

**FUNCIONES DE VOLUMEN, FACTORES DE FORMA Y MODELOS DE
CRECIMIENTO DIAMETRAL PARA RODALES DE LINGUE Y MAÑO**

Rómulo Eduardo Santelices Moya (*)

RESUMEN

En el presente trabajo se entregan antecedentes relativos al crecimiento, volumen y forma de las especies lingue (*Persea lingue*) y maño (*Podocarpus nubigena*), ubicadas en la Precordillera Andina (área de Jauja) y en la Cordillera de la Costa (área de Cumleufu) respectivamente.

El estudio se realizó a nivel del árbol individual por medio del análisis de tallo. Se obtuvieron muestras de ambas especies y también información dasométrica de sus competidores.

Por medio del análisis de regresión paso a paso se desarrollaron funciones de crecimiento, volumen total y por troza. También se calcularon los valores medios de los factores de forma natural y artificial.

ABSTRACT

*This Paper provides basic information about growing, volume and form for the species lingue (*Persea lingue*) in the Andean Foothills and maño (*Podocarpus nubigena*) in the Coastal Range.*

The study is done using stem analysis. Data about individual trees and their competitors are given.

Growing functions, total and log volume tables are developed by regression analysis. Natural and artificial form factors are computed.

(*) Ingeniero Forestal, Instituto Forestal, Barros Arana 121 3º Piso Concepción, Agosto 1989

INTRODUCCION

Debido a sostenidas y generalmente irracionales explotaciones, han ido desapareciendo los árboles de mejor calidad de la mayor parte de las áreas aún cubiertas con bosques nativos.

A la situación antes mencionada no han escapado las especies lingue (*Persea lingue*) y maño (*Podocarpus nubigena*). Esto se ve acentuado por su alto valor comercial para la fabricación de chapas, muebles y otros usos.

Se pueden encontrar estas dos especies en distintos tipos forestales, junto a algunas del género *Nothofagus* y/o del tipo Siempreverde. Sin embargo, actualmente su participación está muy restringida.

Por los motivos antes señalados, es interesante y necesario estudiar el desarrollo de rodales de lingue (*Persea lingue*) y maño (*Podocarpus nubigena*).

MATERIAL Y METODO

Ubicación de los rodales estudiados

Los rodales muestreados de lingue y maño se encuentran ubicados en las áreas de Jauja y Cumleufu respectivamente.

-Jauja: Se encuentra ubicado en la Precordillera Andina, en los 38° 4'24" de latitud sur y 71°54'36" longitud oeste, comuna de Collipulli, provincia de Malleco, Novena Región. tiene una altitud de 515 m.s.n.m. con pendientes promedio entre 8 y 15% en exposición norte.

-Cumleufu: Se ubica en la Cordillera de la Costa, en los 40° 04' de latitud sur, entre los 73° 17' y 73° 18' de longitud oeste, comuna de Corral, provincia de Valdivia, Décima Región. se encuentra a una altitud de 540 m.s.n.m. con pendientes promedio entre 12 y 14% en exposición norte.

Características de los suelos

Los suelos del rodal de lingue corresponden a trumaos. Estos están formados por cenizas volcánicas que normalmente están depositadas sobre conglomerados o tobas volcánicas, andesitas o basaltos. Están clasificados en la serie Santa Bárbara, cuyas principales características son una textura moderadamente liviana, suelo profundo, alto tenor de materia orgánica, estructura granular, buen drenaje, alta capacidad de retención de agua, pH de 5 a 6; fertilidad media a baja, con un alto poder de fijación de fósforo (PERALTA 1976).

Los suelos del rodal de maño se encuentran clasificados dentro de la serie Hueicoya. Son suelos con grandes variaciones de espesor, predominando los moderadamente profundos; presentan colores pardo amarillento oscuro a pardo oscuro en superficie y pardo amarillento en profundidad; estructura de bloques moderados en todo el perfil; son blandos y friables hasta los 24 cm y firmes en profundidad, ligeramente plásticos y ligeramente adhesivos en profundidad. El arraigamiento es bueno hasta los 46 cm y escaso en profundidad; son muy fuertemente ácidos hasta los 46 cm y fuertemente ácidos en el último horizonte (IREN - CORFO, 1978).

Características climáticas

Los antecedentes climáticos presentados para el rodal de lingue corresponden a la estación meteorológica "Jauja". Esta se encuentra aproximadamente a 2,1 km de lugar en estudio y a una altitud de 450 m.s.n.m. (cuadro 1).

CUADRO 1**ANTECEDENTES METEOROLOGICOS REGISTRADOS EN LA ESTACION JAUJA**

MES	Temperatura Media Mensual (°C)		Pluviometría Media Mensual (mm)	
	1988	1985-1988	1988	1975-1988
Enero	16,1	12,8	96	74
Febrero	17,3	12,5	0	60
Marzo	15,1	15,6	119	65
Abril	12,7	12,1	142	159
Mayo	9,1	9,1	135	439
Junio	7,3	8,4	409	368
Julio	4,2	8,0	348	449
Agosto	7,4	8,5	485	276
Septiembre	9,0	10,0	106	198
Octubre	10,4	11,8	221	182
Noviembre	14,2	14,2	9	142
Diciembre	16,0	15,8	60	62
	TOTAL 2.130			2.474

(Fuente: FORVESA, 1989)

Los antecedentes climáticos presentados para el rodal de mañío corresponden a la estación Valdivia, ubicada en la ciudad del mismo nombre, en los 39° 48' lat. sur, 73° 14' long. oeste y a una altitud de 9 m.s.n.m. Su representatividad para el área en estudio es muy limitada por la distancia a ésta y la gran diferencia altitudinal. No obstante, se optó por entregar esta información por tratarse de la estación meteorológica más cercana (cuadro 2).

CUADRO 2

ANTECEDENTES METEOROLOGICOS REGISTRADOS EN LA ESTACION VALDIVIA

MES	Temperatura Media Mensual (°C) (39 años observación)	Pluviometría Media Mensual (mm) (48 años observación)
Enero	17,0	66,1
Febrero	16,4	62,3
Marzo	14,5	105,3
Abril	11,8	198,5
Mayo	9,7	376,1
Junio	8,2	384,1
Julio	7,7	352,7
Agosto	8,0	287,1
Septiembre	9,3	204,1
Octubre	11,5	107,5
Noviembre	13,3	110,2
Diciembre	15,3	94,7
		TOTAL 2.348,7

Fuente: (HALEJ y DI CASTRI, 1975)

Existió una estación meteorológica más cercana al área en estudio (Quitaluto, 39° 54' lat. sur y 73° 27' long. oeste), en la cual se registró entre mayo de 1970 y abril de 1972 una precipitación media anual de 3.058 mm. De acuerdo a estos antecedentes, se puede estimar que las precipitaciones en el área estudiada superan los 3.000 mm al año.

Los tipos forestales

El rodal de lingue pertenece al tipo forestal roble - raulí - coigüe (DONOSO, 1981). El dosel superior está compuesto por roble (*Nothofagus obliqua*) y como especies acompañantes se encuentran lingue (*Persea lingue*), peumo (*Cryptocarya alba*) y avellano (*Gevuina avellana*). Estas últimas especies se regeneraron por monte bajo.

El tipo forestal del rodal de maño, corresponde al siempreverde (DONOSO, 1981). Las especies más comunes del dosel superior son maño (*Podocarpus nubigena*), tinea (*Weinmannia trichosperma*), tepa (*Laurelia philippiana*), lleuque (*Saxegothaea conspicua*) y canelo (*Drimys winteri*).

Muestreo para el análisis de árboles individuales

Con el objeto de conocer el desarrollo de las variables de estado y construir modelos de crecimiento, se realizaron tres parcelas temporales de 500 m² en cada rodal.

En cada unidad de muestreo se seleccionaron varios individuos, que se denominaron "árboles sujetos", de distintas clases de edad, altura y espaciamiento. Una vez identificados los árboles sujetos se seleccionaron y registraron los árboles que ejercían la competencia más directa sobre ellos.

La información obtenida en terreno para los árboles sujetos y sus competidores fue la siguiente:

- Diámetro a la altura del pecho (DAP a 1,3 m)
- Altura total
- Altura del inicio de la copa
- Radios de la copa (de acuerdo a los puntos cardinales)
- Distancia entre los árboles sujetos y sus competidores.

Posteriormente se voltearon los árboles sujetos y se trozaron cada dos metros. De cada troza y a la altura de DAP, se obtuvieron rodelas para su medición en laboratorio.

Procesamiento de la información

Para visualizar en forma óptima los anillos de crecimiento fue necesario pulir las rodelas. Para conseguir esto, se redujo el contenido de humedad por debajo del punto de saturación de las fibras. Con este fin, se mantuvieron las rodelas alrededor de los 60° C en un sector convencional por 15 días. El contenido de humedad alcanzó aproximadamente un 10%.

Una vez lijadas las rodelas, se realizaron mediciones en cuatro radios orientados en las direcciones norte, sur, este y oeste (KRAMER Y AKÇA, 1982; CUBILLOS, 1987; GROSSE Y KANNEGIESSER, 1988).

El programa computacional utilizado para el procedimiento de la información es el ANATAL (ALVAREZ, 1977), que permite el cálculo de los parámetros del árbol en función de la edad, diámetro a la altura del pecho, área basal, altura total, volumen cúbico y sus respectivos crecimientos.

En la construcción de las tablas y funciones de volumen cúbico total, se utilizó el análisis de regresión paso a paso entre las variables independientes DAP y altura total, y la variable dependiente volumen cúbico total sin corteza. La muestra utilizada para el cálculo del volumen corresponde a los mismos árboles que se ocuparon para el análisis del tallo.

De acuerdo con los antecedentes bibliográficos acerca de la estimación del volumen, existen varias funciones comúnmente utilizadas (ZÖHRER, 1980; LOETSCH et al; 1973; PRODAN, 1965). El criterio adoptado para la selección de modelos a probar, se fundamenta en su bondad de ajuste y su mejor aplicación práctica, eligiéndose modelos propuestos para situaciones locales y regionales (ZÖHRER, 1980).

Para el cálculo del volumen por troza, se empleó la fórmula de Smalian (HUSCH et al., 1982). Se utilizaron trozas con un diámetro mínimo de 10 cm. sin corteza. Posteriormente se ajustó la variable DAP con el volumen de cada troza, a través de los modelos usualmente empleados.

El factor de forma de un árbol es el factor de reducción por el cual el volumen de un cuerpo geométrico tiene que ser multiplicado para obtener el volumen del árbol (LOETSH et al., 1973). Para este fin el cuerpo geométrico más utilizado es el cilindro.

La importancia del factor de forma radica en la posibilidad de estimar el volumen real de los árboles en pie (KRAMER Y AKÇA, 1982).

En este estudio se presentan los valores promedios del factor de forma natural (FF 0,1) y artificial (FF 1,3).

Si el factor de forma es natural el diámetro del cilindro se estima a 1/10 de la altura del árbol y si es artificial se estima a 1,3 m. de altura.

La construcción de los modelos de crecimiento diametral se realizó sobre la base de las muestras sometidas a análisis de tallo.

Para el rodal de lingue, se estableció un modelo de crecimiento diametral anual (IDAPA en cm). Para la especie maño, se construyó un modelo de crecimiento diametral para un período de 10 años (IDAPP. 10 en cm).

Las variables independientes de las funciones provienen del árbol sujeto y de sus competidores. Estas se describen a continuación:

- DAP : Diámetro a la altura del pecho (a 1,3 m de altura, en cm)
- H.TOT. : Altura Total (en m)
- H.INI.C. : Altura inicio de copa (en m)
- VOL.TOT. : Volumen total (en m³ ssc)
- DC : Diámetro de copa (en m)
- DISME : Distancia media a los árboles competidores (en m)
- DAPCO : DAP medio de los competidores (a 1,3 m. de altura, en cm)
- H.TOT.CO : Altura total media de los competidores (en m)
- H.INI.C.CO : Altura de inicio de copa media de los competidores (en m)
- DCCO : Diámetro de copa media de los competidores (en m)
- E : Edad (años)
- IDAPA : Incremento diamétrico anual (cm; CAP de los últimos 5 años)
- IDAPP. 10 : Incremento diamétrico periódico de 10 años (cm; CAP de los últimos 50 años)

La elección de las variables independientes para su uso en las funciones, se realizó conociendo las correlaciones entre éstas.

La bondad de ajuste de las funciones se evaluó con el coeficiente de correlación (r) y el error estándar (Sy. x).

SITUACION DE ESTADO DE LOS RODALES ESTUDIADOS

El rodal de lingue

Las variables de estado y una tabla de rodal se entregan en los cuadros 3 y 4. Estos antecedentes corresponden al promedio de tres parcelas de muestreo homogéneas y representativas del rodal.

CUADRO 3

VARIABLES DE ESTADO DE LAS ESPECIES DEL RODAL ESTUDIADO

Variables de Estado	Especies				
	Av.	Li	Pe	Ro	Total
Nº árboles (N/ha)	140	1320	27	402	1889
DAP medio aritmético (cm)	12.6	13.4	15.6	27.9	-
DAP medio cuadrático (cm)	13.2	14.0	18.3	31.3	-
Area Basal (G) (m ² /ha)	1.9	20.2	0.7	30.7	53.5
Altura media total (m)	10.2	12.9	10.6	20.0	-
Altura media inicio copa (m)	4.6	6.8	5.2	9.8	-

Av= Avellano Li= Lingue Pe= Peumo Ro = Roble

CUADRO 4

TABLA DE RODAL POR ESPECIE DEL RODAL ESTUDIADO

DAP (cm)	FRECUENCIA (Nº árboles/ha)				
	Avellano	Lingue	Peumo	Roble	Total
8	60	427	13	40	540
14	60	647	-	60	767
20	20	233	7	67	327
26	-	13	-	73	86
32	-	-	7	47	54
38	-	-	-	60	60
44	-	-	-	27	27
50	-	-	-	-	-
56	-	-	-	7	7
62	-	-	-	7	7
68	-	-	-	7	7
74	-	-	-	7	7
TOTAL	140	1320	27	402	1889

Se puede apreciar que el rodal está compuesto por roble en el dosel superior y como especies acompañantes en un dosel intermedio se encuentran lingue, peumo y avellano. Estas últimas especies se regeneraron por monte bajo.

El rodal de maño

Al igual que para la otra especie en estudio (lingue), se realizaron tres parcelas de muestreo en el rodal de donde se extrajeron las rodclas para efectuar el análisis de tallo. A través de los cuadros 5 y 6 se presentan variables de estado medias y una tabla de rodal para las especies en estudio y para las especies acompañantes de mayor importancia.

CUADRO 5

VARIABLES DE ESTADO DE LAS ESPECIES DEL RODAL ESTUDIADO

Variables de Estado	Especies						
	mñ	ti	te	lle	ca	otr	Total
Nº árboles (N/ha)	353	200	20	35	21	74	703
DAP medio aritmético (cm)	20.0	57.7	16.8	34.9	45.7	23.5	-
DAP medio cuadrático (cm)	22.6	60.1	17.6	40.1	47.2	26.6	-
Area basal (G) (M ² /ha)	14.2	56.7	0.5	4.4	3.7	4.1	83.6
Altura media total (m)	14.6	23.1	7.2	15.4	18.6	13.1	-
Altura media del inicio de la copa (m)	8.8	16.5	3.9	10.2	13.8	9.3	-

mñ= mañío ti= tineo te= tepa lle= lleuque ca= canelo otr= otras especies

CUADRO 6

TABLA DE RODAL POR ESPECIE DEL RODAL ESTUDIADO

DAP (cm)	FRECUENCIA (Nº árboles/ha)						
	mañío	tineo	tepa	lleuque	canelo	otros	Total
8	87	-	-	7	-	20	114
14	53	-	13	-	-	-	66
20	93	-	-	7	-	27	127
26	47	-	7	-	-	-	54
32	33	20	-	7	7	20	87
38	33	7	-	-	-	-	40
44	7	13	-	-	-	7	27
50	-	40	-	7	7	-	54
56	-	13	-	-	7	-	20
62	-	27	-	7	-	-	34
68	-	27	-	-	-	-	27
74	-	20	-	-	-	-	20
80	-	13	-	-	-	-	13
86	-	20	-	-	-	-	20
TOTAL	353	200	20	35	21	74	703

Las principales especies que componen el rodal son maño y tinea. Esta última especie ocupa el dosel superior, mientras que maño está en un estrato intermedio acompañado por otras de menor importancia.

RESULTADOS

A continuación se entregan las estimaciones de los volúmenes, factores de forma y crecimiento para las especies lingue y maño.

Funciones de volumen

Los mejores resultados obtenidos del análisis de regresión para el volumen total de la especie lingue del área de Jauja se presentan a continuación:

(a) $V = -0,041488 + 0,000448 * D^2 + 0,003063 * H$

Sy. x = 0,018
 r = 0,980
 n = 22

(b) $V = 0,003155 + 0,000475 * D^2$

Sy. x = 0,018
 r = 0,978
 n = 22

Para las funciones (a) y (b) se utilizó un rango muestral entre los 10 cm y 30 cm de DAP.

Donde: V = Volumen total del árbol (en m ssc)
 D = DAP (diámetro a la altura del pecho, a 1,3 m en cm cc)
 H = Altura total (en m)

Las mejores funciones para calcular el volumen por troza para la especie lingue se presentan en el cuadro 7

CUADRO 7
FUNCIONES DE VOLUMEN POR TROZA DE 2 m DE LARGO
PARA LINGUE DEL AREA DE JAUJA

Troza	FUNCION DE VOLUMEN (m ³ ssc)	r	Sy.x	n	Rango Muestral (DAP en cm)
1	$0,012705 + 6,188 * 10^{-6} * D^3$	0,996	0,003	21	10 - 30
2	$-0,027382 + 3,334 * 10^{-6} * D^3 + 0,015268 * \text{LOG}(D)$	0,989	0,003	19	16 - 30
3	$0,010364 + 3,183 * 10^{-6} * D^3$	0,982	0,003	17	18 - 30
4	$-0,02554 + 0,002751 * D$	0,975	0,002	13	20 - 30
5	$0,004192 + 0,000045 * D^2$	0,853	0,003	9	22 - 30



(Las funciones se calcularon con un índice de utilización de 10 cm)

D = DAP (Diámetro a la altura del pecho, a 1,3 m. en cm. cc)

Los mejores resultados obtenidos del análisis de regresión para el volumen total de la especie mañío del área de Cumleufu son los siguientes:

(a) $V = 0,114037 + 0,000864 * D^2$

Sy. x = 0,062

r = 0,989

n = 26

(b) $V = 0,09988 + 0,000019 * D^3$

Sy. x = 0,063

r = 0,989

n = 26

Donde: V = Volumen total del árbol (en m³ ssc)

D = DAP (diámetro a la altura del pecho, a 1,3 m. en cm cc)

Para las funciones (a) y (b) se utilizó una muestra comprendida entre los 14 cm y 46 cm de DAP.

Las mejores funciones para calcular el volumen por troza, para la especie mañío del área de Cumleufu se presenta en el cuadro 8.

CUADRO 8

FUNCIONES DE VOLUMEN POR TROZA DE 2 m DE LARGO PARA MAÑÍO DEL AREA DE CUMLEUFU

Troza	FUNCION DE VOLUMEN (m ³ ssc)	r	Sy.x	n	Rango Muestral (DAP en cm)
1	$0,038516 + 0,00000414 * n^3$	0,957	0,028	26	14 - 16
2	$-0,001644 + 0,000128 * D^2$	0,997	0,005	26	14 - 46
3	$-0,00317 + 0,000115 * D^2$	0,994	0,006	25	16 - 46
4	$-0,008154 + 0,000106 * D^2$	0,990	0,007	25	16 - 46
5	$-0,014543 + 0,000097 * D^2$	0,985	0,008	23	22 - 46
6	$0,007794 + 0,00000179 * D^3$	0,959	0,011	19	24 - 46
7	$-0,016595 + 0,000067 * D^2$	0,875	0,013	15	30 - 46
8	$0,00838 + 0,00000069 * D^3$	0,595	0,015	12	32 - 46

(Las funciones se calcularon con un índice de utilización de 10 cm)

D = DAP (Diámetro a la altura del pecho, a 1,3 m. en cm cc)

Factores de forma

Para las dos especies estudiadas no se detectó una tendencia clara del factor de forma, ya sea natural o artificial, en función de la altura y del DAP. Los valores medios estimados se presentan en el cuadro 9.

CUADRO 9

**FACTORES DE FORMA NATURAL Y ARTIFICIAL PARA LINGUE Y MAÑO
DE LAS AREAS DE JAUJA Y CUMLEUFU RESPECTIVAMENTE**

Especie	Factor de Forma		Nº muestras (n)
	Natural	Artificial	
Lingue	0,40	0,39	21
Maño	0,52	0,49	26

Crecimiento de los árboles

a) *Estadística descriptiva:*

A través de la estadística descriptiva se caracterizan las variables muestreadas del árbol sujeto, de sus competidores y la distancia entre ambos. En el cuadro 10 A, B se presentan los valores medios, máximos, mínimos y el coeficiente de variación para las muestras de lingue y maño.

CUADRO 10 A B

ESTADISTICA DESCRIPTIVA DE LAS VARIABLES DE ESTADO DE LOS ARBOLES SUJETO Y DE SUS COMPETIDORES PARA LINGUE DEL AREA DE JAUJA Y MAÑO DEL AREA DE CUMLEUFU

- Lingue

Variables de estado	n	Media	Máxima	Mínima	Coef. Var.
Edad (años)	22	46	67	30	0,247
DAP (cm)	22	17,3	29,5	9,7	0,278
H.TOT. (m)	22	14,9	19,5	9,0	0,207
H.INI.C (m)	22	8,0	11,0	4,0	0,248
DC (m)	22	3,5	6,7	1,3	0,465
VOL.TOT. (m ³ ssc)	22	0,2800	0,3848	0,1477	0,596
DAPCO (cm)	22	28,8	50,8	13,6	0,343
H.TOT.CO (m)	22	20,1	30,9	13,3	0,210
HINICCO (m)	22	9,6	13,2	4,4	0,234
DCCO (m)	22	4,7	9,6	0,8	0,515
DISME (m)	22	2,3	4,7	0,31	0,573
IDAPA (cm)	22	0,24	0,52	0,10	0,502

- Maño

Variables de estado	n	Media	Máxima	Mínima	Coef. Var.
Edad (años)	26	270	329	215	0,117
DAP (cm)	26	28,6	42,6	13,5	0,301
H.TOT. (m)	26	18,0	22,5	9,5	0,197
H.INI. C (m)	26	10,9	15,0	1,8	0,277
DC (m)	26	5,4	7,5	2,6	0,264
VOL.TOT. (m ³ ssc)	26	0,6544	1,6335	0,0684	0,656
DAPCO (cm)	26	53,1	76,8	30,3	0,229
H.TOT.CO (m)	26	23,4	32,2	17,1	0,152
H.INI.CCO (m)	26	16,6	22,0	12,5	0,171
DCCO (m)	26	5,5	6,8	3,6	0,181
DISME (m)	26	3,9	5,6	2,4	0,252
IDAPP.10 (cm)	26	0,95	1,90	0,26	0,448

Donde:

DAP	= Diámetro a la altura del pecho (a 1,3 m en cm cc)
H.TOT.	= Altura total (en m)
I.INI.C	= Altura inicio de copa (en m)
DC	= Diámetro de copa (en m)
VOL.TOT.	= Volumen total (en m ³ ssc)
DAPCO	= DAP medio de los competidores (a 1,3 m de altura en cm)
H.TOT.CO	= Altura total media de los competidores (en m)
H.INI.C.C.O.	= Altura inicio copa media de los competidores (en m)
DISME	= Distancia media a los árboles competidores (en m)
IDAPA	= Incremento diámetro anual (en cm; CAP de los últimos 5 años)
IDAPP.10	= Incremento diamétrico periódico de 10 años (en cm; CAP de los últimos 50 años)

b) *Modelos de crecimiento diametral:*

Los modelos de crecimiento diametral para las especies lingue y maño, se construyeron basándose en las variables independientes que mejor se correlacionaron con el incremento en DAP.

A través del análisis de regresión paso a paso se integraron las variables en los modelos.

Los modelos con la mejor bondad de ajuste para cada una de las variables independientes se presentan a continuación:

- Lingue

$$IDAPA = 0,540256 - 0,01685 * E + 0,020844 * DAP + 0,098357 * DISME - 0,031381 * DCCO - 0,007042 * DAPCO$$

$$r = 0,65$$

$$Sy. x = 0,090$$

$$n = 22$$

Donde:

IDAPA	= Incremento diamétrico anual (en cm)
E	= Edad (en años)
DAP	= Diámetro a la altura del pecho (a 1,3 m de altura, en cm)
DISME	= Distancia media a los árboles competidores (en m)
DCCO	= Diámetro de copa media de los competidores (en m)
DAPCO	= DAP medio de los competidores (a 1,3 m de altura, en cm)

- Maño

$$IDAPP. 10 = 0,962464 - 0,005672 * E + 0,128877 * DC + 0,02878 * DAP$$

$$r = 0,89$$

$$Sy. x = 0,197$$

$$n = 26$$

Donde:

- IDAPP. 10 = Incremento diamétrico periódico de 10 años (en cm)
 E = Edad (en años)
 DC = Diámetro de copa (en m)
 DAP = Diámetro a la altura del pecho (a 1,3 m de altura, en cm)

c) *Análisis de sensibilidad*

En los modelos de crecimiento diametral anual (IDAPA) y periódico de 10 años (IDAPP. 10), para lingue y maño respectivamente, se realizó un análisis de sensibilidad con el propósito de conocer el crecimiento de estas especies bajo distintas situaciones de desarrollo del árbol sujeto y de sus competidores.

Para efectuar el análisis de sensibilidad se estratificaron las muestras. Para cada estrato se buscaron valores representativos de las variables de estado, que luego se incluyeron en el modelo como variables independientes. (cuadro 11 A, B).

CUADRO 11 A, B

RESULTADOS DEL ANALISIS DE SENSIBILIDAD PARA EL INCREMENTO DIAMETRAL PARA LINGUE Y MAÑO DE LAS AREAS DE JAUJA Y CUMLEUFU RESPECTIVAMENTE

- Lingue

Edad (años)	Incremento diametral anual (cm)								
40	DAP (cm)	DISME = 0,8 m				DISME = 2,5 m			
		DAPCO = 16 cm		DAPCO = 19 cm		DAPCO = 20 cm		DAPCO = 23 cm	
		DCCO (m) 1,0 3,0		DCCO (m) 1,0 3,0		DCCO (m) 5,0 7,0		DCCO (m) 5,0 7,0	
	12	0,26	0,29	0,24	0,27	0,27	0,21	0,25	0,19
	16	0,34	0,37	0,32	0,35	0,35	0,29	0,33	0,27
60	DAP (cm)	DISME = 2,0 m				DISME = 4,0 m			
		DAPCO = 24 cm		DAPCO = 27 cm		DAPCO = 28 cm		DAPCO = 31 cm	
		DCCO (m) 3,0 5,0		DCCO (m) 3,0 5,0		DCCO (m) 6,0 8,0		DCCO (m) 6,0 8,0	
	20	0,19	0,13	0,17	0,11	0,26	0,20	0,24	0,18
	24	0,27	0,21	0,25	0,19	0,35	0,28	0,33	0,26

- IDAPA** = $0,540256 - 0,011685 * E + 0,020844 * DAP + 0,098357 * DISME - 0,031381 * DCCO - 0,007042 * DAPCO$
IDAPA = Incremento anual en diámetro (cm)
E = Edad (años)
DAP = Diámetro a la altura del pecho (a 1,30 m, cm cc)
DISME = Distancia media a los árboles competidores (m)
DCCO = Diámetro de copa medio de los competidores (m)
DAPCO = Diámetro a la altura del pecho medio de los competidores (a 1,30 m, cm cc)

- Mañío

Altura Total (m)	Incremento diametral período 10 años (cm)						
	DAP (cm)	E = 220 años		E = 240 años		E = 260 años	
		DC (m)	(m)	DC (m)	(m)	DC (m)	(m)
10-18		3,0	4,0	4,0	5,0	5,0	6,0
	15	0,53	0,66	0,55	0,67	0,56	0,69
	20	0,68	0,81	0,69	0,82	0,71	0,84
	25	0,82	0,95	0,84	0,96	0,85	0,98
19-22		E = 270 años		E = 300 años		E = 330 años	
		DC (m)	(m)	DC (m)	(m)	DC (m)	(m)
		4,0	5,0	5,0	6,0	7,0	8,0
	30	0,81	0,94	0,77	0,90	0,86	0,99
	35	0,95	1,08	0,91	1,04	1,00	1,13
	40	1,10	1,23	1,06	1,19	1,14	1,27

- IDAPP. 10** = $0,962464 - 0,005672 * E + 0,128877 * DC + 0,02878 * DAP$
IDAPP. 10 = Incremento en diámetro en un período de 10 años (cm)
E = Edad (años)
DC = Diámetro de copa (m)
DAP = Diámetro a la altura del pecho (a 1,30 m, cm cc)

De las estimaciones realizadas a través del análisis de sensibilidad de los modelos de crecimiento diametral, se puede afirmar lo siguiente:

-Para la especie lingue a medida que aumenta el diámetro de la copa y el DAP de los árboles competidores, disminuye el incremento en diámetro. Este reacciona de igual forma a medida que el árbol envejece.

-Los valores del incremento anual en diámetro fluctúan entre 0,11 y 0,35 cm. Este último se obtiene en el estrato de 40 años y con un DAP de 16 cm del árbol sujeto; con un diámetro de copa y DAP medios de los competidores de 5 m y 20 cm respectivamente, con un distanciamiento medio de 2,5 m.

-Para la especie maño al aumentar el diámetro de copa de los árboles sujetos, también lo hace el incremento en diámetro. Al envejecer el incremento disminuye.

-El incremento diametral para un período de 10 años varió entre 0,53 y 1,27 cm. Este último valor se obtuvo con un DAP de 40 cm, un diámetro de copa medio de 8 m, a la edad de 330 años.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

Las funciones de volumen obtenidas, tanto de volumen cúbico total como por troza, son bastante confiables de acuerdo a los parámetros utilizados para medir la bondad del ajuste de las regresiones. Se debe tener en cuenta que sólo son representativas para las áreas específicas donde se realizó el muestreo.

No se detectó una tendencia clara del factor de forma, ya sea natural o artificial, en función de la altura o del DAP. Por esta razón se presentan con valores promedio para ambas especies estudiadas. Su validez es sólo como un indicador general.

El lingue al momento de iniciarse el estudio, se encontraba en un estrato intermedio con la presencia de roble en el dosel superior. Se había regenerado por monte bajo, quedando varios pies por tocón hasta el momento de la extracción de la muestra.

Dado que no se encontraron lingues en el rodal muestreado que pertenezcan al estrato superior se tuvo que optar por los que existían en el dosel dominado. Estos estaban sometidos a una fuerte competencia inter e intraespecífica, lo que se refleja en los modelos de crecimiento en una considerable subestimación del potencial de desarrollo de la especie.

Los maños estudiados tenían una edad promedio de 260 años. Se encontraban a nivel del dosel intermedio, estando dominados por tino en el dosel superior. Estos dos hechos hacen presumir que también la muestra de esta especie creció gran parte de su vida en condiciones de fuerte competencia. Por esta razón, el modelo de crecimiento no refleja el potencial de desarrollo de la especie.

En base a las estimaciones realizadas con los modelos de crecimiento y para las condiciones de competencia señaladas, se puede esperar un incremento diametral anual promedio de 0,35 cm. para lingue y de 0,13 cm para maño. En las mismas condiciones los valores máximos obtenidos son 0,52 cm y 0,19 cm para lingue y maño respectivamente.

El verdadero potencial de crecimiento de las dos especies en estudio es muy difícil de obtener, dada la escasez de rodales con árboles que lo puedan reflejar por su posición social y su calidad.

La proyección silvícola de estas dos especies, probablemente va a ser la de acompañantes de otras de menor tolerancia durante gran parte del tiempo en posiciones sociales intermedias. Así se dejaría paso a otras especies nativas de crecimiento rápido, mientras que el lingue y el maño permanecen por más de una rotación, hasta que también lleguen al estrato dominante. Su alto valor de mercado y la importancia económica al diversificar especies, deberían llevar

al mantenerlas dentro de la composición de rodales en los cuales existen por distribución natural.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los indicadores utilizados para estimar la bondad de ajuste, las funciones de volumen obtenidas para lingue del área de Jauja y para maño del área de Cumleufu, son bastante confiables para éstos.
- Los valores medios entregados para el factor de forma, deben ser considerados sólo como indicadores.
- Los modelos de crecimiento diametral se encuentran dentro de los rangos de error permitidos, razón por la cual se puede confiar en sus estimaciones.
- Los incrementos diametrales se estimaron sobre la base de árboles provenientes del estrato intermedio, sufriendo la competencia del dosel superior.
- Los valores de crecimiento obtenidos no reflejan por lo tanto el verdadero potencial de desarrollo de estas especies.
- Para las situaciones evaluadas se puede esperar un incremento diametral anual medio de 0,35 cm para lingue y de 0,13 cm para maño.
- Los valores máximos para las muestras, indican incrementos de 0,52 cm y de 0,19 cm para lingue y maño respectivamente a pesar de que los árboles se encuentran en las posiciones sociales dominadas.
- Los rodales en donde participan las especies estudiadas, deberían manejarse en más de un estrato. Las especies de menor crecimiento podrían proyectarse en más de una rotación de la especie principal de mayor crecimiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ALVAREZ, S. (1977). Programa de análisis de tallo. Archivo de programas computacionales del INFOR. Stgo, Chile.
2. CUBILLOS, V. (1987). Modelos de crecimiento diametral para algunos renovales de raulí. Ciencia e Investigación Forestal Nº 1. INFOR - Chile, pp 68 -76
3. DONOSO, C. (1981). Tipos forestales de los bosques nativos de Chile. FO:DP/CH/76/003. CONAF - FAO. Stgo, Chile. 70 pp
4. FORVESA (1989). Información estaciones meteorológicas Forestal Río Vergara S.A. Nacimiento, Chile.
5. S. GROSSE, H. (1989) Renovales de raulí, roble, coigüe y tepa. Expectativas de rendimiento. Ciencia e Investigación Forestal Nº 6. INFOR - CHILE. pp 37-72.
6. GROSSE, H. Y KANNEGIESSER, U. (1988). Investigación para el manejo de las plantaciones de Pino oregón y Sequoia sempervirens (Informe Final). Instituto Forestal. Chile. 179 pp.
7. HAJEK, E y DI CASTRI, F. (1975). Bioclimatología de Chile. Vicerrectoría académica de la Universidad Católica de Chile. Stgo, Chile. 122 pp.
8. HUSCH, B; MILLER, CH. and BEERS, T. (1982). Forest mensuration. John Wiley & Sons. Canadá. 401 p.
9. IREN - CORFO (1978). Estudio de suelos de la provincia de Valdivia. Estudio realizado en convenio IREN - Universidad Austral de Chile, facultad de Ciencias Agrarias, Instituto de suelos y abonos. Santiago, Chile. 178 pp.
10. KRAMER, H. und AKÇA, A. (1982). Leitfäden für Dendrometrie und Bestandesinventur.

- J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt a. M. 251 p.
11. LOETSCH, F.; ZÖHRER, F. and HALLER, K. (1973). Forest inventory. Vol. II. München, BLV. 467 p.
12. PERALTA, M. (1976). Uso, clasificación y conservación de suelos. Servicio agrícola y ganadero. Stgo., Chile. 337 pp.
13. PRODAN, M. (1965). Holzmesslehre. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt. a. M. 644 p.
14. ZÖHRER, F. (1980). Forstinventur. Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin. 207 p.