

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO MANEJO DE BOSQUE Y MEDIO AMBIENTE



FUNCIONES DE VOLUMEN INDIVIDUAL PARA QUILLAY
REGENERADO VEGETATIVAMENTE

Por

HERNAN RICARDO GODOY SAEZ

MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION – CHILE

2007

UNIVERSIDAD DE CONCEPCION
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO MANEJO DE BOSQUE Y MEDIO AMBIENTE

FUNCIONES DE VOLUMEN INDIVIDUAL PARA QUILLAY
REGENERADO VEGETATIVAMENTE

Por

HERNAN RICARDO GODOY SAEZ

MEMORIA PARA OPTAR
AL TITULO DE
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION – CHILE

2007

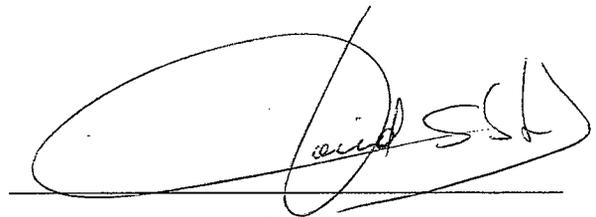
**FUNCIONES DE VOLUMEN INDIVIDUAL PARA QUILLAY
REGENERADO VEGETATIVAMENTE**

Profesor Guía



Jorge Cancino C.
Profesor Asociado
Ingeniero Forestal; Dr.

Profesor Guía



David González L.
Profesor Asistente
Ingeniero Forestal; Ph.D.

Calificación de la memoria de título:

Jorge Cancino C.: 6,2 puntos (seis coma dos puntos)

David González L.: 6,0 puntos (seis coma cero puntos)

Mis agradecimientos a:

Toda mi familia y amigos, y en particular a mi esposa Tania, que con su presión y paciencia lograron que esta memoria fuera una realidad. Además un especial agradecimiento a mi profesor guía doctor don Jorge Cancino, que con sus certeros consejos y voluntad, permitieron que llegara a terminar mi memoria. En general un agradecimiento a todas las personas que de alguna u otra manera aportaron para la realización de este proyecto.

INDICE DE MATERIAS

	CAPITULO	PAGINA
I	INTRODUCCION	1
II	MATERIALES Y METODO	
	2.1 Antecedentes generales de la especie	
	2.1.1 Origen y distribución	4
	2.1.2 Descripción de la especie	5
	2.2 Descripción del área de estudio	6
	2.2.1 Suelo	7
	2.2.2 Clima	7
	2.2.3 Vegetación	7
	2.3 Metodología	7
	2.3.1 Mediciones	8
	2.3.2 Cálculo de volúmenes	8
	2.3.3 Base de datos	10
	2.3.4 Ajuste de modelos	11
III	RESULTADOS Y DISCUSION	13
	3.1 Volumen de fuste con corteza	13
	3.2 Volumen de fuste sin corteza	15
	3.3 Volumen de corteza de fuste	17
	3.4 Volumen de ramas aprovechables	19
	3.5 Volumen total comercial	21
	3.6 Discusión	23
IV	CONCLUSIONES	25
V	RESUMEN	26

VI	ABSTRACT	27
VII	BIBLIOGRAFIA	28
	APENDICE	30

INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Superficie con Quillay por tipo de uso y nivel de dominancia.	5
2 Concentración de saponina en los distintos componentes del árbol.	6
3 Tabla de rodal de bosque de <i>Q. saponaria</i> en predio Porción N°2 RC N°2 El Labrador en la comuna de Casablanca y frecuencia de muestreo por clase de dap.	13
4 Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de fuste con corteza.	14
5 Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de fuste sin corteza.	16
6 Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de corteza de fuste.	18
7 Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de ramas.	20
8 Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen total.	22
9 Proporciones del volumen de los componentes del árbol en Quillay, obtenidos por diferentes autores.	24

En el Apéndice

1A Modelos ajustados	31
2A Muestra de árboles utilizada en el ajuste de funciones de volumen	32

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1 Gráfico de la relación entre el volumen total aprovechable (Volto) y el diámetro a la altura del tocón (dat) de los árboles muestra	11
2 Gráfico de la relación entre Volumen de fuste con corteza y $dat^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 20, Tabla 4).	15
3 Gráfico de la relación entre Volumen de fuste sin corteza y $dat^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 20, Tabla 5).	17
4 Gráfico de la relación entre Volumen de corteza de fuste y $dap^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 19, Tabla 6).	19
5 Gráfico de la relación entre Volumen de ramas y $dap^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 25, Tabla 7).	21
6 Gráfico de la relación entre Volumen total y $dap^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 19, Tabla 8).	23
<u>En el Apéndice</u>	
1A Plano predial	34

I INTRODUCCION

En nuestro país, el secano interior se caracteriza por presentar zonas agrológicas adversas. Las principales limitantes, para el desarrollo de la vegetación, corresponden a una precipitación escasa y concentrada en muy pocos meses del año, y suelos en estado avanzado de erosión por intervención antrópica. En estas zonas se concentra la mayor cantidad de comunas pobres del país.

En esta situación, donde la generación de ingresos proviene principalmente del aprovechamiento de la tierra, el Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) es uno de los árboles nativos de mayor potencialidad económica. Aunque esta es una especie que provee una variedad de productos como la madera, que se utiliza en implementos agrícolas, leña y carbón, y que también presenta cualidades melíferas, su principal característica es la alta concentración de extractos en sus tejidos, entre los que destacan las saponinas.

Las saponinas son tensoactivos naturales de gran demanda en el extranjero. Este agente se utiliza como espumante en bebidas y champú; además de ser emulsionante de grasas y aceites, se utiliza como revelador fotográfico y expectorante (Vita 1974, Cruz et al. 2000). Los extractos de Quillay son considerados GRAS (identificados como seguros) y están aprobados para consumo humano en EEUU, la Comunidad Europea y en las industrias de cosméticos y alimentación de Japón (Cruz et al. 2000).

El Quillay es una especie endémica de Chile. Se distribuye en la zona central del país entre Ovalle (IV Región) y Collipulli (IX Región).

El método tradicional de explotación del Quillay consiste en extraer la corteza de árboles de 30 a 50 años de edad. Desde 1880, entre 50 mil y 60 mil árboles se han cortado anualmente para satisfacer la demanda mundial, de alrededor de 1.000 toneladas de corteza. Toda la corteza ha sido exportada y procesada en el extranjero. Esto ha producido un daño ecológico y económico importante, observándose una creciente disminución de árboles de más de 30 años de edad. Actualmente, los bosques de quillay

están constituidos principalmente por renovales regenerados de tocones de árboles cosechados para aprovechar la corteza.

En la actualidad se aprovecha integralmente el árbol. Investigaciones realizadas desde 1995 por la Pontificia Universidad Católica de Chile han permitido el desarrollo de un nuevo proceso que utiliza también la madera (fuste y ramas) para la obtención de saponina. Esta nueva tecnología ha permitido bajar de 55.000 a 6.500 la cantidad requerida de árboles explotados por año, para obtener una misma cantidad de producto final. El proceso aumenta los niveles de aprovechamiento, evita la subutilización del recurso y contribuye a la conservación de la especie (Cruz et al 2000).

Las ramas, fuste, corteza y hojas del Quillay poseen contenidos de saponina bruta posibles de utilizarse industrialmente. En esto se destaca la biomasa del fuste, que concentra cerca del 70% de la biomasa total del árbol. Esto, por un lado, implica formas de manejo forestal más conservadoras. Así una parte importante de la materia prima industrial provendría del raleo y poda de los bosques de Quillay existentes y no exclusivamente de su cosecha para obtener sólo corteza. Las menores exigencias a la materia prima en cuanto a dimensiones y forma se traducirán en un mayor aprovechamiento de la biomasa total por hectárea (Cruz et al. 2000). Por otro lado, representa desafíos en cuanto a métodos adecuados para cuantificar la materia prima. Hoy se requieren métodos para estimar la biomasa o volumen de todos los componentes aéreos de los árboles (fuste, ramas, hojas).

Aunque desde los años ochenta se han desarrollado funciones de volumen que consideran todos los componentes del árbol, las poblaciones muestreadas difieren claramente de las poblaciones actuales. En ese entonces, los individuos eran primordialmente de monte alto, individuos que están disminuyendo sistemáticamente y son una proporción mínima dentro de lo que son actualmente los bosques de Quillay. En la actualidad, la gran mayoría provienen de regeneración de tocón.

Específicamente para la provincia de Valparaíso, no existen funciones locales de

volumen y las funciones generales de volumen no proporcionan estimaciones reales de los volúmenes existentes. Así, las empresas privadas o estatales, para su planificación de aprovechamiento o estudios científicos del Quillay, usan funciones que no corresponden a la zona, o funciones para ejemplares de monte alto en individuos de monte bajo, obteniendo resultados que no se ajustan a la realidad.

El objetivo de este estudio es desarrollar funciones de volumen aprovechable para la especie *Q. saponaria*, en bosques de regeneración vegetativa en la comuna de Casablanca. Específicamente interesa obtener una función de volumen comercial total, una función de volumen comercial de fuste con corteza y una función de volumen comercial de fuste sin corteza; también se busca obtener funciones de volumen comercial de ramas y de corteza.

II MATERIALES Y METODO

2.1 Antecedentes generales de la especie

2.1.1 Origen y distribución. El género *Quillaja* es originario de Sudamérica. La especie *Quillaja saponaria* Mol. es considerada endémica de Chile (Gallardo y Gastó 1987, Benedetti et al. 2000b); se le conoce comúnmente con el nombre de Quillay, que es la denominación indígena del árbol.

La especie se distribuye entre los 30°30' y los 38° de latitud sur, esto es desde Ovalle, en la IV Región de Coquimbo, a Collipulli en la IX Región de la Araucanía. Se le encuentra tanto en el valle central como en ambas cordilleras, desde el nivel del mar a los 1600 msnm, creciendo en un amplio espectro ambiental. Según Estévez (1994), es una especie adaptada para vivir en sitios pobres, secos y cálidos. Aunque crece bien en suelos degradados, con pendiente y asoleados, su mayor desarrollo lo alcanza en suelos profundos y planos.

En su distribución crece en condiciones climáticas diversas. Se adapta a climas secos y áridos, pero también se encuentra en lugares frescos y húmedos, con presencia de nieve y heladas (Rodríguez et al. 1983). En el extremo septentrional de su distribución (Ovalle), el clima se caracteriza por presentar 10 meses de sequía y 150 mm anuales de precipitación; en tanto que en el extremo meridional (Collipulli), presenta 3 meses de sequía y 1.500 mm anuales de precipitación (Estévez 1994).

En el territorio nacional, según Cruz y Palma (1997), la superficie total con Quillay alcanza a 1.475.842 ha, 25% de la cual se encuentra en la V Región y corresponde a niveles de baja dominancia. La mayor superficie de Quillay como especie dominante se encuentra en las regiones VI y Metropolitana. Según el uso de la tierra esta superficie corresponde en un 80 % a praderas y matorrales, en un 19,3% a bosque nativo y en mucho menor medida es posible encontrarlo en terrenos agrícolas, bosques mixtos y plantaciones. Por otro lado, según la densidad, en el 51% de la superficie total, el

Quillay se encuentra como especie presente, en el 33,4% como especie marginal y en el 15,6% como especie dominante (Tabla 1).

TABLA 1. Superficie con Quillay por tipo de uso y nivel de dominancia.

Usos	Superficie de Quillay por nivel de dominancia (ha)			Total (ha)
	Dominante	Presente	Marginal	
Bosque nativo	86.469,8	133.380,1	65.398,9	285.248,8
Bosque mixto	1.889,8	1.787,9	315,2	3.992,9
Plantación	0,0	444,4	74,6	519,0
Praderas y matorrales	142.245,7	616.827,5	422.948,5	1.182.021,7
Terrenos agrícolas	0,0	0,0	4.059,1	4.059,1
Total (ha)	230.605,3	752.439,9	492.796,3	1.475.841,5

Fuente: Cruz y Palma (1999)

2.1.2 Descripción de la especie. El Quillay pertenece a la familia Rosaceae, orden Rosales. Su follaje es siempreverde con hojas cortamente pecioladas, coriáceas, simples, oblongas, de color verde amarillento de borde liso con algunos dientes, estípulas caducas. Sus flores, hermafroditas, son blancas y aplanadas de 15 mm de longitud, solitarias o reunidas en corimbo terminales cortos; florece desde octubre a enero y son polinizadas por insectos. Los frutos son una cápsula formada por cinco folículos, que se mantienen secos y abiertos por mucho tiempo en el árbol. Las semillas son aladas y se dispersan por viento (Hoffmann 1998).

El Quillay se presenta como un árbol o arbusto, que alcanza entre 20 y 30 m de altura y 1,5 m de DAP, en las mejores condiciones de sitio. Su tronco es casi cilíndrico y se ramifica entre los 2 y 5 m del suelo con gran frondosidad. La corteza joven es lisa, de color pardo claro. En los ejemplares de mayor edad, la corteza se oscurece y en muchos casos adopta un color ceniciento y fisuras longitudinales. En general esta especie forma masas puras abiertas, constituyendo bosques de tipo parque. También crece junto a otras

especies forestales, tales como Litre (*Lithraea caustica* (Mol.) H. et A.), Peumo (*Cryptocaria alba* (Mol.) Looser), Espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.), Maitén (*Maytenus boaria* Mol.), Boldo (*Peumus boldus* Mol.) y otras (Vita 1974).

El Quillay es catalogado como una especie de lento crecimiento. Los incrementos en altura en etapas juveniles (5 a 25 años) son de 0,3 m/año, disminuyendo en edades más avanzadas (60 años) a 0,2 m/año. El desarrollo en diámetro fluctúa entre 0,4 a 0,6 cm/año durante toda la vida del individuo (Benedetti et al. 2000a).

La saponina, un alcaloide del tipo triterpeno, se presenta en distintas concentraciones, en los componentes del árbol (Tabla 2).

TABLA 2. Concentración de saponina en los distintos componentes del árbol.

Componente	Saponina (%)/componente	Biomasa (%)/árbol	Saponina Total (%)/árbol
Corteza	11,6	11	14,4
Fuste	8,8	68	63,6
Ramas	10,0	15	17,4
Hojas	6,1	6	4,6
Total		100	100,0

Fuente: Toral y Rosende (1986)

2.2 Descripción del área de estudio

Este estudio se realizó en el predio Porción N°2, Reserva Cora N°2 “El Labrador”, comuna de Casablanca, provincia de Valparaíso, V Región de Valparaíso. Se encuentra en la Cordillera de la Costa, y su ubicación en coordenadas UTM es 6321670 norte y 273400 este. El predio, propiedad de la señora Lidia Marín Zúñiga, tiene una superficie total de 212 ha (ver figura 1A en el Apéndice). El rodal en estudio tiene 36 ha y está ubicado en una posición de cerros, con pendientes entre un 15% y 50%, susceptibles a erosionarse y una exposición suroeste predominante.

2.2.1 Suelo. El suelo pertenece a la serie de suelos Lo Vásquez, que se caracterizan por ser evolucionados derivados de rocas graníticas, moderadamente profundos, de color pardo rojizo y textura franco arcillo arenosa en la superficie, arcillosa en profundidad, con una leve presencia de casquijos de cuarzo. Los materiales presentan una estructura de bloques en los primeros 50 cm y en profundidad no presentan estructuras. El sustrato está compuesto de rocas graníticas descompuestas (CIREN 1997).

2.2.2 Clima. Clima Templado Cálido con Lluvias Invernales y Estación Seca Prolongada (7 a 8 meses). La temperatura media es del orden de 15° C, con promedios de mínimas de 9° C y máximas de 22° C. Las precipitaciones se concentran en invierno, teniendo un promedio anual de 550 mm; las precipitaciones son anormales, mostrando una gran diferencia entre años lluviosos y años con sequía. Los inviernos más lluviosos pueden precipitar hasta 10 veces más que en los inviernos con sequía. Contrastes similares pueden encontrarse a lo largo de un mismo año, pues las precipitaciones pueden concentrarse en periodos de dos a tres semanas, dejando el resto de la estación con déficit (Dirección Meteorológica de Chile 2005).

2.2.3 Vegetación. La vegetación corresponde al tipo forestal esclerófilo, con el Quillay y el Espino como especies dominantes. Presenta una fisonomía heterogénea que va desde estructuras de matorral hasta aquellas de bosque, pero siempre con una densidad baja en la estrata arbórea.

2.3 Metodología

Se realizó una caracterización del rodal, a partir de un muestreo aleatorio simple, con 10 parcelas circulares de 1000 m².

Los volúmenes totales aprovechables y el de componentes como el fuste, ramas y corteza, se obtuvo mediante muestreo destructivo, volteando árboles para su medición. La selección de la muestra fue totalmente al azar, midiéndose 58 árboles.

2.3.1 Mediciones. A los árboles seleccionados, en pie se les midió el dap (diámetro de fuste medido a 1,3 m desde el suelo) y dat (diámetro de tocón medido a 0,3 m desde el suelo). Ambas mediciones se realizaron con forcípula graduada en milímetros. Una vez volteados los árboles se desramaron dejando sólo la fracción aprovechable, incluyendo ramas cuando correspondía.

VARIABLES MEDIDAS:

- Altura total del árbol (h). Medido desde la base del fuste hasta el ápice (antes de desramar) y sumándole la altura de tocón.
- Largo total del fuste. Medido desde la base del fuste hasta el extremo aprovechable más lejano, siguiendo la forma del fuste.
- Diámetro del fuste con corteza^(*). Mediciones en el fuste con forcípula en dirección perpendicular al suelo, cada 50 cm en el primer metro de longitud y luego cada 1 m, hasta el extremo aprovechable.
- Número de ramas (nr). Cantidad de ramas de diámetro basal mayor a 4 cm.
- Largo de rama. Medido desde la base de la rama hasta el extremo aprovechable.
- Diámetro de rama. Medido en la base de la rama y cada 1 m o en el extremo si la longitud es menor a 1 m.
- Diámetro del fuste sin corteza^(*). Mediciones en el fuste con forcípula en dirección perpendicular al suelo, en el mismo punto donde se midió el diámetro con corteza posterior al descortezado, cuando correspondía.

La medición de longitudes se realizó con huincha de fibra, aproximada al centímetro inferior, en tanto que los diámetros se midieron con forcípula graduada al milímetro, y hasta un diámetro límite de utilización (DLU) de 3 cm.

2.3.2 Cálculo de volúmenes. El cálculo de volumen de cada sección definida entre dos mediciones sucesivas se realizó mediante la fórmula de Smalian:

^(*) En 31 árboles se midieron diámetros con y sin corteza.

$$V = L \cdot \frac{(Ab + As)}{2}$$

donde:

V : es el volumen de la sección (m^3).

Ab : es el área del extremo mayor de la sección (m^2).

As : es el área del extremo menor de la sección (m^2).

L : es el largo de la sección (m).

El volumen de fuste con corteza, volumen de fuste sin corteza y volumen de ramas se calculó mediante la sumatoria del volumen de cada sección.

$$Vol = \sum_{i=1}^{nt} V_i$$

donde:

Vol : es el volumen del componente (m^3).

V_i : es el volumen de la i -ésima sección (m^3).

nt : es el número de secciones del componente del árbol.

El volumen total de ramas aprovechables del árbol se obtuvo sumando los volúmenes individuales de ramas del ejemplar.

$$V_{totra} = \sum_{i=1}^{nr} V_{tra_i}$$

donde:

V_{totra} : es el volumen total de ramas del árbol (m^3).

V_{tra_i} : es el volumen de la rama i (m^3).

nr : es el número de ramas en el árbol.

El volumen de corteza del fuste se obtuvo de la diferencia entre el volumen con corteza y el volumen sin corteza.

$$Volco_i = Volfc_i - Volfs_i$$

donde:

$Volco_i$: es el volumen de corteza del fuste del árbol i (m^3).

$Volfc_i$: es el volumen de fuste con corteza del árbol i (m^3).

$Volfs_i$: es el volumen de fuste sin corteza del árbol i (m^3).

El volumen total aprovechable corresponde a la suma del volumen de fuste con corteza y volumen de ramas.

$$Volto_i = Volfc_i + Voltotra_i$$

donde:

$Volto_i$: es el volumen total con corteza aprovechable del árbol i (m^3).

$Volfc_i$: es el volumen de fuste con corteza del árbol i (m^3).

$Voltotra_i$: es el volumen total de ramas con corteza del árbol i (m^3).

2.3.3. Base de Datos. A partir de los volúmenes totales de fuste con y sin corteza, corteza, ramas y además de las variables dasométricas medidas a cada ejemplar, se obtuvo la base de datos que se procedió a tabular (ver Tabla 2A en el Apéndice) y después graficar. En la graficación se observó que en donde se incluye la variable diámetro de tocón (dat) existe un punto que se encuentra totalmente fuera de la tendencia (ver Figura 1). Este es el árbol con dat de 60 cm, el que se descartó de los análisis posteriores.

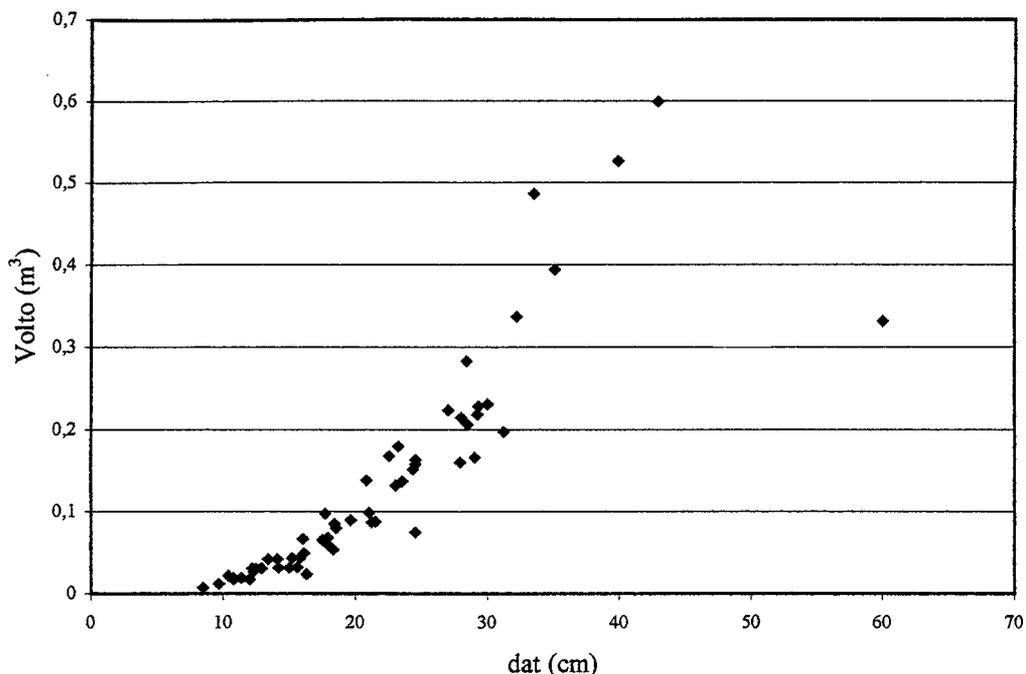


FIGURA 1. Gráfico de la relación entre el volumen total aprovechable (Volto) y el diámetro a la altura del tocón (dat) de los árboles muestra.

2.3.4. Ajuste de Modelos. Se probaron modelos de regresión de acuerdo a lo observado en las gráficas. En el análisis se incluyó tanto modelos lineales como no lineales, usando como variables predictoras el dap, dat, altura total y combinaciones de éstas (ver Tabla 1A). En el volumen de ramas, además se incluyó el número de ramas (nr) como predictor en combinación con el dap o el dat (ver Tabla 1A). El ajuste de modelos se realizó mediante el software estadístico SAS. El ajuste lineal se realizó mediante el procedimiento REG, en tanto que en el ajuste no lineal se utilizó el procedimiento NLIN.

La comparación de modelos se realizó mediante el índice de Akaike (AIC), el cual es útil para la selección de modelos que varían en el número de parámetros; cuando modelos se ajustan relativamente igual a la información existente, este criterio conducirá a la selección del modelo más simple (Cancino 2006). También se observó el error estándar de estimación (eee) (Parresol 1999, Parresol 2001).

$$AIC = n \cdot \ln\left(\frac{sce}{n}\right) + 2 \cdot p$$

$$eee = \sqrt{\frac{sce}{(n-p)}}$$

donde:

ln: es el logaritmo natural,

sce: es la suma de los cuadrados de los desvíos (error),

n: es el tamaño de la muestra,

p: es el número de parámetros en el modelo.

III RESULTADOS Y DISCUSION

El rodal, en el momento del muestreo, presentó una densidad de 632 árb/ha, de los cuales 278 árb/ha corresponden a Quillay. El diámetro (dap) medio del rodal era 10,8 cm y el del Quillay 13,6 cm, el área basal del rodal y Quillay, respectivamente, ascendía a 7,28 m²/ha y 4,95 m²/ha (ver Tabla 3); las alturas fluctuaron entre 2 y 13 m. El Quillay presentó un promedio de 4,2 retoños por tocón.

TABLA 3. Tabla de rodal de bosque de *Q. saponaria* en predio Porción N°2 RC N°2 El Labrador en la comuna de Casablanca y frecuencia de muestreo por clase de dap.

Clase de dap(cm)	N° árb/ha	G (m ² /ha)	Frecuencia muestral	
			Total	Mediciones sin corteza
7,5	100	0,44	8	7
12,5	78	0,96	20	7
17,5	60	1,44	7	4
22,5	22	0,87	14	7
27,5	14	0,83	3	3
32,5	2	0,17	3	2
37,5	2	0,22	2	1
Total	278,0	4,95	57	31

3.1 Volumen de fuste con corteza

El mejor modelo para estimar el volumen fustal con corteza fue el que incluye “ $dat^2 \cdot h$ ” como variable independiente. Es el modelo que presentó el menor índice de Akaike y menor error estándar de estimación (ver Tabla 4, Figura 2). En general, los modelos basados en el diámetro de tocón fueron más precisos que los basados en el dap; los modelos que incluyeron la altura, excepto los exponenciales, fueron más precisos que los modelos que no la incluyeron.

TABLA 4. Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de fuste con corteza.

Nº	Modelo	AIC	eee
1	$Volfc = -0,08694 + 0,01080 \cdot dap$	-410,7913	0,0267
2	$Volfc = 0,00641 + 0,00026293 \cdot dap^2$	-425,9490	0,0234
3	$Volfc = -0,01944 + 0,002884 \cdot dap + 0,00019530 \cdot dap^2$	-426,5162	0,0231
4	$Volfc = 0,00229 + 0,00028666 \cdot dap^2 - 1,92861E-8 \cdot (dap^2)^2$	-424,7090	0,0235
5	$Volfc = 0,02808 + 0,00002191 \cdot dap^2 \cdot h$	-449,0133	0,0191
6	$Volfc = 0,01861 + 0,00002815 \cdot dap^2 \cdot h - 4,3667E-10 \cdot (dap^2 \cdot h)^2$	-462,9323	0,0168
7	$Volfc = -0,11113 + 0,01021 \cdot dat$	-408,9270	0,0272
8	$Volfc = -0,00836 + 0,00022083 \cdot dat^2$	-442,3469	0,0203
9	$Volfc = 0,00026925 - 0,00082034 \cdot dat + 0,00023781 \cdot dat^2$	-440,5738	0,0204
10	$Volfc = -0,00433 + 0,00020388 \cdot dat^2 + 1,120876E-8 \cdot (dat^2)^2$	-441,1069	0,0203
11	$Volfc = 0,01963 + 0,00001809 \cdot dat^2 \cdot h$	-483,3607	0,0142
12	$Volfc = 0,01357 + 0,00002104 \cdot dat^2 \cdot h - 1,7006E-10 \cdot (dat^2 \cdot h)^2$	-491,2693	0,0131
13	$Volfc = 0,000448 \cdot (dap)^{1,8511}$	-427,6735	0,0231
14	$Volfc = 0,000124 \cdot (dat)^{2,1538}$	-442,7256	0,0202
15	$Volfc = 0,0228 \cdot e^{0,0763 \cdot dap}$	-405,5431	0,0280
16	$Volfc = 0,0177 \cdot e^{0,0755 \cdot dat}$	-418,3613	0,0250
17	$Volfc = 0,000448 \cdot (dap^2)^{0,9255}$	-427,6735	0,0231
18	$Volfc = 0,000124 \cdot (dat^2)^{1,0769}$	-442,7256	0,0202
19	$Volfc = 0,000325 \cdot (dap^2 \cdot h)^{0,7216}$	-479,5143	0,0146
20	$Volfc = 0,000124 \cdot (dat^2 \cdot h)^{0,8058}$	-500,0522	0,0122
21	$Volfc = 0,0551 \cdot e^{0,00143 \cdot dap^2}$	-372,0099	0,0376
22	$Volfc = 0,0500 \cdot e^{0,00123 \cdot dat^2}$	-380,2738	0,0350
23	$Volfc = 0,0647 \cdot e^{0,000110 \cdot dap^2 \cdot h}$	-368,8000	0,0387
24	$Volfc = 0,0616 \cdot e^{0,000092 \cdot dat^2 \cdot h}$	-375,4838	0,0366

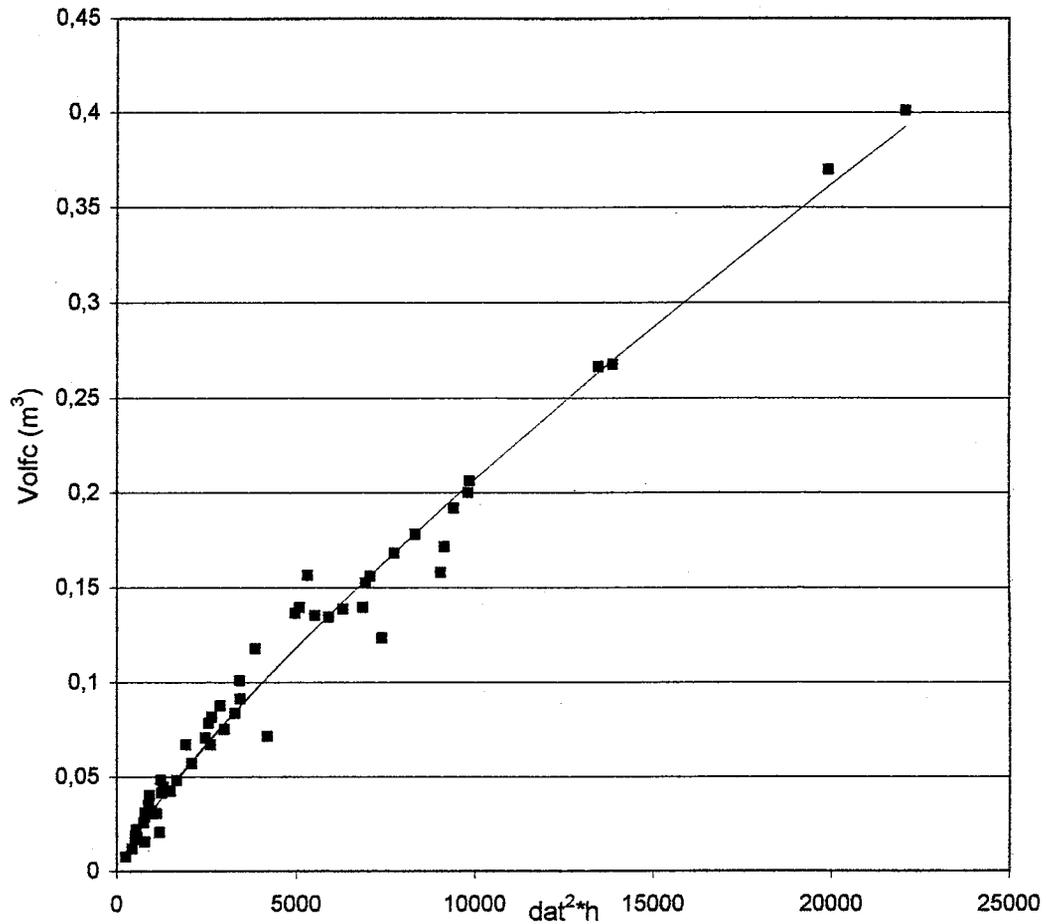


FIGURA 2. Gráfico de la relación entre Volumen de fuste con corteza y $dat^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 20, Tabla 4).

3.2 Volumen de fuste sin corteza

Al igual que en el volumen de fuste con corteza, el mejor modelo para estimar el volumen fustal sin corteza fue el que incluye " $dat^2 \cdot h$ " como variable independiente. Es el modelo que presenta el menor índice de Akaike y menor error estándar de estimación (ver Tabla 5, Figura 3). En general, los modelos basados en el diámetro de tocón fueron más precisos que los basados en el dap. Los modelos que incluyeron la altura, excepto los exponenciales, fueron más precisos que los modelos que no la incluyeron.

TABLA 5. Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de fuste sin corteza.

Nº	Modelo	AIC	eee
1	$Volfs = -0,05895 + 0,00786 \cdot dap$	-233,5887	0,0224
2	$Volfs = 0,00468 + 0,00019576 \cdot dap^2$	-249,2119	0,0174
3	$Volfs = -0,00293 + 0,00089269 \cdot dap + 0,00017455 \cdot dap^2$	-247,5310	0,0176
4	$Volfs = 0,00455 + 0,00019655 \cdot dap^2 - 6,3836E-10 \cdot (dap^2)^2$	-247,2120	0,0177
5	$Volfs = 0,02152 + 0,00001635 \cdot dap^2 \cdot h$	-255,0550	0,0158
6	$Volfs = 0,01603 + 0,00002013 \cdot dap^2 \cdot h - 2,6034E-10 \cdot (dap^2 \cdot h)^2$	-258,5371	0,0148
7	$Volfs = -0,07738 + 0,00746 \cdot dat$	-228,7644	0,0242
8	$Volfs = -0,00646 + 0,00016501 \cdot dat^2$	-251,0649	0,0169
9	$Volfs = 0,01305 - 0,00193 \cdot dat + 0,00020561 \cdot dat^2$	-250,4821	0,0168
10	$Volfs = -0,00093238 + 0,00014075 \cdot dat^2 + 1,602513E-8 \cdot (dat^2)^2$	-250,7576	0,0167
11	$Volfs = 0,01489 + 0,00001370 \cdot dat^2 \cdot h$	-268,1613	0,0128
12	$Volfs = 0,01170 + 0,00001533 \cdot dat^2 \cdot h - 9,3168E-11 \cdot (dat^2 \cdot h)^2$	-268,4536	0,0126
13	$Volfs = 0,000303 \cdot (dap)^{1,8803}$	-249,3888	0,0174
14	$Volfs = 0,000076 \cdot (dat)^{2,2118}$	-252,5610	0,0165
15	$Volfs = 0,0172 \cdot e^{0,0758 \cdot dap}$	-237,8044	0,0209
16	$Volfs = 0,0133 \cdot e^{0,0752 \cdot dat}$	-240,3468	0,0201
17	$Volfs = 0,000303 \cdot (dap^2)^{0,9402}$	-249,5310	0,0173
18	$Volfs = 0,000076 \cdot (dat^2)^{1,1059}$	-252,5605	0,0165
19	$Volfs = 0,000272 \cdot (dap^2 \cdot h)^{0,7106}$	-267,6457	0,0129
20	$Volfs = 0,000094 \cdot (dat^2 \cdot h)^{0,8054}$	-272,1064	0,0120
21	$Volfs = 0,0420 \cdot e^{0,00139 \cdot dap^2}$	-216,1950	0,0297
22	$Volfs = 0,0383 \cdot e^{0,00120 \cdot dat^2}$	-218,2038	0,0287
23	$Volfs = 0,0496 \cdot e^{0,000107 \cdot dap^2 \cdot h}$	-212,4224	0,0315
24	$Volfs = 0,0474 \cdot e^{0,000091 \cdot dat^2 \cdot h}$	-214,7694	0,0303

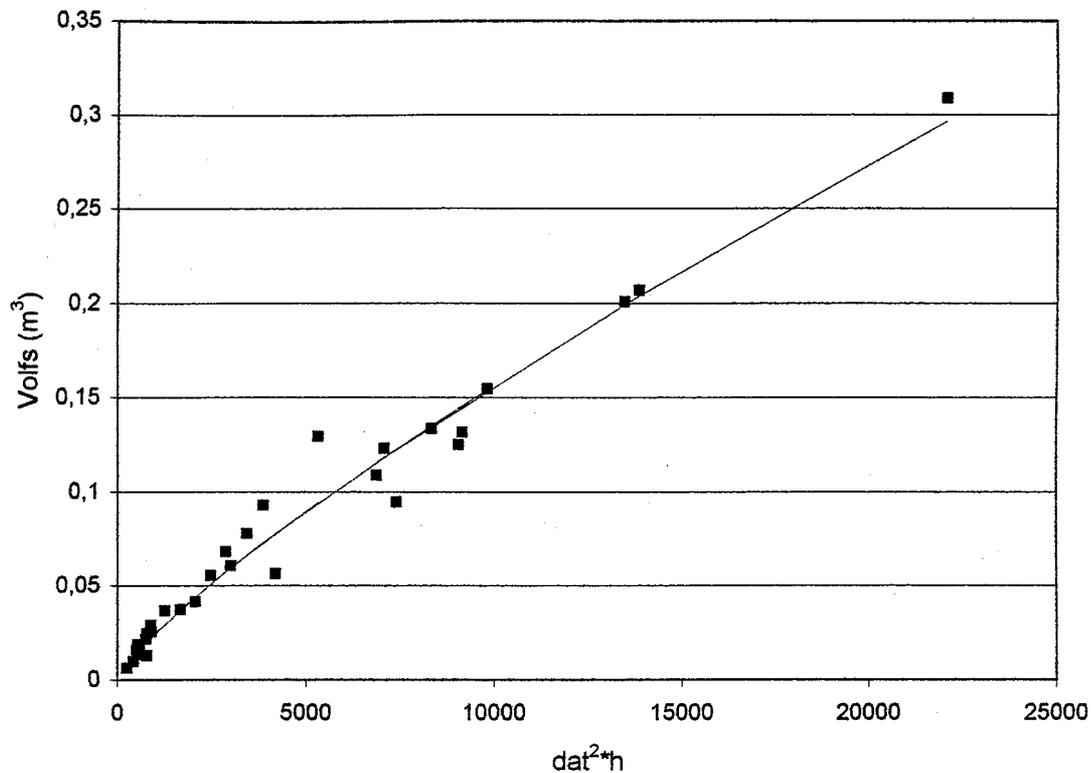


FIGURA 3. Gráfico de la relación entre Volumen de fuste sin corteza y $dat^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 20, Tabla 5).

3.3 Volumen de corteza de fuste

El mejor modelo para estimar el volumen de corteza de fuste fue el que incluye " $dap^2 \cdot h$ " como variable independiente. Es el modelo que presentó el menor índice de Akaike y menor error estándar de estimación (ver Tabla 6, Figura 4). En general, los modelos basados en el dap fueron más precisos que los basados en el diámetro de tocón. Los modelos que incluyeron la altura en general fueron más precisos que aquellos que no la incluyeron.

TABLA 6. Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de corteza de fuste.

Nº	Modelo	AIC	eee
1	$Volco = -0,02125 + 0,00246 \cdot dap$	-307,9874	0,0067
2	$Volco = -0,00143 + 0,00006159 \cdot dap^2$	-331,2784	0,0046
3	$Volco = -0,00193 + 0,00005922 \cdot dap + 0,00006019 \cdot dap^2$	-329,2983	0,0047
4	$Volco = -0,00144 + 0,00006164 \cdot dap^2 - 4,0508E-11 \cdot (dap^2)^2$	-329,2784	0,0047
5	$Volco = 0,00388 + 0,00000514 \cdot dap^2 \cdot h$	-338,6914	0,0041
6	$Volco = 0,00215 + 0,00000634 \cdot dap^2 \cdot h - 8,2296E-11 \cdot (dap^2 \cdot h)^2$	-345,2412	0,0036
7	$Volco = -0,02679 + 0,00232 \cdot dat$	-300,5114	0,0076
8	$Volco = -0,00474 + 0,00005155 \cdot dat^2$	-324,6384	0,0052
9	$Volco = 0,00270 - 0,00073750 \cdot dat + 0,00006704 \cdot dat^2$	-324,8777	0,0051
10	$Volco = -0,00307 + 0,00004420 \cdot dat^2 + 4,859448E-9 \cdot (dat^2)^2$	-324,3216	0,0051
11	$Volco = 0,00191 + 0,00000428 \cdot dat^2 \cdot h$	-344,0556	0,0038
12	$Volco = 0,00090819 + 0,00000480 \cdot dat^2 \cdot h - 2,9433E-11 \cdot (dat^2 \cdot h)^2$	-344,7265	0,0037
13	$Volco = 0,000044 \cdot (dap)^{2,0909}$	-330,7209	0,0047
14	$Volco = 0,000011 \cdot (dat)^{2,4199}$	-326,1384	0,0050
15	$Volco = 0,00425 \cdot e^{0,0815 \cdot dap}$	-310,6848	0,0065
16	$Volco = 0,00329 \cdot e^{0,0802 \cdot dat}$	-308,2232	0,0067
17	$Volco = 0,000044 \cdot (dap^2)^{1,0454}$	-330,7209	0,0047
18	$Volco = 0,000011 \cdot (dat^2)^{1,2100}$	-326,1384	0,0050
19	$Volco = 0,000037 \cdot (dap^2 \cdot h)^{0,7958}$	-353,2022	0,0033
20	$Volco = 0,000012 \cdot (dat^2 \cdot h)^{0,8939}$	-347,8376	0,0035
21	$Volco = 0,0113 \cdot e^{0,00148 \cdot dap^2}$	-287,2125	0,0094
22	$Volco = 0,0103 \cdot e^{0,00127 \cdot dat^2}$	-282,9531	0,0101
23	$Volco = 0,0134 \cdot e^{0,000114 \cdot dap^2 \cdot h}$	-283,5880	0,0100
24	$Volco = 0,0129 \cdot e^{0,000096 \cdot dat^2 \cdot h}$	-284,2361	0,0099

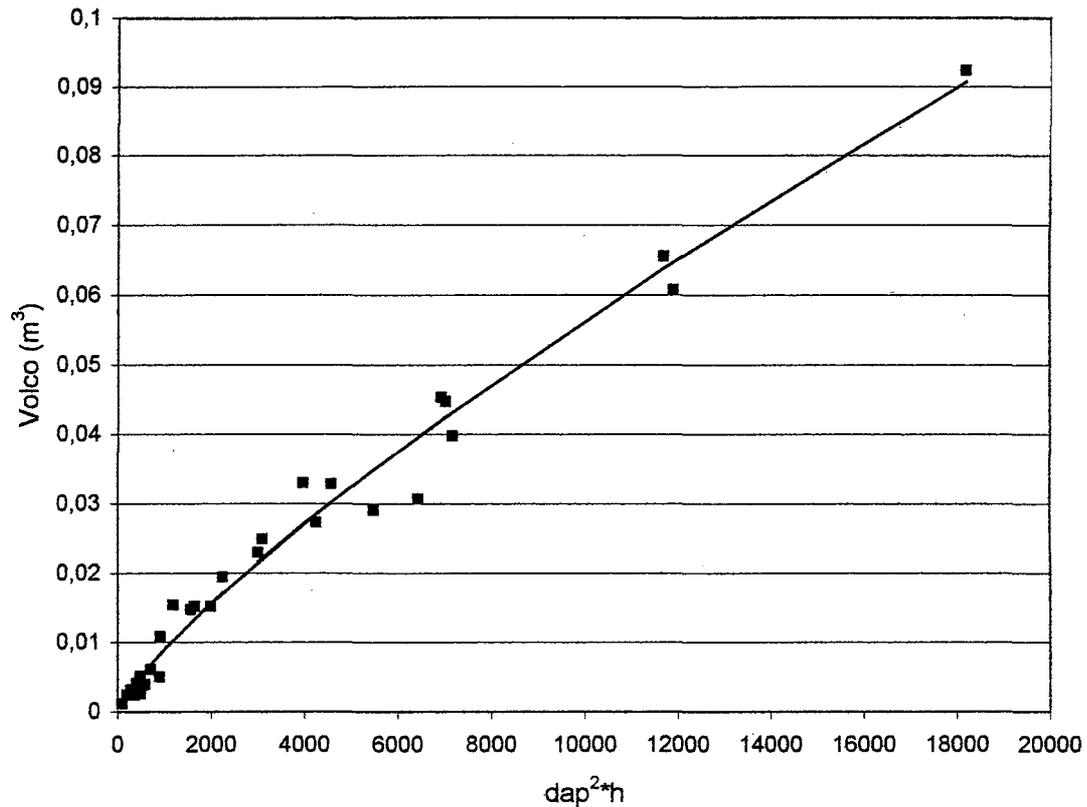


FIGURA 4. Gráfico de la relación entre Volumen de corteza de fuste y $dap^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 19, Tabla 6).

3.4 Volumen de ramas aprovechables

El mejor modelo para estimar el volumen de ramas aprovechable fue el que incluye " $dap^2 \cdot nr$ " como variable independiente. Es el modelo que presentó el menor índice de Akaike y menor error estándar de estimación (ver Tabla 7, Figura 5). En general, los modelos basados en el dap fueron más precisos que los basados en el diámetro de tocón, y los que no incluyeron la altura fueron más precisos que los que la incluyeron. Los modelos que incluyeron el número de ramas en general fueron más precisos que aquellos que no la incluyeron.

TABLA 7. Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen de ramas.

Nº	Modelo	AIC	eee
1	$Voltotra = -0,07900 + 0,00585 \cdot dap$	-326,7375	0,0281
2	$Voltotra = -0,02375 + 0,00013595 \cdot dap^2$	-335,4089	0,0256
3	$Voltotra = 0,00150 - 0,00253 \cdot dap + 0,00019159 \cdot dap^2$	-334,3471	0,0256
4	$Voltotra = -0,02547 + 0,00014419 \cdot dap^2 - 6,25196E-9 \cdot (dap^2)^2$	-333,4730	0,0258
5	$Voltotra = -0,00856 + 0,00001061 \cdot dap^2 \cdot h$	-328,9653	0,0274
6	$Voltotra = -0,01319 + 0,0000131 \cdot dap^2 \cdot h - 1,6574E-10 \cdot (dap^2 \cdot h)^2$	-327,8364	0,0275
7	$Voltotra = -0,08498 + 0,00519 \cdot dat$	-312,9735	0,0326
8	$Voltotra = -0,02786 + 0,00010647 \cdot dat^2$	-318,5589	0,0307
9	$Voltotra = 0,01065 - 0,00331 \cdot dat + 0,00017071 \cdot dat^2$	-317,5916	0,0307
10	$Voltotra = -0,02539 + 0,00009785 \cdot dat^2 + 5,274569E-9 \cdot (dat^2)^2$	-316,6144	0,0310
11	$Voltotra = -0,01017 + 0,00000817 \cdot dat^2 \cdot h$	-316,2005	0,0315
12	$Voltotra = -0,01193 + 0,00000887 \cdot dat^2 \cdot h - 3,8001E-11 \cdot (dat^2 \cdot h)^2$	-314,2744	0,0318
13	$Voltotra = 6,137E-6 \cdot (dap)^{2,8310}$	-332,0595	0,0265
14	$Voltotra = 1,902E-6 \cdot (dat)^{3,0548}$	-316,7522	0,0313
15	$Voltotra = 0,00413 \cdot e^{0,0999 \cdot dap}$	-321,7056	0,0297
16	$Voltotra = 0,00326 \cdot e^{0,0947 \cdot dat}$	-310,6631	0,0334
17	$Voltotra = 6,137E-6 \cdot (dap^2)^{4,155}$	-332,0595	0,0265
18	$Voltotra = 1,902E-6 \cdot (dat^2)^{1,5274}$	-316,7522	0,0313
19	$Voltotra = 2,962E-6 \cdot (dap^2 \cdot h)^{1,1267}$	-327,7972	0,0278
20	$Voltotra = 1,202E-6 \cdot (dat^2 \cdot h)^{1,1891}$	-315,5929	0,0317
21	$Voltotra = 0,0154 \cdot e^{0,00170 \cdot dap^2}$	-311,0387	0,0333
22	$Voltotra = 0,0137 \cdot e^{0,00143 \cdot dat^2}$	-303,9747	0,0360
23	$Voltotra = 0,0188 \cdot e^{0,000129 \cdot dap^2 \cdot h}$	-307,5019	0,0346
24	$Voltotra = 0,0176 \cdot e^{0,000107 \cdot dat^2 \cdot h}$	-302,4637	0,0366
25	$Voltotra = -0,00168 + 0,00001966 \cdot dap^2 \cdot nr$	-357,1477	0,0202
26	$Voltotra = -0,0049 + 0,0000247 \cdot dap^2 \cdot nr - 6,666E-10 \cdot (dap^2 \cdot nr)^2$	-356,5825	0,0201
27	$Voltotra = -0,00365 + 0,00001591 \cdot dat^2 \cdot nr$	-343,8566	0,0233
28	$Voltotra = -0,0046 + 0,0000171 \cdot dat^2 \cdot nr + -1,3E-10 \cdot (dat^2 \cdot nr)^2$	-341,9529	0,0236

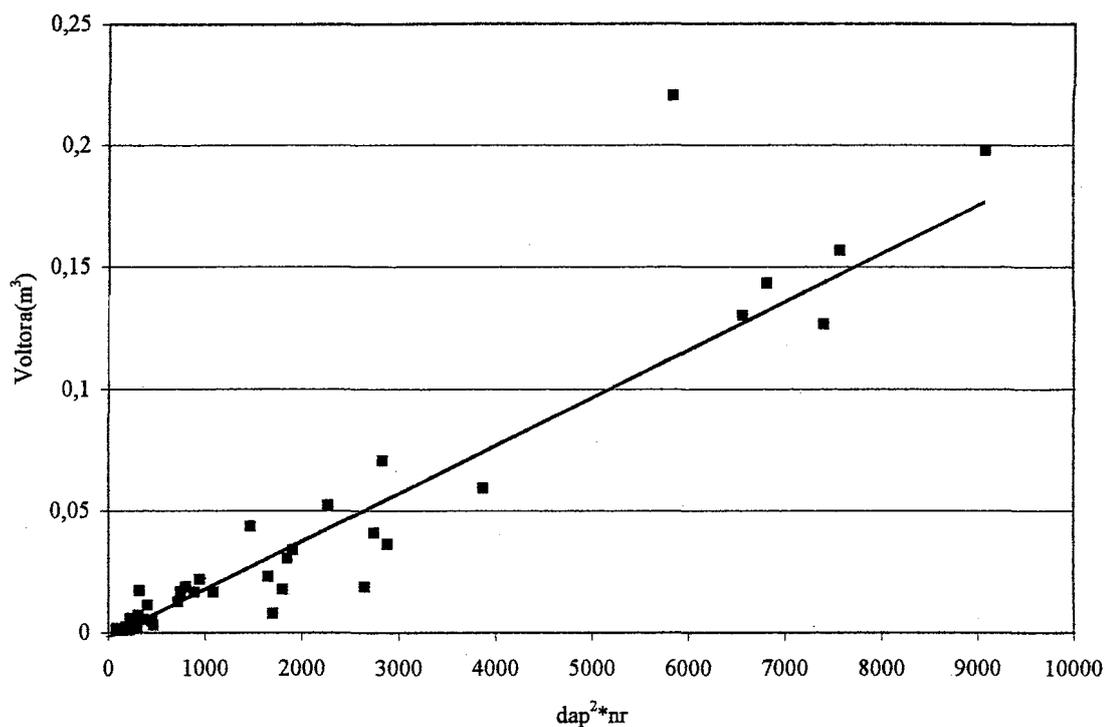


FIGURA 5. Gráfico de la relación entre Volumen de ramas y $dap^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 25, Tabla 7).

3.5 Volumen total comercial

El mejor modelo para estimar el volumen total comercial fue el de potencia que incluye “ $dap^2 \cdot h$ ” como variable independiente. Es el modelo que presentó el menor índice de Akaike y el segundo menor error estándar de estimación (ver Tabla 8, Figura 6). En general, los modelos basados en el dap fueron más precisos que los basados en el diámetro de tocón. Los modelos que incluyeron la altura, excepto los modelos exponenciales, fueron más precisos que los que no la incluyeron.

TABLA 8. Índice de Akaike (AIC) y error estándar de estimación (eee), para los modelos procesados de volumen total.

Nº	Modelo	AIC	eee
1	$Volto = -0,14858 + 0,01591 \cdot dap$	-366,8443	0,0394
2	$Volto = -0,01311 + 0,00039283 \cdot dap^2$	-408,8290	0,0272
3	$Volto = -0,00993 - 0,00035474 \cdot dap + 0,00040114 \cdot dap^2$	-406,8570	0,0275
4	$Volto = -0,01521 + 0,00040491 \cdot dap^2 - 9,81801E-9 \cdot (dap^2)^2$	-406,9830	0,0274
5	$Volto = 0,02036 + 0,00003240 \cdot dap^2 \cdot h$	-415,4938	0,0257
6	$Volto = 0,00836 + 0,00004030 \cdot dap^2 \cdot h - 5,5328E-10 \cdot (dap^2 \cdot h)^2$	-427,4317	0,0229
7	$Volto = -0,17745 + 0,01471 \cdot dat$	-345,9339	0,0473
8	$Volto = -0,03091 + 0,00032120 \cdot dat^2$	-378,3093	0,0356
9	$Volto = 0,01907 - 0,00475 \cdot dat + 0,00041952 \cdot dat^2$	-379,0155	0,0351
10	$Volto = -0,02149 + 0,00028165 \cdot dat^2 + 2,61592E-8 \cdot (dat^2)^2$	-377,6589	0,0355
11	$Volto = 0,01060 + 0,00002614 \cdot dat^2 \cdot h$	-390,2342	0,0321
12	$Volto = 0,00408 + 0,00002931 \cdot dat^2 \cdot h - 1,828E-10 \cdot (dat^2 \cdot h)^2$	-390,3299	0,0318
13	$Volto = 0,000230 \cdot (dap)^{2,1447}$	-407,2847	0,0276
14	$Volto = 0,000066 \cdot (dat)^{2,4248}$	-379,7679	0,0351
15	$Volto = 0,0246 \cdot e^{0,0842 \cdot dap}$	-368,1849	0,0389
16	$Volto = 0,0194 \cdot e^{0,0818 \cdot dat}$	-354,9745	0,0437
17	$Volto = 0,000230 \cdot (dap^2)^{1,0723}$	-407,2847	0,0276
18	$Volto = 0,000066 \cdot (dat^2)^{1,2124}$	-379,7679	0,0351
19	$Volto = 0,000156 \cdot (dap^2 \cdot h)^{0,8370}$	-427,6735	0,0231
20	$Volto = 0,000061 \cdot (dat^2 \cdot h)^{0,9144}$	-391,7780	0,0316
21	$Volto = 0,0672 \cdot e^{0,00153 \cdot dap^2}$	-327,5897	0,0555
22	$Volto = 0,0611 \cdot e^{0,00131 \cdot dat^2}$	-323,4425	0,0576
23	$Volto = 0,0799 \cdot e^{0,000117 \cdot dap^2 \cdot h}$	-320,2522	0,0592
24	$Volto = 0,0760 \cdot e^{0,000098 \cdot dat^2 \cdot h}$	-317,8792	0,0605

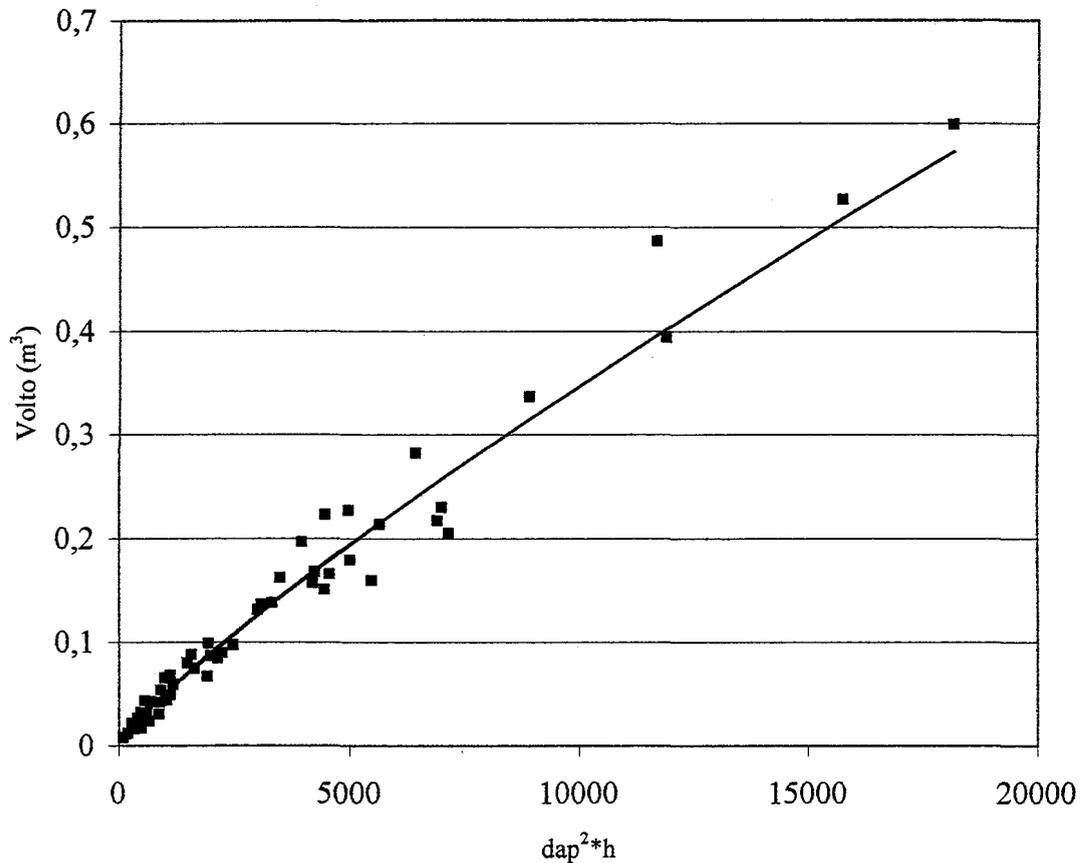


FIGURA 6. Gráfico de la relación entre Volumen total y $dap^2 \cdot h$, valores observados (puntos) y valores estimados (línea) por la función seleccionada (función 19, Tabla 8).

3.6 Discusión

El dat fue mejor predictor del volumen fustal que el dap . Esto pudo deberse a que el dat es mejor predictor de la altura total aprovechable del fuste y por consiguiente para el volumen. Hay que destacar que el dat es más fácil de medir que el dap , ya que a la altura del dap en renovales está más denso el follaje, complicando acceder al fuste, no así a la altura del tocón.

Las proporciones de volumen de los componentes del árbol fueron consistentes con resultados obtenidos en otros estudios (ver Tabla 9). Las diferencias que existen se deben en gran medida a que en este estudio no se consideró las hojas ni las ramas que no son aprovechables.

TABLA 9. Proporciones del volumen (*) de los componentes del árbol en Quillay, obtenidos por diferentes autores.

Estudio	Fuste (%)	Corteza (%)	Ramas (%)
Godoy (2007)	66	17	17
Toral (1986)	66	13	21
Pulido (2000)	54	9	37

(*) Los datos de biomasa de Toral y Rosende (1986) y Pulido (2000) fueron transformados a volumen considerando una densidad de 600 Kg/m³ para el fuste, 445 para las ramas y 524 para la corteza.

El rodal en estudio proporcionaría en total 21,10 m³/ha de volumen aprovechable, de los cuales 13,94 corresponden a fuste sin corteza, 3,61 a corteza y 3,55 a ramas. Una producción anual de 500 ton de saponina, necesita 508 ha de bosque, en el caso de aprovechar el árbol completo; y de 618 ha en el caso de aprovechar sólo el fuste, es decir un 22% más de superficie.

La estimación del volumen comercial total fue más precisa cuando se realizó directamente con la función obtenida, que cuando se obtuvo sumando las estimaciones de los diferentes componentes. Lo mismo sucedió para el volumen de corteza.

En cuanto a la utilidad de las funciones aquí obtenidas, se debe tener presente que las funciones son sensibles al sitio donde se desarrollan y al origen del rodal, por lo que se recomienda no utilizar estas funciones en ejemplares de monte alto o en otras zonas del país con condiciones distintas a las del área de estudio.

IV CONCLUSIONES

Los mejores modelos para predecir el volumen de los componentes del fuste del Quillay en bosques de regeneración de tocón son los de potencia de las variables diámetro a la altura del pecho o diámetro de tocón y altura. El volumen de ramas es una función lineal de las variables diámetro a la altura del pecho y nr.

El volumen de fuste con y sin corteza se estima con mayor precisión en función del diámetro de tocón y altura.

El volumen de corteza de fuste y volumen total se estima con mayor precisión en función del diámetro a la altura del pecho y altura.

El volumen de ramas se estima con mayor precisión en función del diámetro a la altura pecho y número de ramas.

V RESUMEN

Se ajustaron funciones de volumen total comercial (DLU=3cm), volumen de fuste con corteza, volumen de fuste sin corteza, volumen de corteza de fuste y volumen de ramas aprovechables comercialmente de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.). La información básica se obtuvo mediante un muestreo destructivo, en el que se cortaron 58 ejemplares de diversas dimensiones, en un predio de la comuna de Casablanca.

Los modelos de potencia resultaron ser los mejores para estimar los diferentes componentes del volumen del fuste. El producto entre el diámetro (dap o dat) al cuadrado y la altura es la variable independiente más estrechamente relacionada con el volumen de los diferentes componentes analizados.

VI ABSTRACT

Functions of commercial total volume (DLU=3cm), volume of wood with bark, volume of wood without bark, volume of wood's bark and volume of commercially usable branches were adjusted for Quillay (*Quillaja saponaria* Mol.) trees. The basic information was obtained by means of a destructive sampling, in that 58 trees of diverse dimensions were cut, in an property of the commune of Casablanca.

The power models turned out to be the best ones to predict the volume of different stem components. The product between squared diameter (dap or dat) and height is the independent variable more closely related to the volume of the different analyzed components.

VII BIBLIOGRAFIA

- 1.-**Benedetti, S.; C. Delard; F. Roach y M. González.** 2000a. Monografía de Quillay, *Quillaja saponaria*. INFOR, INDAP y FIA (eds.). Santiago, Chile. 73 p.
- 2.-**Benedetti, S.; C. Delard y F. Roach.** 2000b. Quillay: una alternativa multipropósito para la zona central. Santiago. Chile.
- 3.-**Cancino, J.** 2006. Dendrometría Básica. Dirección de Docencia. Universidad de Concepción. 171 p.
- 4.-**CIREN.** 1997. Estudio Agrológico V Región: Descripción de Suelos, Materiales y Métodos. pp. 155-160. Publicación 116 CIREN CORFO. Santiago, Chile.
- 5.-**Cruz, G. y C. Palma.** 1997. Distribución Nacional de Quillay. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Departamento de Ciencias Forestales. Santiago, Chile.
- 6.-**Cruz, G.; E. Arellano y A. Pulido.** 2000. Innovaciones en el manejo y uso industrial del Quillay. *Agronomía y Forestal UC.* 6: 21-25.
- 7.-**Dirección Meteorológica de Chile.** 2005. Climas de Chile: Quinta región. 2005, disponible en http://www.meteochile.cl/climas/climas_quinta_region.html
- 8.-**Estévez, R.** 1994. Caracterización del rebrote en cepas de Quillay (*Quillaja saponaria* Mol), Fundo El Toyo, Región Metropolitana; Tesis Ingeniería Forestal. Universidad de Chile. Departamento de Silvicultura. Santiago, Chile.

- 9.-Gallardo, S. y J. Gastó.** 1987. Estado y planeamiento hipotético del cambio de estado del ecosistema de *Quillaja saponaria* Mol. Sistemas en Agricultura, Teoría Avances. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía. Santiago, Chile. 248 p.
- 10.-Hoffmann, A.** 1998. Flora Silvestre de Chile, zona central, Cuarta edición. Ediciones Fundación Claudio Gay. Santiago, Chile. 254 p.
- 11.-Parresol, B.** 1999. Assessing Tree and Stand Biomass: A Review with Examples and Critical Comparisons. *Forest Science* 45(4): 573-593.
- 12.-Parresol, B.** 2001. Additivity of Nonlinear Biomass Equations. *Canadian Journal of Forest Research* 31: 865-878.
- 13.-Pulido, A.** 2000. Funciones de Biomasa para individuos de regeneración vegetativa de la especie *Quillaja saponaria* Mol. Memoria de título. Pontificia Universidad Católica de Chile. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal. Depto. de Ciencias Forestales. Santiago, Chile.
- 14.-Rodríguez, R.; O. Matthei y M. Quezada.** 1983. Flora arbórea de Chile. Editorial de la Universidad de Concepción. Concepción, Chile. 408 p.
- 15.-Toral, M. y R. Rosende.** 1986. Producción y Productividad del Quillay. *Renarres* 03(08): 19-21.
- 16.-Vita, A.** 1974. Algunos antecedentes para la silvicultura del Quillay (*Quillaja saponaria* Mol). Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Boletín Técnico 28, pp. 19-31.

APENDICE

TABLA 1A. Modelos ajustados.

Los modelos de regresión probados para los volúmenes totales, volumen de fuste con y sin corteza, volumen de corteza, son los siguientes:

- $Vol = a + b \cdot dap$
- $Vol = a + b \cdot dap^2$
- $Vol = a + b \cdot dap + c \cdot dap^2$
- $Vol = a + b \cdot dap^2 + c \cdot (dap^2)^2$
- $Vol = a + b \cdot dap^2 \cdot h$
- $Vol = a + b \cdot dap^2 \cdot h + c \cdot (dap^2 \cdot h)^2$
- $Vol = a + b \cdot dat$
- $Vol = a + b \cdot dat^2$
- $Vol = a + b \cdot dat + c \cdot dat^2$
- $Vol = a + b \cdot dat^2 + c \cdot (dat^2)^2$
- $Vol = a + b \cdot dat^2 \cdot h$
- $Vol = a + b \cdot dat^2 \cdot h + c \cdot (dat^2 \cdot h)^2$
- $Vol = a \cdot (dap)^b$
- $Vol = a \cdot (dat)^b$
- $Vol = a \cdot e^{b \cdot dap}$
- $Vol = a \cdot e^{b \cdot dat}$
- $Vol = a \cdot (dap^2)^b$
- $Vol = a \cdot (dat^2)^b$
- $Vol = a \cdot (dap^2 \cdot h)^b$
- $Vol = a \cdot (dat^2 \cdot h)^b$
- $Vol = a \cdot e^{b \cdot dap^2}$
- $Vol = a \cdot e^{b \cdot dat^2}$
- $Vol = a \cdot e^{b \cdot dap^2 \cdot h}$
- $Vol = a \cdot e^{b \cdot dat^2 \cdot h}$

En cuanto al volumen de ramas, además de los modelos anteriores, se probaron los siguientes modelos:

- $Vol = a + b \cdot dap^2 \cdot nr$
- $Vol = a + b \cdot dap^2 \cdot nr + c \cdot (dap^2 \cdot nr)^2$
- $Vol = a + b \cdot dat^2 \cdot nr$
- $Vol = a + b \cdot dat^2 \cdot nr + c \cdot (dat^2 \cdot nr)^2$

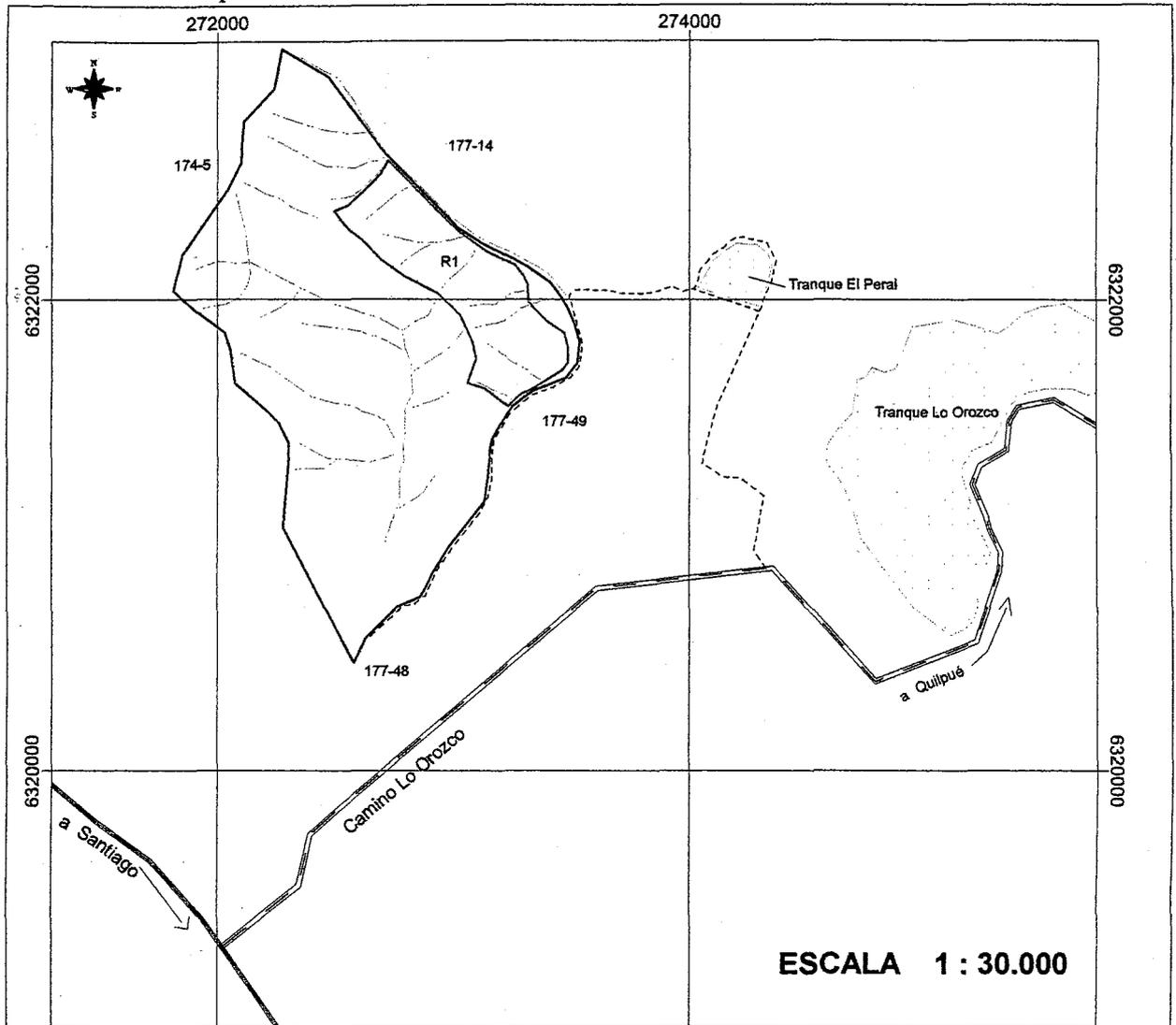
TABLA 2A. Muestra de árboles utilizada en el ajuste de funciones de volumen.

árbol	dat(cm)	dap(cm)	altura(m)	nr	Vol. total(m ³)	Vol. fuste c/c(m ³)	Vol. fuste s/c(m ³)	Vol. ramas(m ³)	Vol. corteza(m ³)
1	16,1	15	5	2	0,04899624	0,044275997		0,00472024	
2	21,2	19	5,5	3	0,087355439	0,070625555	0,05547314	0,01672988	0,01515241
3	23	21,5	6,5	4	0,131369722	0,100790932	0,0778286	0,03057879	0,02296233
4	17,5	15,8	4	3	0,065353217	0,048426905		0,01692631	
5	17,9	13,5	6,5	1	0,0594665	0,057055328	0,04160513	0,00241117	0,0154502
6	12,2	11	7,25	0	0,030620907	0,030620907			
7	14,2	10,5	5,5	1	0,031569786	0,030460411		0,00110937	
8	9,7	6,7	4,5	0	0,011958276	0,011958276	0,00957129		0,00238698
9	10,8	8,3	5	0	0,016722226	0,016722226	0,01350582		0,0032164
10	31,2	23,4	7,25	5	0,196996336	0,155957672	0,12298911	0,04103866	0,03296856
11	18,3	13,5	5	2	0,053604838	0,048110114	0,03723467	0,00549472	0,01087545
12	10,8	9,3	4,5	1	0,01896497	0,017462503		0,00150247	
13	15,8	13,2	6	1	0,043661815	0,042313287		0,00134853	
14	14,1	12,5	4,5	2	0,042168342	0,035013993	0,02894573	0,00715435	0,00606826
15	12,5	10,8	5	1	0,030137259	0,028758728	0,02485883	0,00137853	0,00389989
16	16,3	12,1	4,5	2	0,023748575	0,020688428		0,00306015	
17	24,5	15,3	7	2	0,074567056	0,071533083	0,05634953	0,00303397	0,01518355
18	15	11	4	1	0,031740119	0,030809128	0,0257018	0,00093099	0,00510733
19	24,5	20	10,5	2	0,157531865	0,138733281		0,01879858	
20	13,4	11,3	7	0	0,041622136	0,041622136	0,03659865		0,00502349
21	12,9	10,4	4,75	0	0,03089564	0,03089564			
22	20,8	17	11,5	1	0,138401726	0,13648771		0,00191402	
23	10,8	8,4	5	0	0,018200935	0,018200935	0,01581521		0,00238573
24	12,3	9	5	1	0,027068669	0,025772016	0,02166187	0,00129665	0,00411015
25	21,5	15,5	6,5	3	0,088045058	0,075277626	0,0605447	0,01276743	0,01473293
26	15,2	11,9	4	2	0,043410252	0,040278634		0,00313162	
27	8,5	5,1	3,5	0	0,007516418	0,007516418	0,00639589		0,00112053
28	23,2	22,1	10,25	3	0,179267406	0,135530506		0,0437369	
29	29	20,6	10,75	4	0,165851509	0,157954252	0,12511389	0,00789726	0,03284036
30	19,6	17,3	7,5	1	0,089725889	0,087549079	0,06814955	0,00217681	0,01939953
31	10,4	7,5	5	0	0,021908957	0,021908957	0,01878256		0,0031264
32	17,9	13,6	6	1	0,068298892	0,066959317		0,00133958	
33	23,5	21	7	6	0,136800397	0,117832815	0,092919	0,01896758	0,02491381
34	15,6	11,5	4	0	0,032019328	0,032019328			
35	21	18	6	1	0,099041948	0,081744202		0,01729775	
36	28,4	27,5	8,5	9	0,28292025	0,139548721	0,10886761	0,14337153	0,03068111
38	29,3	23,5	9	7	0,227635621	0,1681003		0,05953532	
39	27,9	24	9,5	5	0,160034222	0,123595046	0,09454419	0,03643918	0,02905086
40	11,4	10,5	4	0	0,018952306	0,018952306	0,01584509		0,00310721
41	12	9,5	5,5	1	0,017257711	0,015526301	0,01289561	0,00173141	0,00263069
42	39,9	35,5	12,5	6	0,526637311	0,369821847		0,15681546	
43	29,2	24,5	11,5	3	0,21780147	0,200021	0,15465401	0,01778047	0,04536699
44	18,5	14,1	7,5	1	0,079839336	0,07848747		0,00135187	
45	28,5	25,2	11,25	3	0,205540152	0,171476688	0,13166666	0,03406346	0,03981003
46	17,7	15	11	1	0,097408183	0,09143091		0,00597727	
47	28	21,7	12	2	0,213837256	0,191868609		0,02196865	
48	22,5	20,1	10,5	1	0,167931027	0,156572501	0,12926676	0,01135853	0,02730574

árbol	dat(cm)	dap(cm)	altura(m)	nr	Vol. total(m3)	Vol. fuste c/c(m3)	Vol. fuste s/c(m3)	Vol. ramas(m3)	Vol. corteza(m3)
49	24,3	21,1	10	2	0,151302479	0,134606289		0,01669619	
50	18,4	14,8	9,75	1	0,084851512	0,083771589		0,00107992	
51	16	13,7	10,25	0	0,066900451	0,066900451			
52	42,9	38,9	12	6	0,5989898	0,40117286	0,3088067	0,19781694	0,09236616
53	30	27,5	9,25	3	0,23065805	0,178197497	0,13349157	0,05246055	0,04470592
54	24,5	20,3	8,5	4	0,16272535	0,139607861		0,02311749	
55	35,1	32,5	11,25	7	0,394054954	0,267382953	0,20661434	0,126672	0,06076861
56	27	21,7	9,5	6	0,223332719	0,152615744		0,07071698	
57	33,5	31,2	12	6	0,486564294	0,266315637	0,20074675	0,22024866	0,06556889
58	32,2	30,6	9,5	7	0,336622693	0,20635893		0,13026376	

dat: diámetro de tocón, dap: diámetro a la altura del pecho, nr: número de ramas

FIGURA 1A. Plano predial



ANTECEDENTES GENERALES

Nombre del propietario	Lidia Marín Zuñiga
Nombre del predio	Porción N° 2 Reserva Cora N°2 El Labrador
Comuna	Casablanca
Provincia	Valparaíso
Región	V
Rol	177-57
Superficie total (ha)	212.0
Superficie del rodal (ha)	36.0

BASE CARTOGRÁFICA

Fotografía aérea digital n° 26908
 Catastro Conaf - Conama. PSAD 56, 2000
 Plano predial

AUTOR PLANO

Hernán Godoy Sáez
 Marzo de 2006

SIMBOLOGÍA

-  Límite predial
-  Carretera (ruta 68)
-  Camino público
-  Camino secundario
-  Quebradas
-  Tranque
-  Rodal - Quillay