 572 árboles por hectárea para cosecha final. El mismo autor entrega también rangos de densidad para el manejo con distintos objetivos (Navarro 2011). Para la producción de biomasa recomienda densidades relativas alrededor de 55% mientras que para la producción de madera de valor propone densidades de 40%. Estas densidades relativas se refieren a un diagrama de tamaño densidad de segunda categoría de complejidad que es presentado en la misma publicación.

Para definir densidades apropiadas para un gran número de situaciones es muy útil contar con un simulador que modele el crecimiento del bosque bajo distintos escenarios. Se presentó en el capítulo crecimiento y rendimiento un simulador para renovales de Canelo desarrollado por INFOR (2009). Usando este simulador para las distintas metas de producción definidas arriba, se dedujeron niveles de densidad óptimas para cada propósito (figura N° 38). Estos niveles están expresados en densidades relativas. Para conocer qué cantidad de árboles significan esto para un rodal con su dmc específico se presenta en el siguiente capítulo la herramienta de manejo “Diagrama de Tamaño –Densidad según Gingrich (1967).

Figura N° 38
NIVELES DE DENSIDAD POR META DE PRODUCCIÓN

Oportunidad de Manejo	Rango Índice de densidad relativa (%)	Descripción
Manejo Alto Valor (Incluye madera delgada estructural)	25-40	El crecimiento se concentra en pocos árboles de buena calidad con el fin de producir grandes trozas a mediano plazo.
Manejo Multipropósito	40-60	Los árboles dominantes de buena calidad se mantienen libre de competencia para producir trozas aserrables. En el resto del rodal se opta por maximizar el crecimiento de volumen con alta densidad.
Manejo Biomasa	50-70	Producción con un alto número de árboles para maximizar el volumen de madera con fines de uso energético.
No permite Manejo	< 20	Rodal no tiene el volumen y la calidad suficiente para un manejo. Se recomienda la recuperación de bosque a través de enriquecimiento

Quando se siguen las recomendaciones de una temprana intervención, estas muchas veces resultan ser a desecho y significan así una inversión a largo plazo. Por ello es importante que el riesgo de una posterior desvalorización del rodal se minimice. El Silvicultor tiene que conocer los riesgos (bióticos como abióticos) y orientar la intervención con el fin de mantener o crear la estabilidad del rodal.

Es por ello que existen situaciones, donde la prevención de riesgo prima ante otras metas de producción. Uno de los riesgos importantes en el manejo de los renovales de Canelo es su baja estabilidad frente a daños por viento (Navarro 2011, Reyes *et al.* 2006). Para evaluar ésta, se utiliza generalmente el parámetro “proporción altura/diámetro”. Un valor de 100 o menos se estima como apropiado para enfrentar el viento sin que se causen daños. Sin embargo en áreas con alto riesgo de disturbios por viento se recomienda un valor de menos de 75 %. En los renovales de canelo se propone guiarse por el ultimo valor, ya que la mayoría de los renovales estudiados tienen una relación de altura/diámetro cerca de 100 y fue el viento quién lideró los agentes de daño.

Para alcanzar la estabilidad deseada, las intervenciones tienen que ser orientadas a aumentar el crecimiento de diámetro no incentivando al mismo tiempo el crecimiento de altura.

El cuadro N° 38 contiene medidas para ser consideradas en el manejo de los renovales. A medida que los ensayos establecidos en el proyecto sigan generando datos de reacción a las intervenciones y los diseños de plantaciones estas medidas se especificarán.

Cuadro N° 38 MEDIDAS A CONSIDERAR EN EL MANEJO PARA EVITAR DAÑOS DE VIENTO	
Fase de desarrollo	Metas y Medidas
Rodales < 12 m de altura dominante	Estimulación de la vitalidad y estabilidad de los árboles individuales.
	Máximo una intervención de clareo por ser no comercial.
	En regeneraciones de alta densidad con altura dominante de 1,5 - 3 m, clareo sistemático para la reducción de árboles a 1000-1500 / ha.
	En sitios de alto riesgo de disturbios de viento con altura dominante entre 6-10 m, raleo selectivo
Rodales > 12 m de altura dominante	Favorecer árboles vitales con alta estabilidad.
	En rodales con baja estabilidad, corta de vías de extracción 2-3 años antes del raleo.
	Raleo por lo alto y selectivo después de alcanzar 7-10 m libre de ramas verdes y antes de que la relación altura/diámetro supere los 80.
	En rodales con altura dominante > 18 m con alto riesgo de caída por viento, raleo por lo bajo.

Otra opción para aumentar considerablemente la estabilidad de un bosque, es el manejo multieténeo. Los bosques multieténeos presentan gran estabilidad respecto a vientos y la nieve. Esto parece estar relacionado a que los árboles de los estratos superiores acceden lentamente su posiciones y desarrollan en forma homogénea sus copas y sistemas radiculares. Además, los diámetros que alcanzan a través de un largo período de crecimiento, son altos en comparación con las alturas.

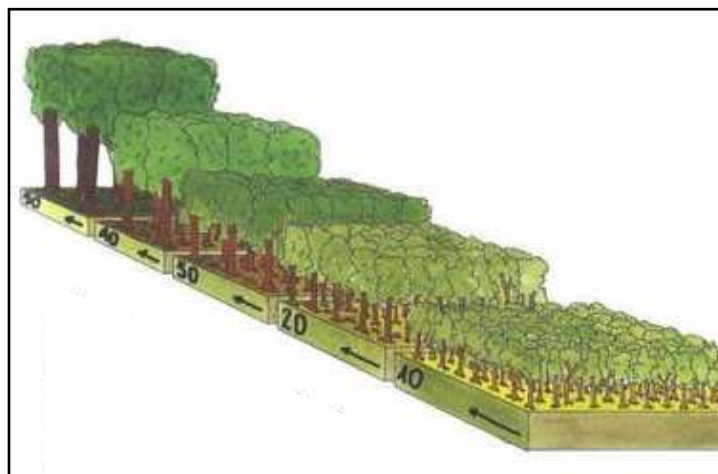
Contamos, desde el año 2008, con la ley 20.283 de recuperación del bosque nativo y fomento forestal que contempla un sistema de incentivos para cortas intermedias en bosques secundarios en estados de desarrollo menores al fustal medio, ayudando al financiamiento de actividades que, por costos de transporte y precios de productos, no eran factibles de realizar para el propietario forestal.

Con el espíritu de apoyar las intervenciones incentivadas por esta ley y entregar al propietario o profesional a cargo del manejo una herramienta que le permita realizarlas de forma dirigida hacia una meta de producción definida según el potencial del rodal se desarrolló un diagrama de tamaño densidad para renovales de canelo. A partir de dos de las variables área basal (AB), número de árboles (N/ha) y diámetro medio cuadrático (DMC) el diagrama de densidad apoya en decisiones sobre la necesidad de raleo, su intensidad y el requerimiento de enriquecer el rodal.

- Diagrama de Tamaño-Densidad

La variabilidad de la densidad, el crecimiento y la calidad en los renovales de Canelo es muy alta, debido a su amplia distribución y variadas situaciones iniciales (ver también capítulo X). Es por ello que en vez de entregar esquemas de manejo específicos se ha optado por entregar herramientas para la toma de decisiones de cómo emprender el manejo.

Figura Nº 39
RELACIÓN TAMAÑO-DENSIDAD EN RODALES COETÁNEOS



Fuente: CRPF (1995)

Esta herramienta nos da respuesta a la pregunta ¿Cuántos árboles debe tener un bosque en un determinado estado de desarrollo?

En rodales coetáneos el principio de la densidad relativa es una buena herramienta para dar respuesta a esta pregunta y definir la intensidad del raleo. Este principio se basa en la siguiente observación: Entre más jóvenes o delgados son los árboles, más individuos tienen lugar en un área definida como por ej. una hectárea. Al crecer y engordar disminuye la cantidad de individuos que puedan poblar esta superficie. El número de árboles máximo posible para un rodal con su diámetro medio cuadrático determinado se conoce como la densidad máxima o curva de autoraleo. Al referirse a la densidad actual o deseada de un rodal en comparación con la densidad máxima posible se habla entonces de la densidad relativa.

La densidad relativa es la proporción o porcentaje de la densidad absoluta respecto a un nivel de referencia basado en un promedio de máxima competencia.

$$DR = \text{Densidad Actual} / \text{Densidad Máxima}$$

La relación tamaño densidad obedecen a leyes generales de la naturaleza. El primero en formular una relación generalizada entre diámetro y número de árboles fue Reinecke 1939, definiendo la función de autoraleo.

La densidad máxima es específica de una especie y varía levemente entre distintas zonas de crecimiento (Pretzsch y Biber 2005). Está estrechamente relacionada con el diámetro de los árboles siendo mayor cuando el diámetro es bajo. Esta circunstancia permite en base de los datos Área basal (ab), número de árboles (n) y diámetro medio cuadrático (dmc) generar un diagrama en dos dimensiones con el objetivo de mostrar gráficamente la situación de competencia que rige en un rodal y como ésta es influenciada a través de intervenciones silvícolas. La ventaja de la utilización de este concepto como base para la descripción numérica de una intervención silvícola es que no hace referencia al estado inicial del rodal específico por lo que el valor es comparable entre distintas situaciones.

Basados en estas relaciones, los diagramas de tamaño-densidad, o usando el término inglés, *stocking guides*, son una herramienta de decisión muy útiles en la planificación silvícola a nivel de rodal. El concepto y las funciones básicas utilizadas para la generación del diagrama a continuación, se encuentran descritos por Gingrich (1967). En su modelo la línea A es la densidad máxima y es derivada de la razón área árbol de los renovales existentes. La línea B está basada en la razón área árbol, para árboles que crecen libre de competencia. La línea C corresponde a una estimación de la densidad mínima que dentro de los próximos años alcanzaría la línea B.

Para Canelo la función de densidad máxima ha sido desarrollado por Donoso et al. 2007.

Función de densidad máxima

Rodales que presenten una relación área basal versus número de árboles por sobre esta densidad máxima se entienden que están sobrepoblados. Rodales bajo esta línea se dicen que están en densidad completa o *full-stocked*, al menos hasta pasar un valor umbral, desde donde pasan a expresar un estado subpoblado o *understocked*.

Esta línea umbral es la línea B en el gráfico, que se construye bajo la suposición teórica que los rodales que han crecido libres de competencia. En el caso del presente estudio la curva B se ajustó con los tamaños de copa de los árboles dominantes. Seleccionando sobre los árboles dominantes todos aquellos cuyas copas fueran superiores a la media, y ajustando sobre esta subpoblación una curva de regresión, entre el DAP de los árboles y el área de copa observado en terreno (desde los diámetros de copa de cada árbol). Cada rodal se supone estar compuesto por árboles de igual tamaño y que tienen, teóricamente, la misma área de copas libre de competencia.

El número de árboles por hectárea se obtiene de dividir una hectárea en cada tamaño de copa, según diámetro del árbol, y el área basal, desde el DAP correspondiente y el Número de árboles estimado. Es así como esta línea B representa la densidad mínima de un rodal con ocupación completa de sitio.

Bajo la línea B los rodales están subpoblados. Hasta un cierto límite, tendrán la oportunidad de alcanzar la densidad completa por crecimiento a través del tiempo (línea C). La línea C representa rodales que en aproximadamente 10 años, dada su tasa de crecimiento, alcanzarían la línea B.

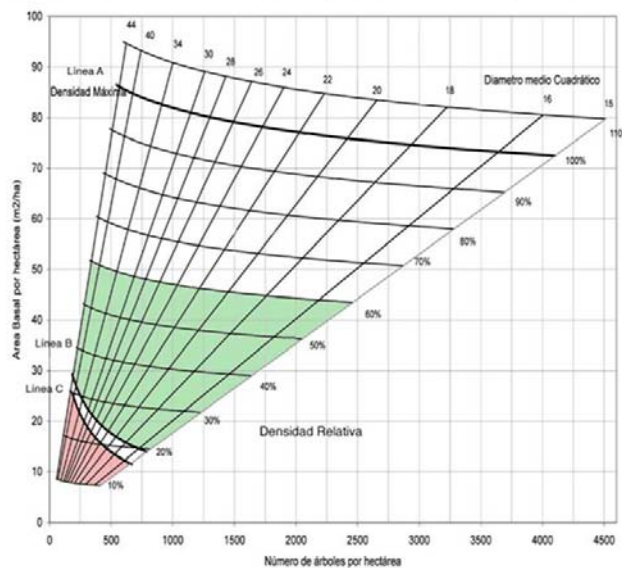
Se eligió el diagrama de Gingrich por su fácil aplicación y directas relaciones. Sin embargo existe otros modelos como el diagrama de tamaño-densidad desarrollado por Navarro (2011). En este se trata de un modelo muy sofisticado que incluye volúmenes y se refiere a distintos sitios.

Independiente del modelo utilizado, el diagrama de tamaño densidad es una herramienta ampliamente usada en el manejo de bosque y es así que existen algunas recomendaciones generales y específicas respecto a su uso. Entre ellas destacan las siguientes:

- a) La zona de manejo debería fijarse entre 60-80 % de densidad relativa (Nyland 1996).
- b) El crecimiento del rodal es máximo entre 40 y 55 % de densidad relativa (Drew y Flewelling 1979).
- c) El rango de densidad relativa que permitiría maximizar el crecimiento de valor de un rodal de Canelo se encuentra entre un 30 y 40% de densidad relativa (Navarro et al., 1999)
- d) Rodales con un Stock sobre 100% deberían ser raleados. Rodales con un Stock bajo la línea C deberían ser enriquecidos y no pueden ser raleados en más de 10 años. Según la meta de producción, se manejaría el rodal entre las líneas de 60% de densidad relativa y la línea B (INFOR 2009).

Figura N° 40

DIAGRAMA DE TAMAÑO-DENSIDAD, ADAPTADO PARA RENOVALES DE CANELO. LA LÍNEA DE DENSIDAD MÁXIMA CORRESPONDE A LA DE DONOSO ET AL. 2007.



Área verde: Zona de manejo según objetivo de producción

Área roja: Bosque sin opciones de manejo excepto recuperación

Del gráfico se deducen los siguientes esquemas generales para las metas de producción propuestas.

Alto valor: bajar hacia la línea B, en varios pasos. Manteniendo el espacio del dosel ocupado.

Múltiple uso: mantener el rodal entre un 40% y 60% de densidad relativa, según la cantidad de árboles de buena calidad para llevarlos a la meta de alto valor. Estos se mantienen libre de competencia.

Leña: mantener el rodal entre 50% y 70%, aplicar raleo solo para anticipar mortalidad y cosechar parte del crecimiento periódico.

Derivado de los resultados del simulador para Renovales de Canelo se encuentran en figura N°41 a modo de ejemplo algunos esquemas específicos que siguen estas recomendaciones.

Ejemplos de esquemas de manejo

Sitio	II	II	II	III	VI
Situación inicial					
Edad	16	16	16	22	34
N/ha	2000	2000	2000	3900	2500
AB	48	48	48	43	24
Meta de Producción	Alto Valor	Multipro- pósito	Biomasa (leña)	Multipro- pósito	Biomasa (leña)
Rotación (años)	80	60	50	80	80
Raleos	17 : 1200	17 : 1500	17 : 1500	22 : 2250	37 : 1600
Edad: N/ha	22 : 800	27 : 900	22 : 1400	27 : 1850	47 : 1400
residual	27 : 600	37 : 700	27 : 1300	32 : 1300	57 : 1200
	37 : 500	47 : 600	32 : 1200	43 : 1000	67 : 1000
	52 : 400		37 : 1150	56 : 750	
	62 : 350		42 : 1100		
			47 : 1150		
			52 : 1000		
			57 : 950		

ENSAYOS PERMANENTES

En el ámbito de la Silvicultura, ensayos deben ser a largo plazo. Esto debido a los largos períodos de producción. Reacciones a intervenciones silviculturales se esperan recién uno o más años tras la ejecución de la actividad y su efecto en el producto final no se sabrá sino décadas más tarde. En el caso de los renovales de Canelo contamos afortunadamente con dos ensayos que han sido instalados en el año 1986 por la Universidad Austral de Chile, y que aún son monitoreados. Se trata de los ensayos de raleo Hueicoya y Lenca ubicados en la cordillera de la costa y andina de la región de los Lagos respectivamente. Primeros resultados y desarrollos de herramientas en base a estas experiencias se encuentran publicados en diversos artículos científicos (Navarro 1993, Navarro *et al.* 1999, 2010; 2011; Reyes *et al.* 2007). Las conclusiones que se puedan extraer de estos ensayos en forma muy resumida son las siguientes:

- El desarrollo de los renovales es distinto según la calidad del sitio y la composición de especies
- El viento es un factor importante que, dependiendo de la exposición del rodal puede causar altos niveles de mortalidad
- Los más susceptibles a este tipo de disturbio son los renovales recién raleados, bajando el riesgo después de aproximadamente 5 años después de la intervención, a causa de cambios estructurales.
- Los mejores resultados en cuanto reacción al raleo se obtuvieron en rodales que se llevaron a un rango de densidad relativa entre 25% y 45% (raleo sistemático entre 2 y 3 metros).
- El alto nivel de competencia de estos bosques expresado por su mortalidad natural requiere de intervenciones de raleo ya sea para maximización de volumen o valor actual neto.
- Canelo es una especie que responde a raleos tardíos, aumentando su rentabilidad respecto de no intervenirlos.
- La intensidad de raleo fuerte es el que presenta mayor rentabilidad, mientras que el tratamiento de intensidad moderada presenta un mayor rendimiento en volumen.
- Se encuentran diferencias significativas en el rendimiento y la capacidad de reacción entre los tres sitios.

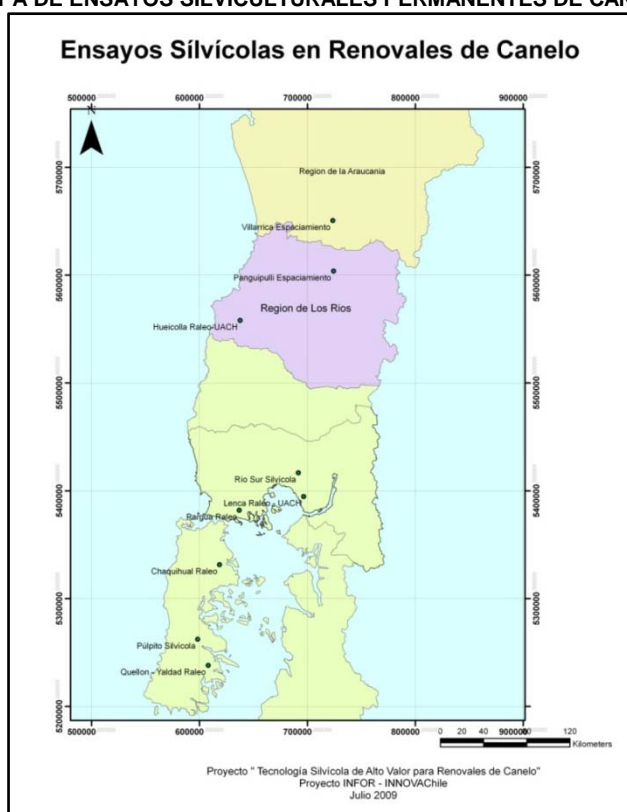
Si bien existen antecedentes de los renovales de Canelo, es claro que las investigaciones respecto a su silvicultura, en particular la respuesta a distintas intensidades de raleo, es una materia muy poco desarrollada. Los árboles tardan en responder a la mayor oferta de recursos (nutrientes y luz), o al menos en que esta respuesta sea perceptible a los investigadores a través de los cambios en sus tasas de crecimiento, ya sea como masa boscosa, así como en árboles individuales. Las interacciones sitio, edad y grado de intervención son variadas, lo que dificulta su predicción, es por eso que estos ensayos deben continuarse a través del tiempo, de forma de asegurar que las decisiones en la gestión de estos bosques sean las correctas y ayuden a mejorar la rentabilidad de este recurso y por ende la calidad de vida de las comunidades que dependen de él.

Como se evidencia en la descripción del Recurso la mayor superficie y las más altas productividades del recurso de los Renovales de Canelo se encuentra en la Isla de Chiloé. Por otro lado existen muchos sitios de mediana a baja calidad en la depresión intermedia de la provincia de Llanquihue. Estas situaciones difieren de los ensayos ya establecidos. Sin embargo queda evidente en las conclusiones anteriormente citadas que el sitio es un factor

muy importante para las decisiones de manejo por lo que es importante contar con experiencias en una amplia gama de situaciones.

Los ensayos silviculturales presentados a continuación, se instalaron durante la ejecución del proyecto “Desarrollo de Tecnología silvicultural de alto Valor para Renovales de Canelo” (INFOR-InnovaCorfo) El objetivo específicos de su instalación fue determinar los tratamientos silvícolas adecuados para los renovales de Canelo en función del sitio y el estado de desarrollo, con el propósito de obtener trozas de alta calidad. Los ensayos instalados se comprenden como una mejora de la red de ensayos en este abundante tipo forestal, pretendiendo cubrir la amplia gama de sitios en los cuales se desarrolla. El mapa muestra la red de ensayos implementados. Se detallan los diseños de los ensayos, los sitios en los cuales fueron establecidos y las intervenciones realizadas. En el anexo se encuentran croquis y datos relacionados a cada ensayo.

Figura Nº 42
MAPA DE ENSAYOS SILVICULTURALES PERMANENTES DE CANELO



Red de Ensayos silviculturales para producción de Madera de alto Valor

Red de tres ensayos ubicados en la Región de Los Lagos entre Pargua y Quellón. Las intensidades de los raleos probados fueron 3:

- 30 – 40 % densidad relativa
- 50 – 60 % densidad relativa
- 70 – 80 % densidad relativa

Estos se dedujeron de las siguientes recomendaciones generales y específicas respecto al manejo de bosques en base al concepto de densidad relativa:

- La zona de manejo debería fijarse entre 60 – 80 % de densidad relativa (Nyland 1996).

- El crecimiento del rodal es máximo entre 40 y 55 % de densidad relativa (Drew y Flewelling 1979).
- El rango de densidad relativa que permitiría maximizar el crecimiento de valor de un rodal de canelo se encuentra entre un 30 y 40% de densidad relativa (Navarro *et al.*, 1999)

Variables medidas en los Ensayos de Raleo

- Diámetro altura pecho (DAP)
- Diámetro y Clase de Copa
- Ahusamiento
- Estado del árbol, según parámetros de sanidad y forma

El muestreo se realiza en 3 bloques de 3 parcelas cada uno para cada tratamiento. Se adjuntan en el anexo las tablas de rodal para cada categoría.

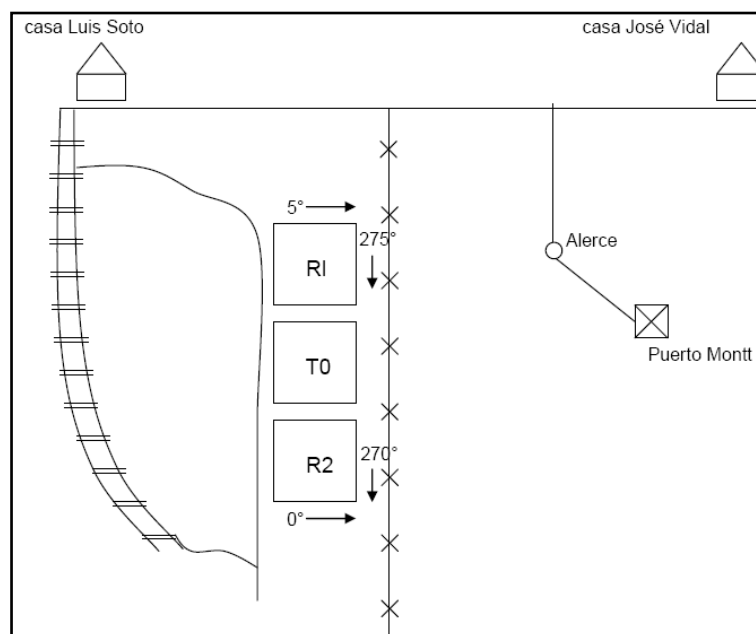
Cuadro Nº 39										
DESCRIPCIÓN CORTA DE LOS ENSAYOS INSTALADOS DURANTE EL PROYECTO “DESARROLLO DE TECNOLOGÍA SILVÍCOLA DE ALTO VALOR PARA RENOVALES DE CANELO” INNOVA-CORFO										
Nº	Lugar	Provincia	Tratamiento	Parcelas		Instalación	Mediciones			
				Nº	Tamaño	año	Pre-raleo	1	2	3
1	Río sur	Llanquihue	Raleo de liberación	3	1000 m ²	2006	2006	2007	04/2009	
2	Pargua	Llanquihue	Raleo mixto y liberación	12	2000 m ²	08/2007	02/2007	02/2008	06/2009	09/2011
3	Chaquihual	Chiloé (norte)	Raleo mixto y liberación	9	2000 m ²	09/2006	06/2006	08/2007	06/2009	09/2011
4	Chaquihual	Chiloé (norte)	Raleo mixto y liberación	12	2000 m ²	09/2006	06/2006	08/2007	06/2009	09/2011
5	Pulpito	Chiloé (sur)	Raleo de liberación	4	2000 m ²	2006	2006	2008	04/2009	09/2011
6	Quellón	Chiloé (sur)	Raleo mixto	6	2000 m ²	07/2007	06/2007	03/2007	06/2009	09/2011

- Ficha ensayo de raleo Río Sur, Llanquihue, Región de los Lagos

Ubicación: Localidad de Río Sur, Alerce

Contacto: Sr. Luis Soto

Croquis Parcelas:



Tratamiento: Raleo de liberación en dos intensidades. Selección de 300 árboles futuros por ha los cuales fueron liberados de 1-2 (R1) y 3-4 (R2) competidores cada uno.

Superficie: 0,3 ha

Parcelas: 3, Raleo moderado (R1), Raleo fuerte (R2) y Testigo

Instalación: 2006

Calidad de Sitio: I, Terreno plano con anegamiento de agua en los meses de invierno y casualmente nieve.

Origen: Los renovales de Canelo se instalaron naturalmente después de la explotación de Alerce.

Especies acompañantes: Coigüe y en menor frecuencia Tiaca, Tineo, Avellano, Luma, Ulmo, Tepa y Mañío.

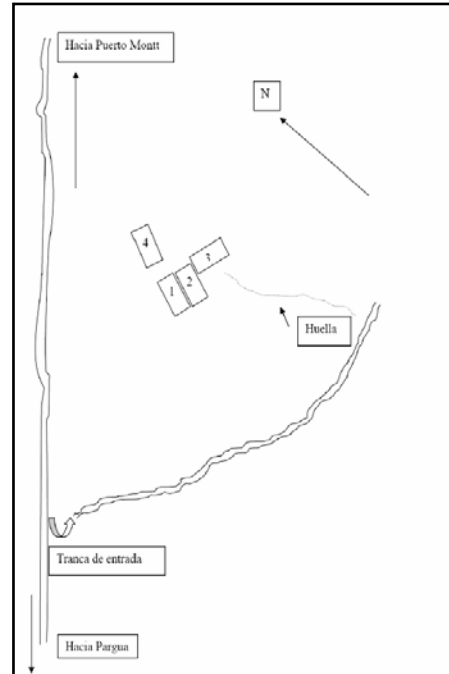
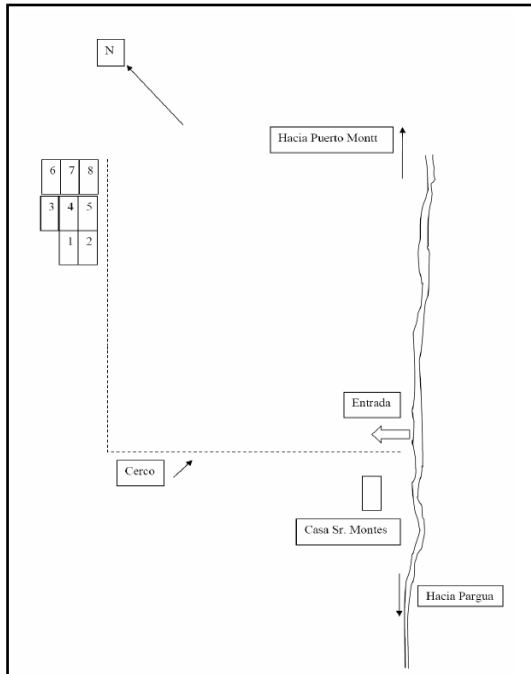
Cuadro N° 40 TABLA DE RODAL ENSAYO RÍO SUR							
Tratamiento	N inicial (árb/ha)	G inic. (m2/ha)	DMC Inc. (cm)	Mortalidad (%)	SDI	G res. (m2/ha)	G raleo (m2/ha)
Testigo T0	2.920	44,98	14,00		45,97	44,98	0,0
Raleo 1	3.820	61,13	14,27		62,01	52,33	8,80
Raleo 2	2.880	43,50	13,87		44,66	26,91	16,58

- Ficha ensayo de raleo Pargua, Llanquihue, Región de los Lagos

Ubicación: *Fundo Bonanza, Camino desde Puerto Montt hacia Pargua, km 46.*

Contacto: *Sr. Sergio Montes*

Croquis Parcelas:



Tratamiento: *Raleo mixto en tres intensidades. Área basal residual de 30%, 50% y 70% Densidad Relativa.*

Superficie: *2,4 ha*

Parcelas: *12, 3 por intensidad de raleo y 3 testigo.*

Instalación: *08/2007*

Calidad de Sitio: *IV, Terreno plano con anegamiento de agua en los meses de invierno. Los suelos son poco profundos.*



Origen: *Los renovales de Canelo se instalaron naturalmente después de la explotación del Bosque siempreverde.*

Especies acompañantes: Coigüe y en menor frecuencia Luma, Meli, Tepú, Tapa, Tiaca, Mañío, Ulmo y Tineo.



**Cuadro N° 41
DATOS DASOMÉTRICOS ENSAYO DE RALEO PARGUA**

código	Medición	Nhatotal	Nha_canelo	Nha_otros	AB_total	AB_Canelo	AB_otros	DMC_total	DMC_Canelo	DMC_otros	TRATAMIENTO	DR	alt_dom
PAR1111	Instalación 2007	3308	1667	1642	47,4	25,8	21,6	13,5	14,0	12,9	Raleo Liberación	52	14,7
PAR1121	Instalación 2007	4608	2783	1825	40,7	22,2	18,4	10,6	10,1	11,3	Raleo Liberación	49	14,4
PAR1131	Instalación 2007	4917	2275	2642	55,2	29,5	25,6	12,0	12,9	11,1	Raleo Liberación	63	14,6
PAR1112	Instalación 2007	6008	3312	2696	42,2	24,2	18,1	9,5	9,6	9,2	Raleo Moderado	52	13,9
PAR1122	Instalación 2007	4366	2275	2091	39,2	23,1	16,1	10,7	11,4	9,9	Raleo Moderado	47	14,3
PAR1132	Instalación 2007	3075	1691	1384	42,9	27,1	15,8	13,3	14,3	12,1	Raleo Moderado	48	14,6
PAR1113	Instalación 2007	2883	1997	886	32,1	17,9	14,2	11,9	10,7	14,3	Raleo Fuerte	37	14,6
PAR1123	Instalación 2007	2487	2033	454	28,4	19,5	8,9	12,1	11,0	15,8	Raleo Fuerte	32	14,4
PAR1133	Instalación 2007	2134	920	1214	36,4	23,4	13,0	14,7	18,0	11,7	Raleo Fuerte	39	14,7
PAR1114	Instalación 2007	3792	1367	2425	32,2	14,2	18,1	10,4	11,5	9,7	Testigo	39	14,0
PAR1124	Instalación 2007	4450	2383	2067	41,9	19,2	22,7	11,0	10,1	11,8	Testigo	50	14,8
PAR1134	Instalación 2007	2575	1692	883	43,6	32,1	11,5	14,7	15,5	12,9	Testigo	47	14,7
PAR2111	Medición 2008	1808	1167	642	35,3	22,2	13,1	15,8	15,6	16,1	Raleo Liberación	37	16,0
PAR2121	Medición 2008	2183	1417	767	23,8	16,1	7,7	11,8	12,0	11,3	Raleo Liberación	27	14,6
PAR2131	Medición 2008	2217	1275	942	37,6	24,4	13,3	14,7	15,6	13,4	Raleo Liberación	40	16,2
PAR2112	Medición 2008	1683	1217	467	20,6	14,9	5,7	12,5	12,5	12,5	Raleo Moderado	23	11,3
PAR2122	Medición 2008	1875	1292	583	29,8	20,0	9,7	14,2	14,1	14,6	Raleo Moderado	32	16,2
PAR2132	Medición 2008	1200	658	542	31,6	20,8	10,7	18,3	20,1	15,9	Raleo Moderado	31	15,0
PAR2113	Medición 2008	1567	1108	458	24,1	12,2	12,0	14,0	11,8	18,2	Raleo Fuerte	26	12,1
PAR2123	Medición 2008	1717	1325	392	24,0	17,3	6,8	13,4	12,9	14,8	Raleo Fuerte	27	12,4
PAR2133	Medición 2008	1967	1250	717	36,4	25,5	10,9	15,4	16,1	13,9	Raleo Fuerte	38	24,0

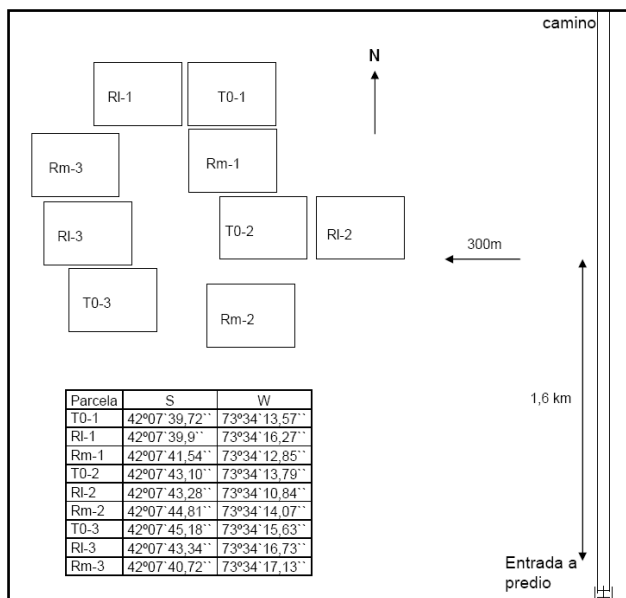
- Ficha ensayo de raleo Chaquihual I, Chiloé, Región de los Lagos

Ubicación: Predio de la Sucesión Castoldi, Localidad de Chaquihual Camino desde Degañ hacia Quemchi.

Coordenadas:

Contacto: Sra. María Cristina Castoldi Lanino

Croquis Parcelas:



Tratamiento: Raleo mixto con un área basal residual de 50% densidad relativa (Rm) y un raleo de liberación con aprox. 70% densidad relativa residual (RI).

Superficie: 1,8 ha

Parcelas: 9, 3 por tipo de raleo y 3 testigo.

Instalación: 09/2006

Calidad de Sitio: I, terreno plano sobre suave lomaje y suelos profundos.

Origen: Los renovals de Canelo se instalaron naturalmente después de la explotación del Bosque siempreverde.

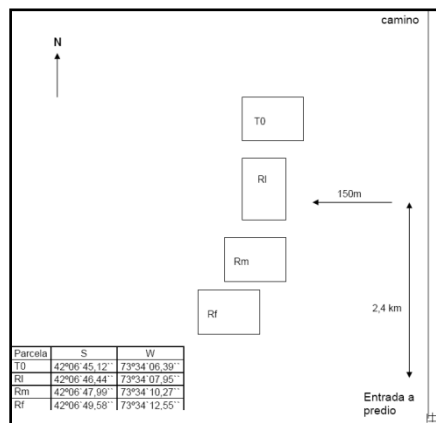
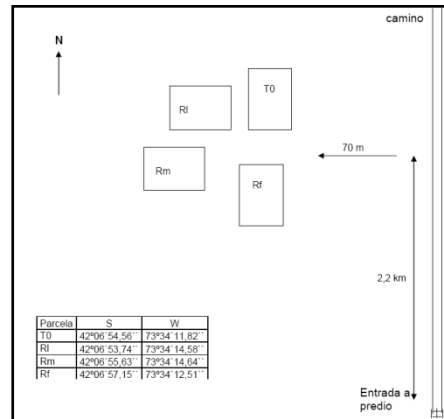
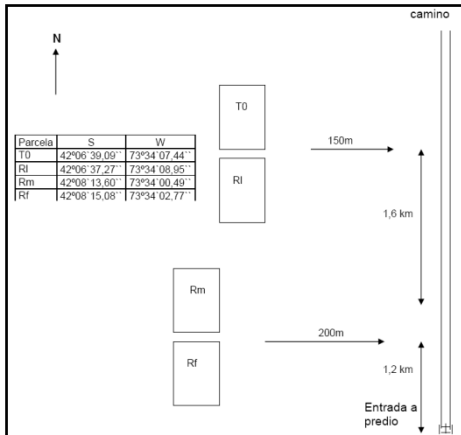
Especies acompañantes: Arrayán, Luma, Tepa, Tiaca y Ulmo.

- Ficha ensayo de raleo Chaquihual II, Chiloé, Región de los Lagos

Ubicación: Predio de la Sucesión Castoldi, Localidad de Chaquihual Camino desde Degañ hacia Quemchi.

Contacto: Sra. María Cristina Castoldi Lanino.

Croquis Parcelas:



Tratamiento: Raleo mixto con un área basal residual de 30% (Rf) y 50% (Rm) densidad relativa y un raleo de liberación con aprox. 70% (Ri) densidad relativa residual.

Superficie: 2,4 ha

Parcelas: 12, 3 por tipo de raleo y 3 testigo.

Instalación: 09/2006

Calidad de Sitio: I, terreno plano sobre suave lomaje y suelos profundos.

Origen: Los renovals de Canelo se instalaron naturalmente después de la explotación del Bosque siempreverde.

Especies acompañantes: Arrayán, Luma, Tepa, Tiaca y Ulmo.



Cuadro Nº 42
DATOS DASOMÉTRICOS ENSAYO DE RALEO CHAQUIHUAL I

código	Medición	Nhatotal	Nha_canelo	Nha_otras	AB_total	AB_Canelo	AB_otras	DMC_total	DMC_Canelo	DMC_otras	TRATAMIENTO	DR	alt_dom
CHAQ1211	Instalación 07/2007	2808	2500	308	90,2	88,8	1,4	20,2	21,3	7,7	Testigo	87	21,3
CHAQ1221	Instalación 07/2007	2542	2175	367	100,9	98,9	2,0	22,5	24,1	8,4	Testigo	94	21,6
CHAQ1231	Instalación 07/2007	2767	2333	433	88,2	80,6	7,6	20,1	21,0	14,9	Testigo	85	21,6
CHAQ1212	Instalación 07/2007	1936	1466	470	65,2	60,4	4,8	20,7	22,9	11,5	Raleo Moderado	62	21,5
CHAQ1222	Instalación 07/2007	1477	918	559	56,4	51,8	4,6	22,1	26,8	10,3	Raleo Moderado	53	21,8
CHAQ1232	Instalación 07/2007	1837	905	932	63,7	47,7	16,0	21,0	25,9	14,8	Raleo Moderado	61	21,3
CHAQ1213	Instalación 07/2007	2425	2117	308	95,6	94,5	1,1	22,4	23,8	6,8	Raleo Liberación	89	21,8
CHAQ1223	Instalación 07/2007	2717	2408	308	102,9	100,4	2,4	22,0	23,0	10,0	Raleo Liberación	97	21,7
CHAQ1233	Instalación 07/2007	3000	2367	633	95,2	82,4	12,8	20,1	21,1	16,0	Raleo Liberación	92	21,4
CHA2211	Medición 08/2007	2542	2292	250	87,6	85,3	2,3	21,0	21,8	10,8	Testigo	84	24,9
CHA2221	Medición 08/2007	2175	1867	308	104,0	100,8	3,2	24,7	26,2	11,5	Testigo	94	21,5
CHA2231	Medición 08/2007	2342	2167	175	67,8	62,5	5,3	19,2	19,2	19,7	Testigo	67	24,3
CHA2212	Medición 08/2007	1483	1100	383	57,2	51,9	5,3	22,2	24,5	13,2	Raleo Moderado	54	23,0
CHA2222	Medición 08/2007	1358	933	425	58,1	52,4	5,8	23,3	26,7	13,1	Raleo Moderado	54	24,4
CHA2232	Medición 08/2007	1125	717	408	40,0	27,6	12,4	21,3	22,1	19,6	Raleo Moderado	38	24,9
CHA2213	Medición 08/2007	1833	1575	258	84,2	82,3	1,9	24,2	25,8	9,7	Raleo Liberación	77	24,8
CHA2223	Medición 08/2007	1817	1542	275	71,7	69,2	2,6	22,4	23,9	10,9	Raleo Liberación	67	23,9
CHA2233	Medición 08/2007	2208	1825	383	71,6	65,3	6,3	20,3	21,3	14,5	Raleo Liberación	69	23,6

Cuadro Nº 43

DATOS DASOMÉTRICOS ENSAYO DE RALEO CHAQUIHUAL II

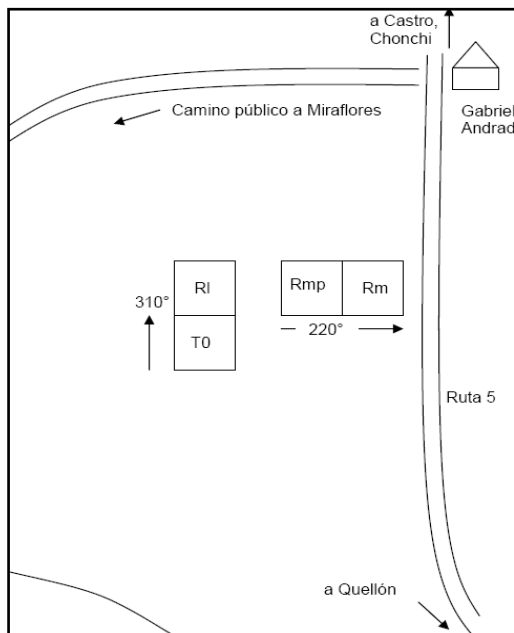
código	Medición	Nhatotal	Nha_canelo	Nha_otras	AB_total	AB_Canelo	AB_otras	DMC_total	DMC_Canelo	DMC_otras	TRATAMIENTO	DR	alt_dom
CHAQ1111	Instalación 06/2006	2133	1942	192	76,8	73,5	3,2	21,4	22,0	14,6	Raleo Liberación	73	21,5
CHAQ1121	Instalación 06/2006	2450	2075	375	75,1	68,9	6,1	19,8	20,6	14,4	Raleo Liberación	73	21,6
CHAQ1131	Instalación 06/2006	2667	2300	367	72,6	62,6	10,0	18,6	18,6	18,6	Raleo Liberación	72	21,6
CHAQ1112	Instalación 06/2006	1676	1523	153	64,49	58,27	6,22	22,1	22,1	22,8	Raleo Moderado	60	21,6
CHAQ1122	Instalación 06/2006	1563	1430	133	59,47	57	2,47	22,0	22,5	15,4	Raleo Moderado	56	21,3
CHAQ1132	Instalación 06/2006	1340	1078	262	44,26	35,9	8,36	20,5	20,6	20,2	Raleo Moderado	43	21,5
CHAQ1113	Instalación 06/2006	1187	632	555	42,8	31,19	11,61	21,4	25,1	16,3	Raleo Fuerte	41	21,5
CHAQ1123	Instalación 06/2006	1217	1042	175	47,34	39,15	8,19	22,3	21,9	24,4	Raleo Fuerte	44	21,3
CHAQ1133	Instalación 06/2006	1767	1512	255	55,99	53,29	2,7	20,1	21,2	11,6	Raleo Fuerte	54	20,9
CHAQ1114	Instalación 06/2006	3400	2900	500	84,3	75,9	8,3	17,8	18,3	14,6	Testigo	85	21,1
CHAQ1124	Instalación 06/2006	2442	2075	367	77,5	70,7	6,8	20,1	20,8	15,4	Testigo	75	21,6
CHAQ1134	Instalación 06/2006	2575	2292	283	68,6	63,4	5,2	18,4	18,8	15,2	Testigo	68	21,2
CHA2111	Medición 08/2007	1492	1358	133	53,1	50,4	2,6	21,3	21,7	15,8	Raleo Liberación	50	24,9
CHA2121	Medición 08/2007	1808	1483	325	57,5	52,2	5,3	20,1	21,2	14,4	Raleo Liberación	56	21,5
CHA2131	Medición 08/2007	1792	1500	292	50,0	43,0	7,1	18,9	19,1	17,5	Raleo Liberación	49	24,3
CHA2112	Medición 08/2007	1533	1442	92	56,3	50,2	6,1	21,6	21,1	29,0	Raleo Moderado	53	23,0
CHA2122	Medición 08/2007	1133	1050	83	47,0	44,9	2,1	23,0	23,3	17,8	Raleo Moderado	43	24,4
ChA2132	Medición 08/2007	1042	917	125	37,1	31,3	5,8	21,3	20,8	24,3	Raleo Moderado	35	24,9
CHA2113	Medición 08/2007	808	550	258	38,2	29,1	9,1	24,5	26,0	21,1	Raleo Fuerte	35	24,8
CHA2123	Medición 08/2007	983	867	117	39,6	33,9	5,7	22,6	22,3	25,0	Raleo Fuerte	37	23,9
CHA2133	Medición 08/2007	1283	1183	100	43,2	41,0	2,2	20,7	21,0	16,6	Raleo Fuerte	41	23,6 24,9
CHA2114	Medición 08/2007	3008	2567	442	76,7	69,3	7,4	18,0	18,5	14,6	Testigo	77	21,5
CHA2124	Medición 08/2007	2275	2083	192	74,0	70,9	3,2	20,4	20,8	14,5	Testigo	71	24,3
CHA2134	Medición 08/2007	2333	2133	200	66,5	63,1	3,4	19,1	19,4	14,8	Testigo	65	

- Ficha ensayo de raleo Púlpito, Chiloé, Región de los Lagos

Ubicación: *Localidad de Púlpito. Entre Chonchi y Quellón.*

Contacto: *Sr. Gabriel Andrade*

Croquis Parcelas:



Tratamiento: *Raleo de liberación en dos intensidades. Selección de 300 árboles futuros por ha los cuales fueron liberados de 1-2 (RI) y 3-4 (Rm y Rmp) competidores cada uno.*

Superficie: *0,8 ha*

Parcelas: *4, 1 Raleo leve (RI), 2 Raleo moderado (Rm) y 1 Testigo*

Instalación: *2006*

Calidad de Sitio: *III, terreno ondulado con suelos profundos.*

Origen: *Los renovales de Canelo se instalaron naturalmente en praderas abandonadas.*

Especies acompañantes: *Luma, Sauco, Tapa Ulmo.*



Cuadro N° 44							
TABLA DE RODAL, ENSAYO DE RALEO EN PULPITO							
Tratamiento	N inicial (árbs/ha)	G inic. (m2/ha)	DMC Inc. (cm)	Mortalidad (%)	DR	G res. (m2/ha)	G raleo (m2/ha)
Testigo	1290	20,08	14,08		20,49	20,08	0,0
Raleo leve	3520	49,57	13,39		51,59	43,37	6,20
Raleo moderado	2035	15,95	9,99		18,63	11,48	4,57
Raleo moderado	3405	21,45	8,96		26,17	17,97	3,03

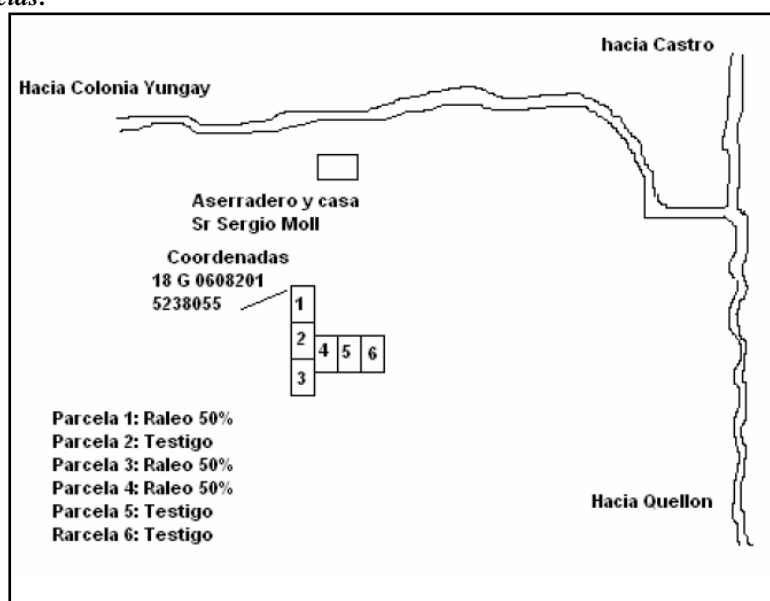
- Ficha ensayo de raleo Quellón, Chiloé, Región de los Lagos

Ubicación: Sector Colonia Yungay, aprox 10 km desde Quellón hacia Castro.

Coordenadas: S 608145 / W 5238031

Contacto: Sra. Nelly Llancahuena

Croquis Parcelas:



Tratamiento: Raleo mixto con un área basal residual de 50% densidad relativa.

Superficie: 1,2 ha

Parcelas: 6, 3 con raleo y 3 testigo.

Instalación: 07/2007

Calidad de Sitio: I, terreno con suave lomaje con exposición OE y suelos anegados en invierno.

Origen: Los renovales de Canelo se instalaron naturalmente después de la explotación del Bosque siempreverde.

Especies acompañantes: Notro, Arrayán, Luma, Tepa, Tiaca y Tineo.



Cuadro N° 45

DATOS DASOMÉTRICOS ENSAYO DE RALEO EN QUELLÓN

código	Medición	Nhatotal	Nha_canelo	Nha_otras	AB_total	AB_Canelo	AB_otras	DMC_total	DMC_Canelo	DMC_otras	TRATAMIENTO	DR	alt_dom
QUE1111	Instalación 2007	2092	1483	608	86,8	75,9	10,8	23,0	25,5	15,0	Testigo	80	21,5
QUE1115	Instalación 2007	2700	2067	633	70,4	65,2	5,3	18,2	20,0	10,3	Testigo	70	20,4
QUE1116	Instalación 2007	3883	3367	517	71,4	68,0	3,4	15,3	16,0	9,2	Testigo	76	19,3
QUE1112	Instalación 2007	2383	2092	292	83,3	80,5	2,8	21,1	22,1	11,1	Raleo Moderado	79	20,7
QUE1113	Instalación 2007	3242	2825	417	71,7	67,7	4,1	16,8	17,5	11,1	Raleo Moderado	74	20,2
QUE1114	Instalación 2007	2625	2050	575	69,0	62,6	6,4	18,3	19,7	11,9	Raleo Moderado	69	20,2
QUE2111	Medición 2008	1042	792	250	58,2	51,8	6,4	26,7	28,9	18,1	Testigo	51	21,0
QUE2135	Medición 2008	2850	2233	617	76,3	70,8	5,5	18,5	20,1	10,6	Testigo	76	23,2
QUE2136	Medición 2008	3642	3142	500	71,6	67,0	4,6	15,8	16,5	10,9	Testigo	75	24,7
QUE2112	Medición 2008	2575	2208	367	93,8	90,6	3,1	21,5	22,9	10,4	Raleo Moderado	89	22,0
QUE2123	Medición 2008	1358	1167	192	44,0	41,8	2,2	20,3	21,4	12,1	Raleo Moderado	42	26,2
QUE2124	Medición 2008	1183	933	250	41,1	36,7	4,5	21,0	22,4	15,1	Raleo Moderado	39	22,2

LA MADERA DE CANELO Y SUS POSIBILIDADES DE EXPORTACIÓN

Antecedentes

Una de las ofertas interesantes del bosque nativo chileno son los renovales de canelo, tanto por su abundancia, rápido crecimiento y buenas propiedades físico mecánicas y de trabajabilidad de su madera para una amplia gama de productos de uso final.

El INFOR ha realizado estudios sobre la madera de canelo y ha analizado en forma directa algunos mercados para la exportación, respecto de lo cual, en forma sintetizada, se presentan en este informe técnico.

Características de la Oferta de bosques y maderas de canelo.

La interesante posición de los bosques de canelo se puede resumir en los siguientes puntos claves:

- Recurso abundante: 265 mil ha de renovales entre la VIII y XI región
- Concentrado geográficamente: 87% en la X región, 50% en Llanquihue y Chiloé, provincias donde es más productivo
- Buen crecimiento: 10 a 15 m³/ha/año
- Potencial silvícola: reacciona bien a raleos, concentra el crecimiento y logra mejores diámetros.
- Existencias neta en pie: 56,5 millones m³ (230 mil ha x 245.7 m³/ha)
- Incremento anual: 1,84 millones m³ (230 mil ha x 8 m³/ha/año)
- Ordenamiento: periodo de conversión y regulación patrimonial es posible para una cosecha sostenible de al menos 5.000 ha al año.
- Disponibilidad no decreciente proyectada: 1,6 a 1,7 millones m³ año (plena regulación)
- Mercado local: cautivo a la X región, de bajos volúmenes, madera aserrada para construcción.
- Mercado internacional: Marginal. Por explorar y desarrollar.

Con relación a la madera:

- La madera de Canelo tradicionalmente ha sido considerada como una de las más hermosas de las maderas chilenas, livianas y fáciles de trabajar.
- Se le reconocen sus buenas condiciones para uso como material para construcción de viviendas, fabricación de muebles e instrumentos musicales, revestimientos interiores, cajones, envases, elementos estructurales, tableros de madera sólida y/o compuesta, artesanías.
- Tiene potencial para elaborar chapas, aspectos que permiten inferir que la industrialización tecnificada de la especie debiera basarse en la producción de madera gruesas, no pulpables como maderas aserradas y remanufacturas y/o en chapas y contrachapados.
- Díaz-Vaz *et al.* (1989), indican que la madera de Canelo por su escasa durabilidad, normalmente no se emplea en construcciones de obras mayores, durmientes ni postes.

- La especie posee una fibra más larga que la de pino radiata lo cual lo convierte en un material apto para la fabricación de papel y celulosa. Estudios realizados por Chesney (1970), demostraron la aptitud papelería de esta especie.
- En la línea del empleo de trozas delgadas, Urzúa y Poblete (1980), plantean un uso potencial en la fabricación de tableros de partículas, ellos determinaron que la especie posee aptitudes favorables.
- Otro uso importante, considera la utilización de su madera en la construcción como tejuelas (Hoffmann, 1982).
- Se evaluó la preservación industrial del producto polines de canelo (*Drimys winteri* J. R. et G. Forster) con el producto preservante de impregnación CCA tipo C (60% óxidos).
- Los resultados indican que los polines de canelo no presentan problemas tecnológicos para su impregnación con el producto CCA, aplicando el mismo método Bethell que se usa para impregnar Pino radiata.
- La madera de duramen de Pino radiata es catalogada por la norma NCh 789/1 como “poco durable”, condición que exige un tratamiento de impregnación para ser utilizada en estructuras de madera. Esta condición es distinta a la que presenta la madera de duramen de canelo, cuya condición de “moderadamente durable” no demanda una impregnación de la madera para ser utilizada como elemento estructural. No obstante lo anterior, el tejido de albura del canelo alcanzó penetraciones y retenciones exigidas por la norma NCh 819 Of. 2003.
- Esta especie maderera, tal cual es producida actualmente por los renovales naturales, tiene muchos defectos naturales (manchas, color variado, agujeros de parásitos, nervaduras, grietas, etc). Un buen manejo forestal puede probablemente reducir muchos de estos defectos.
- Respecto trabajabilidad (Proyecto FDI_INF0R, 2005).
- Este trabajo permite indicar que la madera de Canelo (*Drimys winteri*) tiene un muy buen comportamiento frente a los procesos de cepillado, moldurado, torneado y lijado.
- El canelo presenta un comportamiento regular en los procesos de taladrado y escopleado. Sin embargo, estos maquinados se utilizan para favorecer la formación de uniones entre dos piezas y en todos los casos se presentan ocultas; luego la calidad superficial no es un indicador relevante.
- Para todos los procesos evaluados se observó que el tipo de corte no afecta
- los resultados de calidad superficial que se obtienen.
- Respecto al Secado (Proyecto FDI-INF0R 2005)
- Dos programas de secado fueron propuestos y recomendados para secar renovales de canelo 25 mm y 50 mm de espesor, desde el estado verde hasta un 10% de humedad final.
- Se sugiere comenzar el secado con un precalentamiento inicial en ambiente saturado a 50°C, por unas 6 a 8 horas, con el fin de preparar la madera para el secado, seguir con un tratamiento intermedio en ambiente saturado, por unas 6 a 8 horas, con el fin de reducir el colapso, y terminar con un acondicionamiento final a la última temperatura del programa con el fin de liberar las tensiones de secado.
- La velocidad del secado de los renovales de canelo fue de entre 12 a 15 %/día y de entre 6 a 9%/día para 25 y 50 mm de espesor, respectivamente. A escala industrial la velocidad de secado fue de 7,9 y 4,8 %/día en 25 y 50 mm de espesor.
- La duración del secado de los renovales de canelo de 25 mm, desde un 85% a 100%, hasta 10% de humedad final, fue de entre 5 a 8 días. A escala industrial la duración del secado de los renovales de 25 mm de espesor, desde 65% a 11%, fue de alrededor de 9 días. Para 50 mm de espesor, el tiempo de secado, desde 140% hasta 11%, fue de 13 y 19 días. A escala industrial, el secado desde 102% hasta una humedad final de 17%, fue de 18 días.

- La contracción en volumen de los renovales de canelo de 25 mm fue de 12 a 13%. En 50 mm la contracción fue intensificada por la mayor proporción de colapso. Esta fue al menos un 2% mayor en el secado industrial, tal como fue observado para los renovales de canelo de 25 mm de espesor.
- La calidad del secado de los renovales de canelo fue condicionada por la calidad de la madera verde. A escala piloto e industrial el impacto fue más intenso en la madera de 50 mm de espesor. La presencia de médula favoreció la contracción, las grietas, el colapso y los alabeos de las piezas. La heterogeneidad de la humedad final, el gradiente de humedad final y las tensiones de secado son defectos que se pueden mejorar, cambiando la conducción del secado.
- Los renovales de canelo oreados se comportaron mejor frente al secado artificial a temperaturas convencionales, el impacto fue más notable en la madera de 50 mm de espesor.

Detalles observados de la madera de canelo

- La especie aparece de color y fibra bastante agradable cuando está aserrada tangencialmente
- Sin embargo cuando la especie está aserrada radialmente se destacan en la veta unas considerables manchas que recuerdan el “mallé”² de algunas especies madereras europeas. Lo que será probablemente reputado un defecto.
- Hay además muchas vetas de color oscuro. Estas vetas parece debido a una mancha con forma de estrella que en algunas trozas se forma en el centro. Según algunos especialistas esta mancha depende de la edad de los árboles, según otros de la tipología del sitio. De cualquier manera las vetas oscuras son un defecto.
- La coloración es bastante variable. Aunque sea un defecto esto se puede limitar con la vaporización de la especie o clasificando por tonalidad.
- Teniendo en cuenta los defectos y los diámetros de los árboles actuales parece difíciles producir gruesos altos (más de 2”) y también anchos y largos altos.
- Hay información contradictoria sobre la posibilidad de tornear esta especie. Hay quién dice que se tornea bien y quién por el contrario dice que la fibra puede hacer astillas
- Un defecto muy común es un insecto localmente llamado “gusanera”, que hace en la madera grandes agujeros que reducen el rendimiento a la labra y la medida de los trozos sin defectos. Hemos recibido información muy contradictoria acerca de la presencia de este defecto. Hay quién dice que la gusanera infecta al 80/90% de las plantas, y quién dice que se encuentra solamente en algunas zonas. Éste es un defecto que un buen manejo del bosque llegará probablemente a reducir, pero de momento existe.
- Esta especie maderera secándose hace grietas con facilidad. Cuando la madera está recién cortada en tablones brutos, si han hecho grietas no se ven con facilidad.
- Se dispone información contradictoria sobre la estabilidad de esta especie maderera y acerca de la facilidad con la cual se seca. En barracas locales se ve la madera razonablemente recta, aunque a menudo sea material húmedo o secado al aire.
- La suma de estos defectos en la oferta actual hace problemático un fácil desarrollo de las ventas de esta especie maderera para usos de apariencia en los mercados de alto valor.

²El término “mallé” muestra que la fibra, en alguna posición de aserrío, tiene unas ondulaciones que interrumpen su linealidad.

- Fortalezas y Debilidades
- En las regiones de Los Ríos y Los Lagos, existe suficiente cantidad de recursos técnicos, empresariales y mano de obra para explotar económicamente los renovales de canelo.
- Existen suficientes infraestructuras (carreteras, medios de transporte)
- Faltan más facilidades para secar al horno.
- Los defectos enumerados indican que será necesaria una acción de manejo forestal cuidadoso.
- Hace falta un cuidadoso análisis preliminar que muestre la posible calidad futura de la madera producida con un buen manejo forestal.
- La tenencia de algunos renovales es bastante extendida, por lo cual los propietarios tendrían que estar capacitados, del punto de vista económico y cultural, para enfrentar el manejo.
- Un aspecto económico *muy importante* es el análisis de la utilización de la parte de canelo insuficiente para ser aserrada. Si no se encuentra, en las industrias de tableros o de celulosa, una utilización para las astillas de canelo, difícilmente la explotación de los aserrados tendrá validez del punto de vista económico.

Características físico mecánica de la madera de canelo

Densidad básica anhidra 470 kg/m³, básica 383, nominal 478

Propiedades mecánicas. Estado seco al aire (H=12%)

Peso específico:			K/m ³	-
Flexión	Tension límite proporcional		Kg/cm ²	416
	Modulo de rotura		Kg/cm ²	706
	Modulo de elasticidad		Ton/cm ²	94.4
Tenacidad	Tangencial	Resistencia maxima	N . cm	-
	Radial	Resistencia maxima	N . cm	-
Compresión	Paralela	Tension límite proporcional	Kg/cm ²	243
		Tensión maxima	Kg/cm ²	372
		Modulo de elasticidad	Ton/cm ²	97.3
	Normal	Tensión límite proporcional	Kg/cm ²	52
Tensión maxima		Kg/cm ²	108	
Tracción normal	Tangencial	Tensión rotura	Kg/cm ²	85
	Radial	Tensión rotura	Kg/cm ²	31
Dureza	Normal	Carga máxima	Kg	154
	Paralela	Carga máxima	Kg	155
Cizalle	Tangencial	Tensión rotura	Kg/cm ²	109
	Radial	Tension rotura	Kg/cm ²	86
Clivaje	Tangencial	Tension rotura	Kg/cm ²	76
	Radial	Tensión rotura	Kg/cm ²	42
Extracción de clavo	Normal	Carga máxima	Kg	-
	Paralela	Cargo máxima	Kg	-

Agrupamiento de las maderas crecidas en Chile destinadas a fines estructurales.

Estado verde (H>=30%) canelo pertenece al grupo E5 junto a alerce, cipres, laurel, pino oregon, etc.

Estado seco (H=12%) canelo pertenece al grupo ES5 junto a alerce, cipres, pino radiata y pino Oregón entre otros.

Características macroscópicas de la madera:

Color claro, castaño osado, presentando en su cara longitudinal vetas notorias de color algo más oscuro, constituidas por los radios leñosos. La albura es un poco más clara que el duramen. Anillos de crecimiento fáciles de distinguir. Sin olor ni gusto característico pero con un brillo suavemente plateado cuando la madera esta recién cepillada. Textura heterogénea. Se le puede clasificar de peso mediano (500 a 750 kg/m³) y de dureza intermedia. Categoría 3 Moderadamente durable como coigue, tinoe y ulmo.

Usos

Por su veteado la madera es muy apreciada para ebanistería. Se la utiliza en revestimientos interiores, cajones, envases, instrumentos musicales y muebles. Posee una fibra más larga que la de pino radiata lo cual lo convierte en un material muy apreciado para la fabricación de papel y celulosa.

Ref: Manual de construcciones en madera N10 Volumen N°1 2ªedicion noviembre 1991.
Santiago Chile INFOR/CORFO

Posibilidades de Exportación de la madera de canelo

El INFOR realizó mediante consultoría internacional dos estudios de mercado para la madera de canelo. Las consultoras adjudicatarias para EE.UU fue Gryphon Resource Consultants Ltd., representada por los ingenieros Alfonso Casasempere y David Cartwrigth; y para Europa el Dr. Paolo Gardino.

La finalidad del Estudio de Mercado consiste, en términos generales, en desarrollar una investigación tecnológica con análisis y pruebas de productos, y generar información técnica-comercial, la que se considera esencial para determinar la factibilidad y potencialidad exportadora de determinados productos fabricados con madera de canelo en la Unión Europea y Estados Unidos de Norteamérica, área resultante de un ranking de concentración de los mayores importadores y consumidores de madera latifoliada, y del presupuesto disponible para el estudio.

Se trata de determinar grupos de productos con alta calificación competitiva, empresas importadoras con interés real y potencial para comprar estos productos y explicitar los requisitos técnicos y comerciales que deben cumplir estos productos para su colocación en los mercados seleccionados.

Geográficamente las entrevistas se efectuaron en EE.UU., en cuatro estados: Washington, California, Texas y Carolina del Norte, en Estados Unidos; y en Alemania, Italia, Reino Unido y España, en Europa.

Con el fin de presentar el producto a estudiar se definieron y diseñaron dos medios de promoción comercial: un folleto introductorio (en español e inglés) y muestras de los productos.

Se seleccionó un conjunto amplio de empresas, sobre 200 y, por teléfono o por correo electrónico se les contactó para invitarlas a participar en la prospección de la madera de canelo.

- Posibilidades de exportación a los Estados Unidos.

El mercado total de madera

Estados Unidos es el mayor productor y consumidor de productos de madera en el mundo. También es el mayor importador y el segundo mayor exportador de productos forestales. En términos de la industria representa el mayor mercado potencial para la madera de canelo en el mundo.

El mercado total de la madera (consumo aparente en construcción y otros usos) en EE.UU., alcanzó a 229 millones de m³ en 2001. La madera aserrada representó un consumo de 118 millones de m³ al año mientras que la madera terciada registró casi 18 millones de m³. EE.UU importa productos forestales (incluyendo madera, tableros, celulosa y papel) por más de US\$24 mil millones por año.

Las importaciones de madera aserrada de especies no coníferas (mayoritariamente latifoliadas o duras), alcanzaron a un valor de US\$ 462 millones en 2001 y las de madera terciada a US\$ 868 millones. Estas cifras y las anteriores corroboran el enorme tamaño del mercado de la madera en EE.UU, y enmarcan fuertes posibilidades para una colocación futura de madera de canelo de Chile.

El mercado de la madera para la construcción

En Estados Unidos, el consumo de madera para la construcción se estima en alrededor de 170 millones de m³. La distribución del consumo por uso final es de 43% en residencias nuevas, 32% en reparación y renovación, 6% en usos no residenciales y 19% en uso industrial (Fuente: Forintek Canada Corp. y Gryphon Resources).

En años recientes el valor de la construcción en los EE.UU. alcanzó US\$ 665,4 mil millones. De este total el sector de la construcción habitacional representó un 44%.

La construcción de viviendas es el sector que más consume productos de madera. El número de viviendas construidas supera, en años normales, los 2 millones de unidades. Ha incrementado también la superficie promedio de cada unidad. Otro cambio tendencial es que cada vez menos viviendas son construidas *in situ* y un porcentaje creciente usaron componentes panelizados y modulares construidos en fábrica.

Productos de valor agregado

El sector de la construcción de viviendas es un importante consumidor de una variada gama de productos fabricados de madera. Sin entrar en mayor detalle, es importante notar que la importación de muchos de estos productos ha experimentado un fuerte incremento en la última década, resultado de la apreciación del dólar.

La industria nacional que fabrica estos productos continúa utilizando un volumen significativo de productos primarios tanto de origen interno como importado.

El sistema de distribución de madera en Estados Unidos.

Durante los últimos años ha habido un cambio significativo en la forma de comercializar productos primarios sólidos de madera. El cambio ha sido implementado por las cadenas de establecimientos como Home Depot, Lowes y otros que han desarrollado un poder comprador muy significativo. Ellos han logrado eliminar los intermediarios y compran productos primarios directamente de los productores primarios.

Al tratarse de productos primarios importados, el intermediario tiende a jugar un rol mucho más significativo. El importador, en representación del usuario doméstico, identifica y cualifica productores o exportadores extranjeros capaces de entregar los productos requeridos por uno o más clientes en las condiciones que éste especifica. Estos productos deben reunir las condiciones de secado, calidad, dimensiones, terminación, volúmenes requeridos, entregas periódicas y regulares, empaque, transporte y lugar de entrega especificadas por el importador. El importador, como agente del usuario o como comprador directo, es responsable por el control de estas variables.

En términos del exportador chileno, la identificación de un importador con base en EE.UU. es el primer paso a tomar en el proceso exportador.

Resultados de las visitas a empresas en Estados Unidos

Con el fin de identificar las mejores firmas a ser encuestadas, inicialmente, se contactó a más de 150 empresas. La comunicación definitiva se estableció por fax, teléfono y correo electrónico con 43 de estas empresas.

Como resultado de las conversaciones sostenidas durante la primera selección de empresas, y tomando en cuenta el deseo de incluir representantes de todos los sectores del sistema de distribución y fabricación de productos de la madera (incluyendo un representante

del sector de venta al detalle), se efectuaron visitas a una empresa en el estado de Washington, once empresas en California, cuatro en Texas y cuatro en Carolina del Norte.

La información y datos detallados obtenidos durante las entrevistas, fue ingresada a una base de datos la cual está disponible en INFOR.

El cuadro N° 46, presenta un resumen de los resultados más sobresalientes de las encuestas realizadas, clasificados por variable comercial de acuerdo a las pautas utilizadas.

Cuadro N° 46
PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS VISITAS A EMPRESAS EN EE.UU.

Producto	Calidad	Dimensiones	Otras Condiciones	Uso Final	Rango de Precio (US\$)	Otros Comentarios
Madera Aserrada	Usualmente FAS 1 Común 2 Común Select & Better, ocasionalmente. También, Shop, una calidad no de la NHLA y de uso común.	Largos variables (random), 6'-16' o 18'. Espesor típico 4/4'', también 5/4; 6/4 y 8/4''. Anchos variables, 4; 6; 8 y 10''. Mientras más ancho mejor.	Madera seca en horno a 8 – 10% de humedad, nunca más de 12%. Lo más estabilizada y destensionada posible. Plana, en bruto o ligeramente cepillada. Embarque mín., 1 contenedor de 40'.	Interiores, revest. decorativo, molduras, marcos de puertas y ventanas, gabinetes, muebles, marcos para cuadros, productos especiales, casas prefabricadas.	1,50 – 2,00/pie mad. calidad FAS entregado distrib. 15-20% menos para 1 Común. 30% menos para 2 Común. Margen de venta por el distribuidor 4-6%.	Venta en competencia con aliso, haya, acer, abedul oukomé y otras. Requería de madera terciada para abastecer uso en gabinetes y muebles. Demasiado blanda para uso en pisos. Madera seleccionada por color (albur y duramen). El color rojizo podría recibir sobreprecio de 10-20%. Producto debe ser certificado por el FSC o equivalente.
"Blanks" para Molduras Decorativas	FAS	Listones simplemente escuadrados, de dimensiones levemente superiores a las molduras. También dimensiones múltiplos de las unitarias. No se acepta finger-joint.	Madera seca en horno de 8 a 10% de humedad, nunca más de 12%. Otras similares a madera aserrada.	Uso decorativo interior en paredes, marcos y listones para gabinetes y estantes.	1,80-2,00/pie mad. Entregado distrib.	Producto debe ser certificado por el FSC o equivalente.
"Blanks" para Molduras Pintadas	1 y 2 Común, usual. Otra inferiores también.	Listones simplemente escuadrados, de dimensiones levemente superiores a las molduras. También, dimensiones múltiplos de las	Madera seca en horno de 8 a 10% de humedad, nunca más de 12%. Otras similares a madera	Uso pintado interior en paredes, marcos, listones para gabinetes y estantes.	1,00-1,20/pie mad. pintado, cualquier calidad sin defectos a la vista.	Producto debe ser bien dimensionado, separado por color y certificado por el FSC o equivalente.

Producto	Calidad	Dimensiones	Otras Condiciones	Uso Final	Rango de Precio (US\$)	Otros Comentarios
Madera Terciada	C	4' x 8'.	Tablero a 10% de humedad. Una cara lijada o de acuerdo a las reglas del NHLA.	Revestimientos int., gabinetes, muebles.	2,30-2,60/pie cuadrado de ¼". También se indica un valor de 0,35-0,70/pie mad. Comisión del importador, 3-6%.	Producto debe ser certificado por el FSC o equivalente.
Productos especiales						
Marcos para Pizarrón	Madera libre de defectos y sin finger-joint.	Listones de 1-4' de largo con perfiles específicos.	Madera seca en horno a 8-10% de humedad, nunca más de 10%.	Marcos para pizarrones de oficina.	500-510/m ³ FOB puerto chileno.	Se requieren para comenzar dos contenedores (de 40 pies) por mes. Comprador DLH Nordisk Inc.
Puertas de Seguridad	FAS	Paquetes de componentes de puertas de 36 piezas. Las piezas son de diferentes dimensiones, pero promedian ½" x ¾", hasta 3' de largo.	Madera seca en horno a 8-10% de humedad, nunca más de 10%.	Puertas de seguridad para controlar el paso de bebés.	650/m ³ CIF planta del fabricante en MT. Sterling, KY	Se requiere 1 contenedor de 40' cada 45 días, con una capacidad aprox. de 6.200 paquetes de componentes.
Otros Parámetros						
Transporte	[Se estiman costos de transporte marítimo de Concepción al Puerto de Long Beach, California, de US\$120/m ³ descargado el contenedor y de US\$65/m ³ descargado en paquetes "Break Bulk", todos los costos incluidos].					
Vaporización	[Un proceso al que se somete a la madera (como la haya Europea) después de aserrada para uniformar su color (entre duramen y albura). Sería de interés investigar la reacción del canelo a este proceso con el propósito de mejorar su apariencia]					
Demanda Total Inicial	[Más que suficiente. Sumados todos los nichos de productos, se estima capaz de absorber la producción de 3-4 grandes complejos industriales de madera terciada y aserrada. En este sentido la demanda en EE.UU. tendría una naturaleza elástica con respecto a la oferta que pudiera hacer Chile. Es decir, su oferta no impactaría significativamente en el precio recibido]					
Relación con Distribuidor	El distribuidor buscaría una relación exclusiva con el productor en Chile (para un área específica), para justificar su inversión en promocionar al canelo como una marca registrada específica y novedosa].					

Cuadro Nº 47
PRINCIPALES RESULTADOS DE LAS VISITAS A EMPRESAS EN EUROPA

Alemania	Especies compradas usualmente	Color y peso	Posibilidades de trabajar el canelo	Opinión global	Productos comprados usualmente	Competencia	Interés en certificación	Precios
Sector mueble	Haya, red alder, maple, abedul	El color es considerado positivo, aunque quizás demasiado rojo. El peso lo consideran algo ligero.	No se han recibido comentarios	Positiva. Están dispuestos a realizar pequeñas o medianas compras con canelo.	Tablones, tableros alistonados (18/25 x 700/1600 x 2300/2500 y 18/25/50 x 1600 x 4000 mm) y productos semi acabados	haya, y en medida menor con el red alder y el tulipier	Sí, FSC	€ 570 /m ³ (red alder empalmados) € 800/900 (listón entero) y € 1000/ m ³ (haya)
Sector sillas.	Haya, roble, maple, cerezo	El color y el peso son considerados positivos	Juicio positivo	Juicio positivo			No están interesados.	
Pisos de madera	Roble, abedul, haya, especies tropicales	Color, bueno y peso liviano.	Demasiado blando.	Una empresa da juicio positivo y otra no.	Frisas para parquet, tarima flotante acabada, chapa. Suelos acabados 14 x 122 x 2500/2700 mm.	Haya	Algunos muestran interés.	
Distribuidores	Haya, roble, abedul y muchas otras	Color positivo y peso como el de haya o el maple.	Posibilidad de comprar mercancía empalmada o encolada	Disponibilidad a efectuar una prueba con esta especie maderera	Todos los productos, tablones, semi acabados, tableros. Se preferirían los tableros. Medidas análogas a Haya: 18/20/40 mm x diferentes anchos y largos.	Haya y maple	Algunos muestran interés.	€250 por m ³ (haya no canteados)

España	Especies compradas usualmente	Color y peso	Posibilidades de trabajar el canelo	Opinión global	Mercancía comprada usualmente	Competencia	Interés en certificación	Precios
Distribuidores	Todo tipo de producto maderero.	Color oscuro causa problemas y el peso demasiado liviano	Parece buena, pero alguien sugiere que quizás se tuerza	En general no es demasiado positivo, aunque no sea enteramente negativo.	Tableros alistonados. 8/25/30/40/50 y hasta los 100 mm. Largos sobre los 2,5 m.	Plátano y haya.	Moderado.	€ 1700/ m ³ (alistonados haya)
Mangos para utensilios	Haya, eucaliptos, guatambu, fresno	Color bonito y peso liviano.	Debe ser dúctil al torneó.	Posiblemente negativo, por su baja densidad.	Elementos con medidas fijas. 47x47x800/900/1000 y 42x42x800/900/1000/1200 mm. brutos	Eucaliptos	No.	€ 250 / m ³ (eucalipto)
Muebles y puertas para muebles	Haya, roble, castaño, pino, iroko, acacia, maple, cerezo	Color negativo (oscuro y vetas negras) y peso liviano.	Hay reacciones, mayormente positivas	En general es bastante negativa. La moda pide maderas claras.	En general tablonos brutos secos. Largos limitados: 750-1500 mm	Cerezo, haya, abedul, roble, tulipier.	Sí, señalan que es interesante.	€ 630 / m ³ (tablonos haya)
Fabricantes de sillas	Haya, un poco de roble, pino.	Color demasiado oscuro y peso parece ligero	Sí, por pequeñas cantidades para hacer elementos laterales de las sillas.	Dudas. Se teme que no resista.	Compran elementos acabados para sillas. Tableros para mesas de 80 x 160, 90x90, 90x200 cm.	Haya y maple	Elevado interés.	
Pisos de madera	Haya, roble, jatoba y otras	Color bonito, pero oscuro. Peso, juicio positivo.	Poca disponibilidad	Algunos lo consideran adecuado.	Chapa y tablonos. 27/30x60/80x350-500-520-1030 mm	Cerezo y roble	Lo consideran importante	€ 390-420 (parquet roble)

Italia	Especies compradas usualmente	Color y peso	Posibilidades de trabajar el canelo	Opinión global	Mercancía comprada usualmente	Competencia	Interés en certificación	Precios
Artículos caseros y mangos de madera	Haya	Color positivo y peso aceptable.	Juicio positivo. Hay posibilidad si el precio es conveniente.	Buena	Tablones y semi acabados con medidas fijas. Gruesos 50/60 mm largos de 2,50 m en adelante.	Maderas rojas africanas, ramin, haya.	No.	
Escaleras de madera	Haya, abeto	Color demasiado oscuro y rojo y peso positivo.	Hay opiniones positivas y negativas.	Bastante negativa	Acabados empalmados y encolados. 40-42 x 650-1000-1300 x 700-1000-1700 mm.	Haya, cerezo y abeto	No.	€ 450 (haya)
Pisos de madera	Roble, cerezo, haya, fresno, teca, doussie, afrormosia	Color, juicio positivo, pero el peso no va bien.	No hay posibilidad.	Negativa	Tablitas para parquet semi acabadas y no secadas. 10-14-22 x 50-60-70 x 150-200-300-350 mm.	Haya y roble	No.	
Muebles, puertas y partes	Haya, roble, nogal, fresno, cerezo, álamo, tulipier, red alder, castaño	Color interesante y peso positivo.	Parece buena	En general es positiva	Tablones y semi acabados. 4/4 e 5/4". Anchos: sobre 2,5". Largos Desde 350-400 mm que de 1900 mm.	Ramin, haya vaporizada, tulipier	Hay interés, pero no hay demanda.	€ 350/400 (tablones haya). € 450/500 (tablones tulipier)
Fabricantes de sillas	Haya, roble y pino	Color oscuro pero bien y peso liviano.	Es importante la resistencia y la posibilidad de encorvar los elementos	Inadecuado por el color y la baja resistencia.	Semi acabados con medidas fijas y pequeñas cantidades de tablones (25-32-38-50 y 60 mm). Largos 400-450-1100 mm	Haya	No.	€ 600-700 (haya)
Distribuidores	Todas las especies madereras	Juicio positivo y peso liviano.	Sí, aunque las muestran parecen bastante tensas.	Utilizable en puertas si hay largos adecuados.	En general tablones brutos. Grueso de 1" a 2". Largo desde los 2,50 m	Haya, bahía	No.	

- **Posibilidades en el mercado de Europa**

Europa es un mercado netamente exportador de madera de coníferas, pero importador de madera latifoliada (sobre todo de África y del Sudeste Asiático).

Es necesario recordar que Europa no es un mercado carente de madera doméstica. Al contrario, el continente europeo produce grandes cantidades de madera para exportación. Europa produce casi 110 mil millones de metros cúbicos, importa 46 millones de m³, exporta 45 millones y consume como 120 millones, no obstante las maderas son mayoritariamente de coníferas.

En Europa, las importaciones de tablonos de madera latifoliada han subido constantemente desde 1996 pasando de 5,5 millones de m³ a sobre los 10 millones de metros cúbicos (FAO, 2010).

Los sectores de más consumo son los del mueble, los del embalaje y los de los pisos de madera.

Italia es el mayor importador de tablonos de madera latifoliada, gracias a su considerable industria del mueble. En el pasado, Italia ha representado hasta el 25% de las importaciones europeas. La crisis actual de los gastos y, en particular, en la industria del mueble, ha reducido las importaciones pero la tendencia futura es que volverá a subir.

España e Italia son los mayores importadores de tablonos de madera latifoliada en Europa (el 20% y el 13% de la importación europea, respectivamente).

Alemania es un país importador de menores dimensiones, que usa buenas cantidades de haya y muchos tableros alistonados.

Los países que actualmente importan se mantendrán como los mayores importadores; y en algunos casos su importancia relativa aumentará ulteriormente.

En porcentaje, las importaciones de Italia, España y el Reino Unido aumentarán, las de Alemania disminuirán y los restantes países mantendrán su nivel.

- **Análisis y conclusiones de las posibilidades en EE.UU. y Europa**

El estudio dio una clara impresión del potencial de mercado de Estados Unidos y de Europa.

La madera de canelo, para ser utilizada principalmente en muebles y molduras especiales, aprovechando sus buenas características estéticas y precios, perfectamente puede ser colocada en forma competitiva en el mercado internacional, quizás con más facilidad en Estados Unidos de Norteamérica que en Europa.

Ambas regiones son grandes mercados para las maderas latifoliadas. El potencial es muy grande, pero requiere productos muy específicos y a un precio competitivo con dos o tres especies que ya tienen buena aceptación de los usuarios.

La base del éxito en el mercado estará en las entregas oportunas y exportar sólo las mejores calidades (dejando para una etapa posterior otras calidades). Se requiere de una gran acción de promoción, más allá de la que pudiera realizar cada empresa individual. La asociatividad de oferentes parece importante como una acción de lograr mejor posición competitiva. Las actividades de investigación aplicada deben orientarse a generar una oferta sostenible de materia prima de calidad, optimizando los procesos de transformación industrial y de manejo del bosque.

Las principales conclusiones y recomendaciones del estudio de mercado externo para madera de canelo se presentan a continuación, primero las relativas a Estados Unidos y, luego, las que se refieren a Europa.

- **Resultados respecto al Mercado de Estados Unidos**

Estados Unidos es el mayor productor y consumidor de productos de madera en el mundo. También es el mayor importador y el segundo mayor exportador de productos forestales, incluyendo madera aserrada.

Existen buenas oportunidades de colocación de madera y productos de madera de canelo en EE.UU.

Geográficamente, California es la cuarta mayor economía del mundo y representa el mercado más grande para productos genéricos, mientras que industrias como las de gabinetes y muebles establecidas en Carolina del Norte podrían ofrecer nichos más específicos para partes y piezas elaboradas con precios más altos.

Los productos más deseados son la madera aserrada secada en hornos con un contenido de humedad entre 8 y 10%, ligeramente cepillada, con espesores, anchos y largos variables. También se busca el "blank" apto para la fabricación de molduras. El contenido de humedad debe ser entre 8 y 10%, nunca más de 12%. Por último, se constató interés por tablero contrachapado de diversos espesores, calidad C o CC con una o dos caras lijadas. También hay nichos de fuerte demanda para productos especiales como marcos para pizarrón, puertas de seguridad infantil, piezas torneadas, tarugos, etc.

Se determinó que, en términos de las reglas de la National Hardwood Lumber Association (NHLA), las calidades más deseables para madera aserrada son FAS (una calidad en gran medida libre de defectos), y 1 Común y 2 Común (que aceptan ciertos defectos). Los embarques se podrían hacer incluyendo volúmenes mezclados de las tres calidades siempre y cuando la participación de las dos mejores no baje de una proporción mínima.

Inicialmente, los distribuidores mayoristas representarían el principal sector comprador de productos sólidos de madera. Una vez establecidos los productos en el mercado, podría considerarse la venta directa a establecimientos minoristas como por ejemplo las cadenas The Home Depot y Kmart.

Numerosos importadores y distribuidores indicaron la necesidad de entregar la madera certificada ambientalmente por el Forest Stewardship Council (FSC) o equivalente.

El canelo tendría que competir con maderas duras (latifoliadas) nacionales e importadas de menor precio relativo, como el aliso, haya europea, abedul, acer, álamo, falcata y oukomé.

El rango de precios varía para diferentes categorías y calidades de productos. A modo referencial, el precio para madera aserrada se estimó en US\$1,50 – 2,00 por pie maderero calidad FAS puesto en el patio de acopio del importador. Para "blanks" destinados a la confección de molduras decorativas, el precio sería de US\$1,80 – 2,20 el pie maderero FAS, y

para "blanks" destinados a la confección de molduras pintadas (con y sin finger-joint) el precio sería de US\$1 – 1,20 el pie maderero de calidad indeterminada pero sin defectos visibles. El tablero contrachapado para revestimiento interior y uso estructural/decorativo en gabinetes y muebles, el precio se estimó en US\$2,30 y 2,60 el pie cuadrado de 1/4" clase C.

El costo de transporte marítimo es un factor crítico que incide fuertemente en la posibilidad de entregar un producto a precios competitivos. Este servicio desde puerto en Concepción a Long Beach, Los Ángeles se estima en US\$ 120 por m³ en contenedor y US\$ 65 por m³ en paquetes ("break bulk packages"). Las comisiones de los importadores, comúnmente, varían entre 3 y 6% calculadas sobre el precio FOB o CIF dependiendo de la competitividad del producto, monto vendido, potencial de ventas a futuro, etc. El precio de venta de los distribuidores es de 4 – 6% sobre el costo de compra puesto patio

La madera de Chile entra libre de aranceles de aduana a Estados Unidos.

- **Resultados respecto al Mercado Europeo**

Europa es un gran importador de maderas duras y se estima que presentará una demanda creciente para los próximos años. Los países más prometedores son los analizados: Alemania, Italia y España. Hay otros países que pueden tener un futuro potencial, tal como lo son: Portugal, Francia y el Reino Unido.

Italianos y españoles, que hacen negocios forestales con Chile, están bastante dispuestos a hacer pruebas de compras de canelo.

Los sectores con mayor interés para canelo son las empresas productoras de muebles, valorando principalmente su apariencia. También constituye un sector relevante el de los distribuidores. Para pisos, utensilios, molduras especiales hay dudas por lo liviano y poca dureza. El sector molduras es interesante, siempre y cuando se asegure una madera dimensionalmente estable y largos sobre 2, 5 metros y más. La industria europea de los tableros busca constantemente tableros de bajo peso, aspecto importante de explorar con canelo. También, aunque más pequeño, se encuentra mercado para tableros enlistonados, sobre todo en Alemania.

En el corto plazo, el producto más vendible es la madera aserrada cepillada y seca.

El color de la madera de canelo tiene buena aceptación con la exigencia que debe ser homogéneo. En caso contrario, la recomendación es vaporizar o clasificar la madera por color.

Las empresas de distribución (importadores, almacenes madereros, agentes de venta) se mostraron cautas: hay algún interés por el canelo, pero hay preocupación por la distancia de Chile y por la necesidad de promocionar una especie maderera que es enteramente desconocida.

Las medidas usadas por los fabricantes de muebles son muy variadas. Todos los espesores son usados, especialmente los espesores delgados, como los de 25 mm o 32 mm. Los largos, a menudo, toleran buenos porcentajes de mercancía corta. Por el contrario, muy pocas empresas aceptan madera con uniones dentadas. En general, las medidas usadas por los fabricantes de sillas son mucho más gruesas (40-50-60 mm). Los fabricantes de escaleras, usualmente, piden espesores de 40 mm y compran casi toda la mercancía empalmada y encolada.

Casi todos adquieren sólo madera seca en horno, generalmente con contenido de humedad entre 8 y 10 por ciento.

Los canales de distribución cambian según el país, el sector en el cual se venda y el producto. Es importante conocer y respetar los canales de distribución. Para canelo, se estima como lo más conveniente dos opciones que se indican a continuación: a) importadores especializados en madera latifoliada destinada a las fábricas de muebles, b) tableros enlistonados y componentes directos a las fabricas de muebles.

En Italia, en general, no hay interés respecto a la certificación. En España hay más interés, pero la certificación no se ve como una necesidad. En Alemania hay una atención mayor, pero también en este país la certificación no es una condición absoluta. Si el procedimiento de certificación no es demasiado complejo, será preferible certificar a fin de facilitar las ventas.

Se recomienda clasificar la madera de canelo según las reglas de la National Hardwood Lumber Association (NHLA) de los EE.UU., y dentro de éstos las mejores calidades.

Los precios de referencia para el canelo son los de la haya. Se ha indicado que, para una fase de introducción, el precio estimado oscilará entre los € 210 y los € 280 por metro cúbico libre cliente final para madera aserrada seca. Se recuerda que la haya se vende en medidas muy apreciadas por el mercado en gruesos y anchos ideales (por ejemplo 47 o 57 x 150/160 mm y más, o semejantes).

Los fabricantes de muebles usan maderas económicas (haya) y también muy caras (cerezo, arce, etc.). En este sector el posible precio de venta está basado en el valor de la haya: € 250 - 400 (tablones secos o verdes libre cliente). Ciertamente, los fabricantes de muebles pueden pagar precios mucho más altos. La motivación de compra no está influenciada mayormente por el factor precio sino, sobre todo, por factores estéticos, por lo cual si un fabricante de muebles decidiese hacer una serie de muebles de canelo, podría pagar por esta madera un precio incluso notablemente superior al de la haya.

El costo del transporte de Chile a Europa es de 40/45 euros por m³ y hasta el cliente final es de 70/75 euros por m³, aproximadamente.

No se han comprobado aranceles específicos o barreras para la venta de madera de Chile a Europa.

RECONOCIMIENTOS

Agradecemos a Pablo Donoso, Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile y Celso Navarro, Facultad de Recursos Naturales, Universidad Católica de Temuco por su apoyo técnico al proyecto y compartir los datos de los ensayos de Heycolla y Lenca:.

Nuestros agradecimientos también a CONAF, por el apoyo logístico que brindó al proyecto, especialmente los colegas de la Oficina Regional de Los Lagos y las Oficinas Provinciales de Llanquihue y Chiloé.

Por la prestación de sus predios para la instalación de ensayos agradecemos a la Sra.: Cristina Castoldi, don Sergio Montes, don Gabriel Andrade y don Luis Soto

El "Proyecto Desarrollo de Tecnología silvícola de alto valor para renovales de canelo fue co-financiado por INNOVA-Corfo.

REFERENCIAS

- Balharry, C., 1984.** Estudio de la estructura y composición de los renovales de Canelo (*Drimys winteri* Forst.) en el fundo Lenca (X región). Tesis de Ing. Forestal. Facultad de Cs Agrarias, Veterinarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile.
- Calquín, R., 1986.** "Índices y clases de sitio para Canelo (*Drimys winteri* (Forst)) en la Décima Región". Tesis Fac. Cs. Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Stgo.
- Calquín, R., 1987.** Índices y clases de sitio para Canelo (*Drimys winteri* Forst.) en la X Región. Tesis de MG Forestal. Facultad de Ciencias Agrarias, Veterinarias y Forestales, Universidad de Chile. Santiago, Chile. 92 p.
- Casasempere, A.; Cartwright D., 2003.** Estudio de Mercado en EE. UU. Para madera de Canelo. 2003. Grypshon Resource Consultants Ltd. Estudio Subcontrado por el Instituto Forestal. Vancouver, Canadá, 2003. 188 páginas. Extracto publicado en INFOR, Informe Técnico 167, 2004.
- Cerda, J., 1990.** Modelos de Distribución Diamétrica en Rodales de Canelo (*Drimys winteri* Forst). Tesis de Ing. Forestal. Facultad de Cs Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 91 p.
- CONAF, GTZ. 1998.** Experiencia Silvicultural del Bosque Nativo de Chile.. Proyecto Manejo Sustentable del Bosque Nativo. Publicaciones Lo Castillo S.A. 420 p.
- Corvalán, Patricio; Araya, Leonardo; Calquín, R; Loewe, Verónica; Niebuhr, S., 1987.** El Canelo: una alternativa de desarrollo para la X Región. Ministerio de Agricultura - Universidad de Chile. Santiago, Chile. VOL III.
- Crespell, P., 1993.** Evaluación de tres métodos de corta de limpieza en el bosque siempreverde andino del sector de Correntoso, Provincia de Llanquihue, X Región. Tesis de Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 87 p.
- DeMars, D.; Barret, J., 1987.** Ponderosa pine Manager-Yield Simulator: PPSIM User Guide, USDA, General Technical Report PNW-GTR-203,
- Di Castri, F. Hajek, E. 1976.** Bioclimatología de Chile. Universidad Católica de Chile. Vicerrectoría académica, Stgo. 128 p.
- Donoso, Claudio, 1981.** Tipos forestales de los bosques nativos de Chile, Investigación y Desarrollo forestal. CONAF/PNUD/FAO. Stgo. Doc. De Trabajo Nº 38. 82 p.
- Donoso, Claudio, 1989.** Regeneración y crecimiento en el tipo forestal siempreverde costero y andino tras distintos tratamientos silviculturales. Bosque: 10(2): 69-83. U. Austral de Chile.
- Donoso, P. y Nyland, R., 2005.** Seedling density according to structure, dominance and understorey cover in old-growth forests stands of the evergreen forest type in the coastal range of Chile. Revista chilena de Historia Natural 78: 51-63.
- Donoso, Pablo; Soto, Daniel; Bertín, Raúl, 2007.** Size-density relationships in *Drimys winteri* secondary forest of the Chiloé Island, Chile: effects of fisiografía and species composition. Forest Ecology and Management 239: 120-127.
- Drake, F.; Emanuelli, A.; Acuña, E., 2003.** Compendio de Funciones dendrométricas del Bosque Nativo. Universidad de Concepción y Proyecto Conservación y Manejo Sustentable del Bosque Nativo. CONAF-KfW-DED-GTZ. 197 p.
- Drew, J. y Flewelling, J., 1979.** Stand density management: an alternative approach and its application to Douglas-fir plantations. Forest Science 25(3): 518-532.
- Esse, Carlos, 2009.** Estudio de disturbios en renovales de canelo y su efecto sobre la estructura, a través de tecnologías de percepción remota, Llanquihue, Chile. Tesis Magíster en Sistemas de Información Geográfica y Percepción Remota. Facultad de Recursos Naturales. Universidad Católica de Temuco. XXp.

- FAO, 2002.** Anuario de Productos Forestales. Roma, Italia, 445 páginas.
- FAO, 2010.** Anuario de Productos Forestales, Roma, Italia, 458 páginas.
- Figueroa, J. y Lusk, C., 2001.** Germination requirements and seedling shade tolerance are not correlated in Chilean temperate rain forest. *New Phytologist* 152: 483-489.
- Figueroa, J., 2003.** Seed germination in temperate rain forest species of southern Chile: chilling and gap-dependency germination. *Plant Ecology* 166: 227-240.
- García, O., 1983.** A stochastic differential equation model for the height growth of forest stands, *Biometrics* 39, 1059 – 1072,
- García, O., 1994.** Método de Instalación de parcelas permanentes.
- García, O., 2003.** EasySDE User Guide, University of Northern British Columbia, <http://forestgrowth.unbc.ca/sde/>
- García, O.; Ruiz, F., 2003.** A growth model for eucalypt in Galicia, Spain, *Forest Ecology and Management*, 173, 49 – 62,
- Gardino, P., 2003.** Posibilidad de venta del Canelo en Europa. Estudio subcontratado por INFOR, Chile. Génova, Junio 2003. 168 páginas. Extracto publicado en INFOR, Informe Técnico 167, 2004.
- Gingrich, Samuel, 1967.** Measuring and evaluating stocking and stand density in upland hardwood forests in the Central States. *Forest Science* 13(1): 38-53.
- Gunckel, G., 1980.** Estudio de desarrollo y rendimiento de renovales de Canelo en el sector de Corral, Cordillera de la Costa. Tesis de Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 94 p
- Gutierrez A., Armesto J., Aravena J.C., 2004.** Disturbance and regeneration dynamics of an old-growth North-Patagonian rain Forest in Chiloé Island, Chile. *Journal of Ecology* 92: 598-608.
- Hipler, Ulrich, 2010.** Verjüngung unterschiedlicher Flächen auf Chiloé, Chile Masterarbeit an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie der Universität Göttingen. Alemania. 75 p.
- INFOR – CONAF, 1997.** Monografía de Canelo – *Drimys winteri* . Potencialidad de Especies y Sitios para una diversificación Silvícola Nacional.
- INFOR 2005.** Estudio de Mercado para Madera de Canelo en Estados Unidos y Europa. Instituto Forestal, Informe Técnico 167. 92 p. Santiago, Chile.
- INFOR 2005.** Procesos Industriales de la Madera de Canelo: Instituto Forestal, Informe Técnico 168. 69 p. Santiago, Chile.
- INFOR, 2007.** Inventario de los bosques de alerce. Carlos Bahamóndez Villarroel y Colaboradores. Valdivia. Chile. 166 p.
- INFOR. 2004.** Estudio de Mercado para Madera de Canelo en Estados Unidos y Europa. Informe Técnico Nº 167. Est
- INFOR. 2009.** Los recursos forestales en Chile. Informe Final, inventario continuo de bosques Nativos y actualización de plantaciones forestales. Santiago, Chile. 202 p.
- Laasasenaho, J., 1982.** Taper curve and Volume Functions for pine, spruce and Birch, *Communications Instituti Forestalis Fenniae* Nº 108.
- Loewe, Verónica; Toral, Manuel; Mery, Alejandra; López, Claudia; Urquieta, Elizabeth, 1998.** Monografía de Canelo *Drimys winteri*. F.I.A; CONAF; INFOR. Santiago, Chile. 54 p.
- Müller-Using, Sabine; Martin, Marjorie; Cabrera, Jorge, 2009.** Guía didáctica: Manejo silvícola para renovales de canelo. INFOR. Valdivia. Chile. 39 p.

Navarro, Celso, 1993. Evaluación de raleos en un renoval de Canelo (*Drimys winteri* Forst) en la Cordillera de la Costa de Valdivia. Tesis Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. 121 p.

Navarro, Celso; Donoso, Claudio; Sandoval, Victor; Gonzalez, Conrado, 1997. Evaluación de raleos en un renoval de canelo (*Drimys winteri* (Forst.)) en la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile. *Bosque* 18(2): 51-65

Navarro, Celso; Donoso, Claudio; Lara, Antonio, 1999. Silvicultura de los bosques nativos de Chile. Primera Edición. Santiago. Editorial Universitaria. 726p.

Navarro, Celso; Herrera, Miguel; Drake, Fernando; Donoso, Pablo, 2010. Evaluación de la rentabilidad del manejo en bosques secundarios de canelo (*Drimys winteri*) en la Cordillera de la Costa de Valdivia, Chile. *Bosque* 31(3): 209-218.

Navarro, Celso; Herrera, Miguel; Drake, Fernando; Donoso, Pablo, 2011. Diagrama de manejo de densidad y su aplicación a raleo en bosques de segundo crecimiento de *Drimys winteri* en el sur de Chile. *Bosque* 32(2): 175-186.

Niebuhr, S., 1988. Determinación de una función de rendimiento para renovales de Canelo (*Drimys winteri* Forst) en la X Región. Tesis de Ing. Forestal. Facultad de Cs Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 198 p.

Nübel, Seliena, 2009. Untersuchung zur Vergesellschaftung von Baumarten in von Canelo (*Drimys winteri*) dominierten Sekundärwäldern in Südchile. Tesis Diplom-Forstwirt. University of Applied Forest Science. Rottenburg. Alemania. 69 p.

Nyland, Ralph, 1996. Silviculture, Concepts and Applications. New York, McGraw-Hill 633 p.

Perez, Cristian, 2001. Descripción y análisis del estado actual, para el desarrollo potencial de la especie canelo (*Drimys winteri* Forst). Tesis Ing. Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile. XX

Pretzsch, Hans y Biber, Peter, 2005. A Re-Evaluation of Reineke's Rule and Stand Density Index *Forest Science* 51(4): 304-320.

Quiroz, Ivan, 1990. Funciones de Volumen, modelos de crecimiento y factor de forma para Canelo (*Drimys winteri* Forst). *Revista Ciencia y Desarrollo. Instituto Forestal, Vol 4 , Nº2.*

Reineke L. 1933. Perfecting a stand density index for even-age forest. *Journal of Agricultural Research* 46: 627-638.

Reyes, René; Donoso, Pablo; Donoso, Claudio; Navarro, Celso, 2009. Crecimiento de renovales de *Drimys winteri* después de 16 años de aplicación de distintos tratamientos de raleo en las cordilleras de Los Andes y de la Costa en Chile. *Bosque* 30(2): 117-126.

Rojas, Rodrigo, 2009. Comunicación personal. CONAF Castro.

Sánchez, C., 1986. Estructura y desarrollo de renovales puros y no intervenidos de Canelo (*Drimys winteri* Forst). Tesis de Ing. Forestal. Universidad Austral de Chile. Valdivia.

Soto, Daniel y Donoso, Pablo, 2006. Patrones de regeneración en renovales de *Drimys winteri* en el centro-norte de la Isla de Chiloé: cambios de acuerdo al tamaño y la densidad relativa. *Bosque* 27(3): 241-249.

Tapia, E., 1988. Determinación de modelos de ahusamiento para renovales de Canelos (*Drimys winteri* Forst). Tesis de Ing. Forestal. Facultad de Cs Agrarias y Forestales. Universidad de Chile. Santiago. Chile. 65 p.

Tapia, R., 1982. Variabilidad estructural en renovales no intervenidos de Canelo en la Reserva Forestal de Valdivia. Tesis de Ing. Forestal, Universidad Austral de Chile. Valdivia. Chile . 68 p.

Trincado, Guillermo; Sandoval, Victor, 2001. Algoritmos para la estimación de volúmenes comerciales, *Quebracho* 9:106 -114,

ANEXOS

Modelos funciones DAP-ALTURA

1) $Ht = a + b \cdot D + c \cdot D^2$	2) $Ht = a + b(1/G)$	3) $\ln(Ht) = a + b \cdot \ln(D)$
4) $\ln(Ht - 1,3) = a + b(1/D)$	5) $D / (\sqrt{(Ht - 1,3)}) = a + b \cdot D$	6) $Ht = a + b \cdot (1/D)$

Con Ht = Altura total (m), D = DAP (cm), G = Área Basal, \ln = Logaritmo Natural

Modelos funciones de volumen total por árbol

1) $a + b \cdot D^2$	7) $a + b \cdot D^2 \cdot H + c \cdot D^2$	13) $a \cdot D^2 \cdot H + b \cdot D^2 \cdot H^2$
2) $a + b \cdot D^2 \cdot (c + dH)$	8) $a + b \cdot D^2 \cdot H + c \cdot D^2 + d \cdot D + e \cdot H$	14) $a \cdot D^2 \cdot H + b \cdot D^2 \cdot H^3$
3) $a + b \cdot D^2 + c \cdot D$	9) $a + b \cdot D^3$	15) $\exp(a + b \cdot \ln(D^2 \cdot H))$
4) $a + b \cdot D^2 + c \cdot D^2 \cdot H + d \cdot H$	10) $a \cdot D^2 + b \cdot D^2 \cdot (c + dH)$	16) $\exp(a + b \cdot \ln(D) + c \cdot \ln(H))$
5) $a + b \cdot D^2 + c \cdot H$	11) $a \cdot D^2 + b \cdot D^2 \cdot H$	17) $a + b \cdot \ln(D^2 \cdot H)$
6) $a + b \cdot D^2 \cdot H$	12) $a \cdot D^2 \cdot H + b \cdot D^2$	18) $\exp(a + b \cdot D + c \cdot H + d \cdot D^2 \cdot H)$

Con

D = DAP (cm.) con corteza

H = Altura (m)

a, b, c, d, e = coeficientes

Modelos y Funciones recopiladas para estimación de volumen de árbol individual en pie, IX y X regiones.

ID	formula	Modelo	coeficiente1	coeficiente2	coeficiente 3	coeficiente 4	coeficiente 5	Especie
1	$a+b*D^2$	1	-0.05476487	0.00073677	0	0	0	Coigue
2	$a*D^2H+b*D^2$	12	0.00003915	0.0000802	0	0	0	Olivillo
3	$a*D^2H+b*D^2$	12	0.00004057	0.00009389	0	0	0	Avellano
13	$a+b*D^2H$	6	-0.00184197	0.00003149	0	0	0	Coigue
14	$a+b*D^2H$	6	0.0246234	0.00003064	0	0	0	Coigue
27	$a+b*D^2H$	6	-0.0000799	0.00003332	0	0	0	Trevo
30	$a+b*D^2H$	6	0.0000799	0.00003332	0	0	0	Avellano
32	$a+b*D^2(c+d*H)$	2	0.0381	0.00004731	-5.0851	0.7704	0	Pelú
36	$a*D^2H+b*D^2H^3$	14	0.00005084	0.00000047	0	0	0	Trevo
39	$a+b*D^2H$	6	0.00478742	0.00003254	0	0	0	Coigue
40	$a+b*D^2H$	6	0.01222	0.00003155	0	0	0	Canelo
43	$a+b*D^2$	1	0.114037	0.000864	0	0	0	Mañío
44	$a+b*D^3$	9	0.09988	0.000019	0	0	0	Mañío
45	$a+b*D^2+c*H$	5	-0.3767	0.0002	0.0198	0	0	Canelo
46	$a+b*D^2+c*H$	5	-0.1185	0.0005	0.0091	0	0	Canelo
48	$a*D^2+b*D^2(c+d*H)$	10	4.1675	0.1303	-6.3217	0.8706	0	Arrayan
49	$a+b*D^2H$	6	0.01210478	0.00002946	0	0	0	Coigue
54	$a*D^2+b*D^2(c+d*H)$	10	4.1675	0.1303	-6.3217	0.8706	0	Avellano
59	$a*D^2+b*D^2(c+d*H)$	6	0.017	0.0000393	0	0	0	Tineo
60	$a*D^2H+b*D^2$	12	0.00004057	0.00009389	0	0	0	Ulmo
62	$a+b*D^2H$	6	-0.0000799	0.00003332	0	0	0	Trevo
72	$a+b*D^2H$	6	0.01270452	0.00003125	0	0	0	Trevo
73	$a+b*D^3$	9	0.09988	0.000019	0	0	0	Mañío h.c.
74	$a+b*D^2$	1	0.114037	0.000864	0	0	0	Mañío h.c.
75	$a*D^2+b*D^2(c+d*H)$	10	4.1675	0.1303	-6.3217	0.8706	0	Notro
76	$a*D^2+b*D^2(c+d*H)$	10	4.1675	0.1303	-6.3217	0.8706	0	Proteacea
77	$a*D^2+b*D^2(c+d*H)$	10	4.1675	0.1303	-6.3217	0.8706	0	Meli
80	$\exp(a+b*D+c*H+d*D^2H)$	18	-5.731935	0.071195	0.186177	-0.000019	0	Mañío
83	$\exp(a)*(D^b)*(H^c)$	16	-9.049	1.95	0.749	0	0	Coigue
84	$a+b*D^2H$	6	-0.001846	0.000037	0	0	0	Coigue
85	$a+b*D^2H$	6	0.20904	0.000040358	0	0	0	Coigue

Tabla de Valores por conglomerado

Identificador Conglomerado	NHA/ha	DMC (cm)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen bruto (m ³ /ha)
1514	1005	12.4	12.11	37.39
1675	1242	18.0	31.69	151.82
1682	1381	6.6	4.66	18.94
1727	54	34.0	4.87	17.92
1840	813	19.6	24.63	131.07
1939	447	18.5	12.02	60.86
1991	2555	9.6	18.47	135.72
2042	996	20.2	31.88	194.71
2044	641	25.6	32.90	225.04
2095	1005	13.2	13.79	87.50
2148	576	18.8	16.03	77.50
2149	1032	12.6	12.86	63.60
2152	1595	12.9	20.97	84.02
2153	482	19.7	14.73	82.51
2201	904	9.5	6.34	21.47
2418	793	16.5	16.96	124.17
2436	176	24.9	8.58	30.37
2575	1951	7.9	9.59	41.43
2576	243	22.2	9.43	48.60
2595	2132	12.2	24.90	127.93
2736	1807	12.8	23.25	108.48
2737	2039	10.1	16.27	64.23
2861	2127	8.9	13.09	68.64
2893	168	36.7	17.77	138.15
2908	536	15.5	10.07	54.88
3108	217	24.5	10.23	42.35
3217	1060	9.1	6.86	367.03
3232	523	14.5	8.59	92.70
3233	197	14.0	3.02	9.75
3273	242	25.6	12.48	89.72
3281	264	16.6	5.74	29.06
3285	516	10.5	4.46	22.58
3286	128	37.2	13.92	172.68
3325	4060	5.6	10.05	89.24
3327	201	31.2	15.37	118.90
3333	380	10.3	3.18	12.21
3348	1237	12.4	15.02	81.37
3385	339	16.3	7.08	41.03
3448	149	38.6	17.41	92.51
3449	94	30.9	7.09	63.72
3488	244	15.5	4.60	23.95
3490	2217	6.8	8.06	50.25
3492	1598	7.5	7.05	65.87
3508	773	18.7	21.26	139.15
448	217	12.4	2.63	14.77
511	936	17.0	21.28	150.08
573	1013	7.6	4.61	15.96
630	1026	12.8	13.26	78.02
762	577	10.7	5.23	30.15
819	651	12.9	8.50	68.10
941	456	36.9	48.87	447.06

1250	1025	16.1	20.73	141.39
1314	996	15.6	18.93	147.51
1315	1655	16.3	34.75	255.62
1316	634	25.6	32.74	265.54
1317	2467	8.5	13.88	63.16
1380	1704	13.2	23.17	129.04
1442	1791	15.0	31.84	197.54
1502	712	16.7	15.62	120.49
1564	217	13.6	3.14	13.90
1629	1506	14.6	25.17	147.35

Tabla para Canelo por conglomerado

Identificador Conglomerado	NHA/ha	DMC (cm)	Área Basal (m ² /ha)	Volumen bruto (m ³ /ha)
1514	537	9.3	3.65	15.81
1675	1026	8.7	6.08	17.98
1682	850	6.8	3.11	0.00
1727	47	23.1	1.97	7.57
1840	170	19.3	4.96	30.61
1939	88	16.3	1.84	11.35
1991	128	19.8	3.93	24.51
2042	13	43.1	1.94	12.26
2044	331	25.2	16.45	114.38
2095	625	7.8	3.00	17.66
2148	162	20.5	5.36	27.20
2149	156	20.6	5.18	25.03
2152	1400	11.1	13.58	42.65
2153	60	25.1	3.00	17.09
2201	101	20.0	3.20	16.45
2418	428	6.9	1.60	1.61
2436	13	36.2	1.37	10.24
2575	829	8.0	4.22	23.86
2576	61	24.4	2.85	17.34
2595	101	28.0	6.23	41.69
2736	598	11.4	6.08	22.75
2737	1815	8.2	9.64	17.84
2861	54	25.7	2.78	15.85
2893	61	23.4	2.63	16.89
2908	217	14.4	3.53	17.08
3108	109	12.7	1.38	5.27
3217	299	7.8	1.44	9.45
3232	190	10.5	1.65	3.44
3233	109	13.9	1.65	7.99
3273	101	28.3	6.37	45.20
3281	40	23.2	1.72	10.08
3285	347	8.4	1.90	10.58
3286	20	35.5	1.98	17.13
3325	3530	3.4	3.23	54.52
3327	93	36.1	9.57	76.64
3333	244	10.0	1.93	8.97
3348	190	26.4	10.41	65.80
3385	231	17.2	5.35	32.50
3448	61	15.6	1.16	6.46

3449	34	24.4	1.58	21.62
3488	109	12.9	1.42	7.58
3490	2101	6.2	6.30	43.13
3492	320	5.6	0.79	5.99
3508	81	26.7	4.53	29.19
448	136	11.3	1.37	8.43
511	332	19.9	10.32	67.19
573	190	11.1	1.84	8.39
632	612	5.7	1.59	11.45
762	299	7.0	1.15	8.94
819	61	11.9	0.68	4.43
941	275	36.7	29.09	294.33
1250	502	18.9	14.01	108.42
1314	794	13.4	11.14	76.53
1315	1037	19.2	30.00	232.50
1316	337	23.2	14.25	108.24
1317	61	18.0	1.55	10.58
1380	1181	14.3	18.87	112.14
1442	569	19.3	16.59	117.35
1502	686	12.3	8.14	42.14
1564	136	15.4	2.52	11.63
1629	507	21.2	17.94	115.12

Funciones de Distribución de Densidad de Probabilidad

BETA :

$$f(x) = k * (x - Li)^A * (Ls - x)^B$$

WEIBULL

$$f(x) = (c/b) \left(\frac{x-a}{b} \right)^{(c-1)} * e^{-\left(\frac{x-a}{b} \right)^c}$$

JOHNSON

$$f(y) = \frac{\partial}{L * (2 * \pi)^{0.5}} * \frac{y}{1-y} * e^{-0.5 * z^c}$$

$$y = (x - E) / L$$

$$z = \gamma + \partial * \log \frac{y}{1-y}$$

Donde

x = variable aleatoria

k= constante de reducción de escalas

A,B = parámetros de la distribución

Li, Ls = Límite inferior y superior de la distribución

a= parámetro de posición

b = parámetro de