

EVALUACION DE RALEOS EN MONTE BAJO DE *Eucalyptus globulus* (Labill) V REGION

Manuel Toral I. (*)
Ramón Rosende B. (**)
Gonzalo De Pablo B. (***)

RESUMEN

Se evalúa el comportamiento de un rodal de monte bajo de *Eucalyptus globulus* sometido a dos prácticas de raleo, y que está ubicado en la comuna de Santo Domingo, V Región.

Para cumplir con este objetivo se instaló en 1982 un dispositivo experimental en bloques al azar, con los siguientes tratamientos: testigo, raleo por lo bajo y raleo por lo alto. En ambas intervenciones se extrajo el 30% del número de árboles.

Se concluye, bajo las condiciones de esta experiencia, que el área basal ideal residual está próxima a $9,9 \text{ m}^2/\text{ha}$ y el área basal crítica cercana a $7,2 \text{ m}^2/\text{ha}$ o menor.

La mayor producción en términos de volumen, biomasa total, astillas para leña y aceites esenciales por unidad de superficie, se presenta en los tratamientos testigo y raleo por lo bajo.

ABSTRACT

The growth response to two thinning practices of a Eucalyptus globulus coppice stand, growing in the Santo Domingo coastal area, in Central Chile, was evaluated.

The trial was established in 1982. Experimental plots were arranged in randomized blocks, including from above and from below thinnings and control plots.

According to these results, the ideal residual basal area is near to $9.9 \text{ m}^2/\text{ha}$ and the critical basal area is $7.2 \text{ m}^2/\text{ha}$ or less.

The highest yields in terms of volume, total biomass, fuelwood and cineol were obtained with the control plots and with the treatment that considers thinning from below.

(*) Ingeniero Forestal, División Silvicultura, Instituto Forestal. Huérfanos 554, Piso 4°, Santiago - Chile.

(**) Ingeniero Químico, Depto. de Tecnología de la Madera, Universidad de Chile. Proyecto D.I.B., U. de Chile. A 2279 - 8734. Av. Santa Rosa 11315, Santiago - Chile.

(***) Ingeniero Forestal, Actividad Privada.

INTRODUCCION

Eucalyptus globulus ssp. globulus Labill, eucalipto, fue introducido en Chile el siglo pasado y actualmente existen en el país unas 64.000 ha de plantaciones. De esta superficie el 31,1% se encuentra en la V Región y se utiliza principalmente con fines energéticos o para producir postes, varas y madera para pulpa, en tanto que el 34,3% se localiza en la VIII Región, donde se produce madera aserrada, revestimientos, chapas, madera para astillas, y otros productos, incluidos leña, postes, varas y madera para pulpa (INFOR-CORFO, 1988). Sin embargo la especie está presente en casi todo el país, en variadas condiciones de sitio, demostrando así su adaptabilidad.

En relación al mercado externo en 1985, el monto de divisas originado por la exportación de productos de *Eucalyptus* fue de US\$ 14 millones, 0,4% del total de las ventas externas del sector. En 1987 las ventas externas de madera de esta especie registraron un crecimiento de 132% en relación a 1985, en tanto que el monto exportado en los seis meses transcurridos de 1988 casi a triplicado en términos nominales al de 1987 y representa el 2,4% de las exportaciones del sector. (INFOR, 1988).

En el mercado interno la madera para pulpa ha adquirido gran importancia y su precio aumentó de US\$ 8 m³ en 1983 a US\$ 28 m³ en el primer semestre de 1988. (INFOR, 1988).

Considerando la importancia económica de esta especie y la falta de información sobre su silvicultura, este trabajo pretende aportar algunos antecedentes sobre la producción en volumen sólido total, volumen de leña, biomasa y cineol por unidad de superficie, para el monte bajo de *E. globulus* en la V Región.

MATERIAL Y METODO

Area de estudio

El trabajo se desarrolló en el Fundo Vista Hermosa, ubicado en la comuna de Santo Domingo, Provincia de San Antonio, V Región.

Material

Rodal de monte bajo de *Eucalyptus globulus ssp. globulus* plantado en 1945 y cosechado en dos oportunidades, el que en la actualidad se encuentra en su tercera rotación.

Método

A la edad de 5 años (1982) se instaló un dispositivo experimental en bloques al azar con tres tratamientos: testigo, raleo por lo bajo y raleo por lo alto. En ambas intervenciones se raleó el 30% del número de árboles.

Previo a la ejecución del raleo, cada árbol en la parcela fue numerado y se midieron las siguientes variables de estado: diámetro del retoño a la altura del pecho 1,30 m, DAP (cm); diámetro del retoño a 10 cm de altura sobre su base, DAT (cm); diámetro de los tocones y número de retoños por tocón; altura total, HT (m). A la edad de 9 años se midieron las mismas variables de estado mencionadas y se voltearon algunos ejemplares a fin de validar las funciones de volumen y biomasa obtenidos por RIBALTA (1983). En forma conjunta se determinó la densidad básica de la madera y la producción de cineol para cada tratamiento.

Quantificación del volumen

Se utilizó la función obtenida por RIBALTA op. cit. y validada en este trabajo según la metodología propuesta por VALLEJOS (1979).

El modelo empleado fue el siguiente:

$$V = 3,320118 \times 10^{-3} + 2,9000294 \times 10^{-5} (\text{DAT}^2 \text{ H})$$

$$R^2 = 0,98 \quad \text{Syx} = 0,103$$

Donde:

V : Volumen sólido total del fuste con corteza (m³)

DAT : Diámetro del retoño a 10 cm de altura sobre su base (cm)

H : Altura total (m)

Quantificación de la leña

Para calcular el número de astillas cada tratamiento se evaluó por medio de las funciones desarrolladas por PEÑALOZA (1986). Los modelos empleados fueron los siguientes:

$$\text{Ln Totast} = -3,613203 + 1,124202 \text{ Ln DAT} + 1,100263 \text{ Ln H}$$

$$R^2 = 0,94 \quad \text{ES} = 3,3$$

$$\text{Ln Ast } 1^\circ = -6,747524 + 1,70022 \text{ Ln DAT} + 1,335130 \text{ Ln H}$$

$$R^2 = 0,94 \quad \text{ES} = 1,98$$

Donde:

Ln : Logaritmo natural

Totast : N° total de astillas

Ast 1° : N° de astillas de primera

R² : Coeficiente de determinación

E.S. : Error estándar de la estimación

Para el volumen de leña (m³/ha) se utilizó la función desarrollada por DE PABLO (1986) que establece:

$$VL = -1,476 \times 10^{-3} + 2,8427 \times 10^{-5} (\text{DAT}^2 \text{ H})$$

$$R^2 = 0,98$$

Donde:

VL = Volumen de leña (m³ c/c)

Cuantificación de la biomasa

La biomasa fue dividida en 4 componentes: fuste con corteza, hojas, ramas y ramillas. Se entiende por rama todo aquel material leñoso con corteza con un diámetro mínimo de 3 cm, y ramilla aquel material leñoso de menos de 3 cm de diámetro.

Para la estimación del peso seco de ramas y ramillas se utilizaron los siguientes modelos desarrollados por RIBALTA op. cit.:

Modelo para ramas (Ton)

$$\log_{10} \text{PSRA} = -4,6710 + 0,89032 \log_{10} (\text{DAP}^2 \text{ H})$$

$$R^2 = 0,72 \quad S_{yx} = 0,39$$

Modelo para ramillas (Kg)

$$\log_{10} \text{PSRM} = -1,89528 + 2,12505 \log_{10} \text{DAP}$$

$$R^2 = 0,86 \quad S_{yx} = 0,24$$

Donde:

\log_{10} : Logaritmo en base 10

PSRA: Peso seco ramas (Ton)

PSRM: Peso seco ramillas (Kg)

Para la estimación del peso seco de las hojas y del fuste con corteza se construyeron nuevos modelos, ya que no fue posible validar los desarrollados por RIBALTA op. cit.

Los modelos probados fueron los siguientes:

$$\begin{aligned} \text{PS} &= a + b \text{DAP} \\ \text{PS} &= a + b \text{DAPH} \\ \log_{10} \text{PS} &= a + b \text{DAP} \\ \log_{10} \text{PS} &= a + b \log_{10} \text{DAP}^2 \text{H} \end{aligned}$$

Donde:

PS : Peso seco anhidro (Kg)

El modelo final se seleccionó considerando su coeficiente de determinación, su error estándar y su simplicidad.

Densidad básica de la madera

Para el cálculo de la densidad básica se utilizó el método de máximo contenido de humedad, SMITH (1964). Este consiste en medir el peso de una probeta saturada y luego en estado anhidro, obteniéndose la densidad de acuerdo a la siguiente relación:

$$D_b = \frac{P_o}{(P_v - P_o) + P_o/1,53}$$

Donde:

Db : Densidad básica (g/cc)

Pv : Peso verde (g)

Po : Peso anhidro (g)

1,53 : Constante de densidad para la substancia celular

Las probetas se extrajeron a nivel del DAP en los árboles de las clases dominantes según cada tratamiento.

Producción de aceite esencial y cineol

Para cada tratamiento se escogieron árboles de las clases dominante y codominante, coleccionándose muestras foliares para ser analizadas en laboratorio. En los tratamientos con raleos se escogió también una muestra de hojas de la nueva retoñación.

En laboratorio el análisis constó de dos partes. La primera fue la separación del aceite esencial de las hojas, en tanto que la segunda fue la determinación del porcentaje de cineol.

Para separar el aceite esencial de las hojas se utilizó el método de destilación en corriente de vapor.

Para determinar el contenido de cineol, se utilizó un cromatógrafo de gases. El procedimiento consistió en comparar los valores obtenidos por tratamiento, versus una curva de calibración de cineol a diferentes concentraciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados se presentan por separado según los objetivos del estudio.

Variables de Estado: Volumen y Area Basal

En la Tabla 1 se presentan los promedios de las variables de estado, área basal y volumen por unidad de superficie, según tratamientos para las fechas F1 (antes del raleo), F2 (después del raleo) y F3 (cuatro años después de la intervención). De igual forma se presenta la significación estadística para estas variables en cada oportunidad.

TABLA 1
AREA BASAL Y VOLUMEN PROMEDIO DE E. globulus SEGUN TRATAMIENTO
(Fundo Vista Hermosa, Santo Domingo, V Región)

| TRATAMIENTOS | AREA BASAL (m ² /ha) | | | VOLUMEN (m ³ /ha) | | |
|-----------------|------------------------------------|-------|-------|---------------------------------|-------|--------|
| | F1 | F2 | F3 | F1 | F2 | F3 |
| Testigo = T | 13,5a | 13,5a | 25,3a | 81,8a | 81,8a | 211,8a |
| Raleo alto = Ra | 12,5a | 6,6b | 19,0b | 76,7a | 39,7b | 160,5b |
| Raleo bajo = Rb | 13,1a | 11,1c | 24,1a | 79,7a | 67,4c | 208,9a |

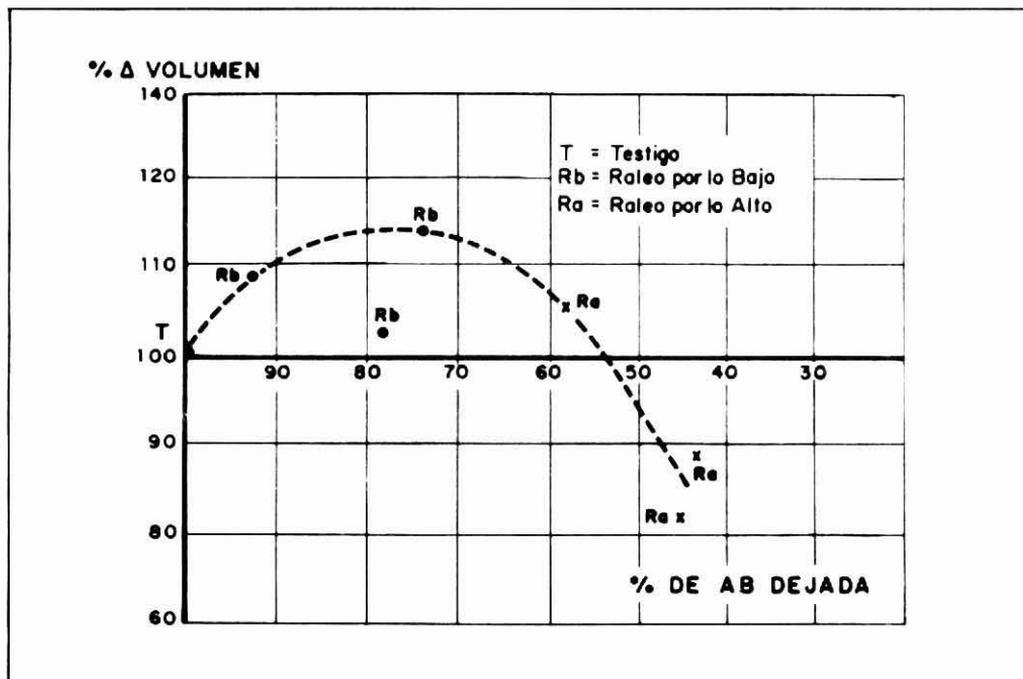
Letras distintas indica que hay diferencias significativas al 0.05.

En la Tabla 1 se puede apreciar que el área basal y el volumen por hectárea no presentaron diferencias estadísticas antes de la intervención (F1). Presentan diferencias en F2, donde todos los tratamientos son diferentes y en F3, la prueba de Duncan indica que el testigo y el raleo por lo bajo difieren significativamente del raleo por lo alto.

Porcentaje de Incremento en Volumen Según Area Basal Dejada

En la Figura 1 se presenta el porcentaje de incremento en volumen en el período transcurrido entre F2 y F3, según porcentaje de área basal dejada en relación al tratamiento testigo después del raleo.

FIGURA 1
PORCENTAJE DE INCREMENTO EN VOLUMEN SEGUN AREA BASAL DEJADA POR TRATAMIENTO



Al observar la figura 1 se advierte que el mayor porcentaje de incremento en volumen se obtiene en los tratamientos de raleo por lo bajo, donde se dejó en relación al testigo, un 74% del área basal que corresponde a 9,9 m²/ha, valor definido como óptimo por ASSMAN (1961). El área basal crítica se obtiene al dejar un 54% del área basal del testigo, es decir, 7,2 m²/ha o menos. Esta área basal crítica o mínima se define como aquella en que el incremento de los árboles que quedan en el bosque es igual o menor al incremento del testigo (VITA, 1978).

Volumen de Leña y N° de Astillas

En la Tabla 2 se presentan los rendimientos en volumen de leña (m^3/ha) y en número de astillas (N°/ha) por tratamiento. Al mismo tiempo se presenta la significación estadística para estas variables en la fecha F3.

TABLA 2
VOLUMEN DE LEÑA Y NUMERO DE ASTILLAS
EDAD: 9 AÑOS
(Fundo Vista Hermosa - Santo Domingo - V Región)

| TRATAMIENTO | VOLUMEN DE LEÑA (m^3/ha) | PROMEDIO DE ASTILLAS (N°/ha) | | |
|-------------|------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | | Total de Astillas | Astillas de 1 ^a | Astillas de 2 ^a |
| Testigo | 190,7a | 28.030a | 10.177a | 17.853a |
| Raleo alto | 146,7b | 19.725b | 7.576b | 12.149b |
| Raleo bajo | 192,1a | 26.885a | 10.273a | 16.612a |

Letras distintas indica que hay diferencias significativas al 0.05.

En la Tabla 2 se puede apreciar que existen diferencias significativas en el volumen de leña y el número de astillas entre los tratamientos. La prueba de Duncan indica que el testigo y el raleo por lo bajo son similares entre sí y difieren del raleo por lo alto.

Biomasa

En la Tabla 3 se presenta la producción promedio de la biomasa de los diferentes componentes según tratamiento, como también la significación estadística para estas variables en la fecha F3.

TABLA 3
BIOMASA POR COMPONENTE Y TRATAMIENTO
EDAD: 9 AÑOS
(Fundo Vista Hermosa, Santo Domingo, V Región)

| TRATAMIENTOS | BIOMASA (Ton/ha) | | | | | | |
|--------------|------------------|------|-------|-----|------------------|------|-------|
| | Fuste c/c | (%) | Hojas | (%) | Ramas y Ramillas | (%) | Total |
| Testigo | 95,8a | 58,2 | 8,9a | 5,4 | 60,1a | 36,4 | 164,8 |
| Raleo alto | 71,9b | 58,8 | 6,5b | 5,3 | 44,0b | 35,9 | 122,5 |
| Raleo bajo | 95,0a | 58,8 | 8,6a | 5,3 | 57,9a | 35,9 | 161,5 |

Letras distintas indica que hay diferencias significativas al 0.05.

En la Tabla 3 se puede apreciar que existen diferencias significativas para todos los componentes de la biomasa entre los tratamientos. Al igual que en las otras variables de estado, el test de Duncan indica que el tratamiento testigo y raleo por lo bajo no presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí y difieren del raleo por lo alto.

Para estimar biomasa de hojas y fuste con corteza los modelos seleccionados fueron los siguientes:

Modelo para hojas:

$$PS = -0,9649 + 0,0242 (DAPH)$$

$$R^2 = 0,91$$

Modelo para fuste:

$$\text{Log}_{10} PS = -1,622 + 0,9495 \text{Log}_{10} (DAP^2H)$$

$$R^2 = 0,96$$

Como los modelos utilizados difieren en su forma, no se logra una buena aditividad de ellos. KOZAK (1970) recomienda que los modelos deben ser similares, a objeto de lograr una buena aditividad entre los componentes parciales y el total de la biomasa. Sin embargo, esta aditividad se obvió en beneficio de los coeficientes de determinación.

Densidad de la Madera

En la Tabla 4 se presenta la densidad básica promedio para los distintos tratamientos y su significación estadística.

TABLA 4
DENSIDAD BASICA PROMEDIO Y SU SIGNIFICACION ESTADISTICA
EDAD: 9 AÑOS
(Fundo Vista Hermosa, Santo Domingo, V Región)

| TRATAMIENTOS | DENSIDAD BASICA (g/cc) |
|--------------|------------------------------|
| Testigo | 0,565a |
| Raleo alto | 0,611b |
| Raleo bajo | 0,569a |

Letras distintas indica que hay diferencias significativas al 0.05.

De acuerdo a estos resultados la densidad básica es mayor en el tratamiento raleo por lo alto y difiere significativamente del testigo y raleo por lo bajo.

La mayor densidad encontrada en el raleo por lo alto, puede deberse a que los árboles de este tratamiento presentan una tasa de crecimiento menor en relación a los árboles de los otros tratamientos. TISCHLER (1976), y HANS et al. (1972), manifiestan que la densidad de la madera está en relación con la velocidad de crecimiento, concluyendo que un crecimiento acelerado produce madera de menor densidad. Sin embargo, HILLIS (1978) quien cita a estos autores, considera esta relación como excepción y sostiene que la densidad media de un árbol muestra una correlación poco significativa con la tasa de crecimiento.

Producción de Aceite Esencial y Cineol.

En la Tabla 5 se presenta la concentración de aceite esencial y de cineol para los árboles de las clases dominantes, suprimidas y la retoñación.

TABLA 5
CONCENTRACION DE ACEITE ESENCIAL
Y CONTENIDO DE CINEOL EN LAS HOJAS (%)
(Fundo Vista Hermosa, Santo Domingo, V Región)

| (%) | TESTIGO EDAD: 9 AÑOS | | RALEO ALTO EDAD: 9 AÑOS | | RALEO BAJO EDAD: 9 AÑOS | | RETOÑACION EDAD: 4 AÑOS |
|--------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | Arbol Domi- nante | Arbol Supri- mido | Arbol Domi- nante | Arbol Supri- mido | Arbol Domi- nante | Arbol Supri- mido | |
| Aceite Esencial | 1,63 | 1,57 | 1,64 | 1,47 | 1,50 | 1,58 | 1,17 |
| Cineol | 70,6 | 70,5 | 70,6 | 63,2 | 62,3 | 66,3 | 60,1 |

En la Tabla 5 se puede apreciar que el porcentaje de aceite esencial de las hojas varía entre 1,47 - 1,64% y de éste, sólo entre un 60,1 y 70,6% es cineol. No se aprecia una gran variación en la concentración de aceite esencial para las diferentes clases de árboles.

A partir de las Tablas 3 y 5 se elaboró la Tabla 6 que estima la producción total de cineol para los diferentes tratamientos.

TABLA 6
PRODUCCION DE CINEOL (kg/ha)
EDAD: 9 AÑOS
(Fundo Vista Hermosa, Santo Domingo, V Región)

| TRATAMIENTO | PESO SECO HOJAS (kg/ha) | ACEITE ESENCIAL (%) | CINEOL PROMEDIO (%) | PRODUCCION DE ACEITE ESENCIAL (kg/ha) | PRODUCCION DE CINEOL (kg/ha) |
|-------------|-------------------------------|---------------------------|---------------------------|--|------------------------------------|
| Testigo | 8.898,5 | 1,60 | 70,6 | 142,4 | 100,5 |
| Raleo alto | 6.490,9 | 1,56 | 66,9 | 101,3 | 67,8 |
| Raleo bajo | 8.608,8 | 1,54 | 64,3 | 132,6 | 85,3 |

De estos datos se concluye que la mayor producción de cineol corresponde a la situación Testigo, con 100,5 kg/ha superando a los tratamientos de raleos alto y bajo en 32,7 y 15,2 kg/ha respectivamente. Esta diferencia se debe fundamentalmente a la cantidad en biomasa de hojas de los distintos tratamientos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Generalmente el objetivo de producción básico de un monte bajo de *E. globulus* en rotaciones cortas, es entregar productos de pequeñas y medianas dimensiones tales como leña, estacas, postes, madera para pulpa y algunos productos secundarios como aceite esencial.

Considerando estos objetivos y según los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir lo siguiente:

- La mayor producción en volumen total, volumen de leña, número de astillas, biomasa y cineol por hectárea, se obtiene en los tratamientos testigo y raleo por lo bajo. La menor producción se presenta en el tratamiento raleo por lo alto. Por consiguiente si el objetivo de producción es leña, estacas, madera para pulpa y cineol no se recomienda ralear.
- Si el objetivo es la producción de postes, se recomienda ralear por lo bajo, ya que mientras menos retoños se mantengan en cada tocón mayor será la ganancia en diámetro y rectitud de los fustes.
- Bajo las condiciones de este estudio, el área basal óptima se presenta al dejar 9,9 m²/ha en el tratamiento raleo por lo bajo a la edad de 5 años. El área basal crítica de 7,2 m²/ha o menos, se obtiene en el tratamiento de raleo por lo alto.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Sociedad Agrícola Ariztía, en la persona del Ingeniero Forestal Sr. Eduardo Ribalta S., por proporcionar los recursos humanos, logísticos y la instalación del ensayo que dio origen a este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ASSMAN, E. 1961. Waldertragskunde. Munchen, Bonn. Wien. BLV. Verlagsgesellschaft. 490 p.
2. DE PABLO, G. 1986. Análisis Comparativo de Raleo en un Monte Bajo de *Eucalyptus globulus* (Lab), San Antonio, V Región. Tesis. Santiago. U. de Chile, Esc. de Ing. For. 86 p.
3. HILLIS, W.E. 1978. Wood Quality and Utilization. In: W.E. Hi-Hillis and A.G. Brown (Editors) *Eucalyptus for Wood Production* CSIRO, Australia. 434 p.
4. INSTITUTO FORESTAL. 1987. Especies Forestales Exóticas de Interés Económico para Chile. Santiago, Chile. INFOR - CORFO, Gerencia de Desarrollo AF 86/32. 168 p.
5. INSTITUTO FORESTAL - CORPORACION DE FOMENTO DE LA PRODUCCION. 1988. La Potencialidad Económica del Género *Eucalyptus* para Chile. En: Boletín de Mercado Forestal. Santiago, Chile. CONAF. Año VI N° 89.
6. KOZAK, K.A. 1970. Methods of Ensuring Additivity of Biomass Components by Regression Analysis. *The Forestry Chronicle* 46 (5) 402-404.
7. PEÑALOZA, M.S. 1986. Tablas Generales de Producción de Leña para *Eucalyptus globulus* (Lab) en la Región Metropolitana. Santiago, Chile. CONAF. Boletín Técnico N° 28. 87 p.
8. RIBALTA, E. 1983. Evaluación de la Producción y Productividad del Monte Bajo de *Eucalyptus globulus* (Lab), V Región. Tesis. Santiago. U. de Chile, Esc. de Ing. For. 124 p.
9. SMITH, D.M. 1965. Rapid Measurement of Tracheid Cross-Sectional Dimensions of Conifers: Its Application to Specific Gravity Determinations. *For. Prod. J.*, 15 (8): 325-34.
10. VALLEJOS, S.J. 1979. Un Método para Evaluar la Exactitud de la Función de Volumen. INFOR, Informe Técnico 75. 18 p.
11. VITA, A. 1978. Los Tratamientos Silviculturales. Texto 1. Santiago. U. de Chile. Fac. Cs. Forestales. 102 p.