

EFECTO DEL RALEO EN LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DE

Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden

Fernando Muñoz, Alfonso Neira y Jorge Cancino

RESUMEN

Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden se ha posicionado como especie alternativa para la creación de bosques de rápido crecimiento y tolerante a un amplio rango de condiciones ambientales. Con la aplicación de raleos y podas se espera que se genere oferta de productos de alta calidad que incremente el valor y la rentabilidad de las plantaciones con esta especie. El presente estudio persigue evaluar el efecto del raleo en la densidad básica de la madera de *E. nitens* y modelar dicha densidad básica a lo largo de la altura fustal. El ensayo fue realizado en un rodal de *E. nitens* localizado en Arauco, zona central de Chile. El efecto de la densidad re-

sidual de plantación en la densidad básica de la madera se determinó utilizando un diseño experimental con el factor densidad residual de plantación en tres niveles (1100 (sin raleo), 800 y 400 arb/ha) y cada nivel con tres repeticiones. Para la modelación de la densidad básica de la madera se realizaron ajustes de polinomios segmentados. Se determinó que ocho años después del raleo, éste no tuvo efecto significativo en la densidad básica de la madera de *E. nitens*. El modelado de la densidad básica alcanzó resultados satisfactorios y consistentes cuando se ajustó el promedio según altura relativa utilizando un modelo segmentado.

Introducción

El establecimiento de plantaciones de *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden constituye una nueva alternativa para la creación de bosques con una especie de rápido crecimiento y tolerante a un amplio rango de condiciones ambientales (Muñoz *et al.*, 2005). La superficie mundial de plantaciones con esta especie es de ~340000ha, distribuidas en Australia (Tasmania y Victoria), Chile, Sudáfrica, Nueva Zelanda, Portugal y España. La mayor parte (88%) de esa superficie se encuentra en Australia y Chile (INFOR, 2004a). En ambos países se le utiliza mayoritariamente para la obtención de trozas pulpables (INFOR, 2004b) que tienen menor valor que trozas para madera aserrada y/o chapas.

La aplicación de raleo en plantaciones forestales comerciales es una práctica frecuente. El raleo consiste

en la regulación sistemática, controlada y acelerada, de la densidad en rodales jóvenes, con el objetivo de estimular el crecimiento de los árboles remanentes escogidos (Hawley y Smith, 1972). La aplicación de raleo tiene efecto en la calidad de la madera, principalmente en su densidad (Shepherd, 1986) debido a que la tasa de crecimiento de los árboles remanentes se incrementa, generando una mayor proporción de madera juvenil y por lo tanto, una menor densidad básica de madera (Leitch, 2001). La densidad básica de la madera también varía con la edad (Peredo *et al.*, 2007), características genéticas de la especie (Prado y Barros, 1989) y disponibilidad de agua en el suelo (Harris y Cown, 1991).

La densidad básica es uno de los parámetros más utilizados para evaluar y determinar la calidad de la madera (Droppelmann, 2007) y es un factor crítico para

la obtención de productos de plantaciones forestales de corta rotación (Wimmer *et al.* 2002). Definida como el cociente entre la masa de madera seca por unidad de volumen de madera verde ($\text{ton}\cdot\text{m}^{-3}$), se relaciona directamente con sus propiedades físicas (rigidez y resistencia, hinchamiento y contracción), acústicas y térmicas. También se le asocia con la trabajabilidad de la madera y con el rendimiento y la calidad de la pulpa (Bamber y Burley 1983; Harris y Cown 1991; Cown 1992). La generación de una diversa gama de productos a partir de las plantaciones con la especie *E. nitens* estará sujeta, en gran medida, al conocimiento de densidad de madera. En el presente estudio se evalúa el efecto del raleo en la densidad básica de la madera de *E. nitens*, y se modelan los cambios de dicha densidad a lo largo de la porción comercial del fuste.

Métodos

Características del sitio

El ensayo se estableció en la localidad de Los Álamos (37°38'S, 73°27'O), provincia de Arauco, Región del Bío Bío, zona central de Chile, en un rodal de *E. nitens* de 4,2ha de superficie (Figura 1). El sitio está localizado a 180m de elevación y presenta topografía de lomaje suave. El suelo es originado a partir de sedimentos marinos, clasificados en el orden Alfisol, suborden Xeralfs. Son suelos de textura franco arcillosa, ligeramente plásticos y adhesivos en húmedo, duros y compactos en seco (Carrasco y Millán, 1990). La temperatura varía entre una media máxima en enero de 23,2°C y una media mínima en julio de 6,0°C. La precipitación promedio anual es de 1437mm con un período seco de cinco meses, y la radiación solar promedio anual

PALABRAS CLAVE / Densidad de Madera / *Eucalyptus nitens* / Plantaciones Forestales /

Recibido: 14/04/2009. Modificado: 18/06/2010. Aceptado: 21/06/2010.

Fernando Muñoz. Ingeniero Forestal, Universidad Austral de Chile. Magíster en Ciencias Forestales, Universidad de Concepción (UdeC), Chile. Doctor,

Universidad de Córdoba, España. Docente, UdeC, Chile. Dirección: Facultad de Ciencias Forestales. Victoria 631, Concepción, Chile. e-mail: fmunoz@udec.cl

Alfonso Neira. Ingeniero Forestal, UdeC, Chile. Consultor Forestal.

Jorge Cancino. Ingeniero Forestal, UdeC, Chile. Doctor, Georg-August-Universität Göttingen, Alemania. Docente, UdeC, Chile.

THE EFFECT OF THINNING ON THE WOOD BASIC DENSITY OF *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden

Fernando Muñoz, Alfonso Neira and Jorge Cancino

SUMMARY

Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden has positioned itself as an alternative species for the creation of forests of rapid growth, tolerant to a wide range of environmental conditions. A large supply of high quality products is expected by implementation of intensive thinning and pruning, which will increase the economical values and profitability obtained from this plantations. The present study aims to evaluate the effect of thinning on the basic density of *E. nitens* wood, and to model the basic wood density according to log height. The experiment was carried on an *E. nitens* stand located in Arauco, Central Chile. A factorial model with three levels was used as the experimental

design for evaluation of the effect of residual stand density on basic wood density. The main factor is the residual stand density and the treatments are 1100 (without thinning), 800 and 400 trees/ha using three repetitions per treatment. For the modeling of basic wood density, regression models of segmented polynomial were utilized. Eight years after thinning the results showed that it did not have significant effect in the *E. nitens* basic wood density. On the other hand, modeling basic wood density reached acceptable and consistent levels when the segmented model was used to adjust the average by relative height class.

EFEITO DO RALEIO NA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden

Fernando Muñoz, Alfonso Neira e Jorge Cancino

RESUMO

Eucalyptus nitens (Deane & Maiden) Maiden tem se posicionado como espécie alternativa para a criação de bosques de rápido crescimento e tolerante a uma ampla variedade de condições ambientais. Com a aplicação de raleios e podas espera-se gerar oferta de produtos de alta qualidade que incrementar o valor e a rentabilidade das plantações com esta espécie. O presente estudo busca avaliar o efeito do raleio na densidade básica da madeira de *E. nitens* e modelar dita densidade básica ao longo da altura do fuste. O ensaio foi realizado em um stand de *E. nitens* localizado em Arauco, zona central do Chile. O efeito da densidade residual de plantação na densidade bási-

ca da madeira se determinou utilizando um desenho experimental com o fator densidade residual de plantação em três níveis (1100 (sem raleio), 800 e 400 arb/ha) e cada nível com três repetições. Para a modelação da densidade básica da madeira se realizaram ajustes de polinômios segmentados. Determinou-se que oito anos depois do raleio, este não teve efeito significativo na densidade básica da madeira de *E. nitens*. O modelado da densidade básica alcançou resultados satisfatórios e consistentes quando se ajustou a média segundo classe de altura relativa utilizando um modelo segmentado.

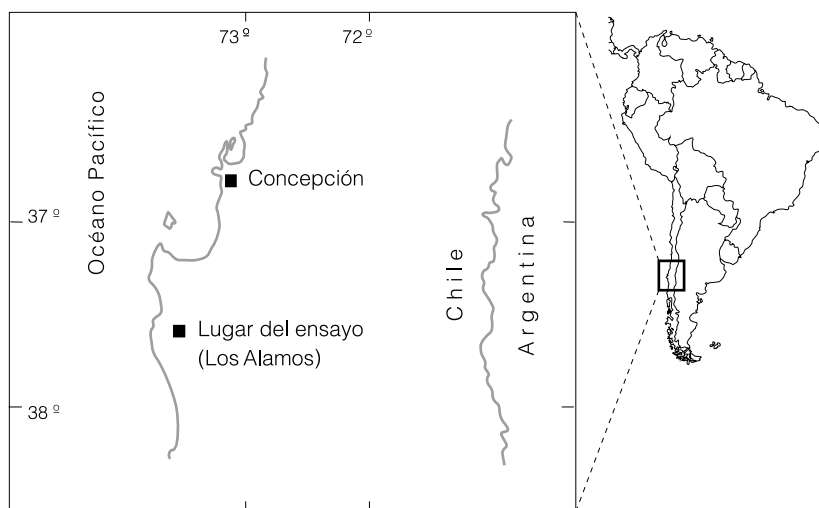


Figura 1. Ubicación del ensayo en la provincia de Arauco, zona central de Chile.

es de 327 Ly/día (Santibáñez y Uribe 1993).

La plantación se llevó a cabo en el invierno de 1989 con un espaciamiento de

2,0x3,5m, sobre líneas de subsolado, con plantas producidas de semillas de procedencia Toorongó (Victoria, Australia). Previo a la plantación se

efectuó control de malezas. El cultivo anterior fue una plantación de pino radiata (*Pinus radiata* D. Don), cuyos residuos de cosecha fueron quemados (Muñoz *et al.* 2005).

Diseño experimental y mediciones

Los tratamientos correspondieron a tres densidades residuales de rodal (1100 (sin raleo), 800 y 400 arb/ha), constituyendo un diseño completamente aleatorio, con tres repeticiones, con un total de 9 parcelas a las que se les asignaron los tratamientos en

forma aleatoria (Muñoz *et al.*, 2008). Las parcelas son cuadradas de 324m² (18x18m) y se encuentran rodeadas por una franja perimetral de aislamiento de 5m de ancho. En octubre de 2004 y cuando el rodal tenía 15 años, se seleccionó aleatoriamente en cada parcela un árbol que correspondiera a la clase de diámetro medio (Pardé 1980). En total se seleccionaron 9 árboles (tres árboles por cada tratamiento). En la Tabla I se presenta los valores medios de variables medidas en los árboles derribados.

Luego de seleccionados, los árboles fueron derribados y trozados en siete secciones a 0,6% (altura de tocón), 8, 28, 48, 68, 88 y 100% de su altura comercial (diámetro límite de utilización de 8cm). Desde la base de cada una de las seccio-

nes se obtuvo un disco o rodela de aproximadamente 5cm de espesor. En total se obtuvieron 63 rodelas. En laboratorio las rodelas fueron secadas a 75°C por 48h y luego pesadas para obtener la masa seca (Muñoz *et al.*, 2008). El volumen verde se obtuvo utilizando el método del pictómetro (Blake and Hartge, 1986). La densidad básica de la madera ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) fue el resultado del cociente entre la masa seca y el volumen verde.

Análisis de datos

El efecto del raleo en la densidad básica de la madera de *E. nitens* se determinó mediante análisis de varianza (ANOVA) para diseño con un factor, mientras que para las comparaciones de medias, se utilizó la prueba de Tukey. Las diferencias fueron consideradas significativas con $p < 0,05$. Para el procesamiento se utilizó el software Statistica versión 6 para Windows (StatSoft, 2001).

En el modelado de la densidad básica de la madera de *E. nitens* se utilizaron dos modelos segmentados. El primer modelo es

$$Y_i = b_0 + \frac{b_1}{2} \left(c + \frac{x^2}{c} \right)$$

cuando $x \leq c$, y $Y_i = b_0 + b_1 x$ cuando $x > c$, que resulta de la unión del modelo parabólico y la recta $Y_i = b_0 + b_1 x$, incorporando restricciones de igualdad de pendiente y continuidad en el punto de unión (parámetro c).

El segundo modelo corresponde a

$$Y_i = b_0 + \frac{b_1}{3} \left(2c + \frac{x^3}{c^2} \right)$$

cuando $x \leq c$, y cuando $Y_i = b_0 + b_1 x$ cuando $x > c$, resultante de la unión de $Y_i = a_0 + a_1 x^3$ y la recta $Y_i = b_0 + b_1 x$.

En ambos modelos, Y_i : densidad básica de la madera ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), b_0 , b_1 y c : estimadores de los parámetros, y x : la altura relativa comercial.

El ajuste de los modelos se ejecutó empleando el software estadístico SAS v7 (SAS,

TABLE I
VALORES MEDIOS DE VARIABLES MEDIDAS EN LOS ÁRBOLES DERRIBADOS

Densidad residual de rodal (arb/ha)	Dap (cm)	Altura total (m)	Altura comercial (m)	Altura tocón (cm)	Diámetro tocón (cm)
1100 (sin raleo)	23,4	32,0	24,6	14,7	28,4
800	28,0	37,9	31,6	16,3	34,1
400	33,5	37,1	31,1	20,0	38,6

TABLE II
ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA) DE LA DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA SEGÚN EL FACTOR DENSIDAD RESIDUAL DE RODAL

Fuente	gl	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F	p
Densidad residual	2	397,21	198,604	0,20	0,8209
Error	6	5842,06	973,677		
Total	8	6239,27			

1998). Se realizaron ajustes de acuerdo a 1) agrupación de árboles muestreados, 2) niveles de densidad residual, 3) promedio de densidad básica según altura relativa.

Resultados y Discusión

Efecto de la densidad residual de rodal en la densidad básica de la madera

La densidad residual de rodal no tiene efecto en la densidad básica de la madera de *E. nitens* ($p = 0,8209$; Tabla II). La densidad básica media del tratamiento 1100 arb/ha es levemente superior (3,3%) a la densi-

dad básica media del tratamiento 400 arb/ha (Tabla III), pero la diferencia no es significativa, debido probablemente a la gran variación entre árboles dentro de los tratamientos. El raleo genera cambios en la tasa de crecimiento de los árboles residuales (Shepherd, 1986; Leitch, 2001) con lo que es de esperar cambios en la densidad de la madera, aunque en eucalipto la rela-

TABLE III
DENSIDAD BÁSICA PROMEDIO ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$) DE *E. nitens* SEGÚN DENSIDAD RESIDUAL DE RODAL

Densidad residual de rodal (arb/ha)	Densidad básica promedio ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)	Desviación estándar ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
1100 (sin raleo)	511,4 a	36,9
800	503,9 a	36,6
400	495,1 a	14,5

Letras diferentes en la columna indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

TABLE IV
DENSIDAD BÁSICA DE LA MADERA DE *E. nitens*, SEGÚN DENSIDAD RESIDUAL DE RODAL, A DIFERENTES ALTURAS DEL FUSTE COMERCIAL (FC) DE LOS ÁRBOLES

Sección	Altura de sección FC (m)	Altura relativa FC (%)	Densidad residual de rodal			Densidad promedio ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
			1100 arb/ha	800 arb/ha	400 arb/ha	
S0	0,17 *	0,6	494,4 a	465,9 a	466,3 a	475,5 a
S1	2,40	8,2	475,8 a	483,1 a	462,4 a	473,7 a
S2	8,22	28,3	484,4 a	495,5 a	467,6 a	482,5 a
S3	14,03	48,2	511,9 ab	500,5 ab	493,1 ab	501,8 ab
S4	19,84	68,2	518,9 ab	502,4 ab	527,6 ab	516,3 ab
S5	25,67	88,2	548,1 b	522,3 b	528,2 b	532,8 b
S6	29,09	100	546,6 b	557,9 b	521,2 b	541,8 b

*: Altura de tocón.

Letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$).

ción entre tasa de crecimiento y densidad de la madera es poco significativa (Greaves *et al.* 1997, Tibbits y Hodge 1998).

Cambios de la densidad básica de la madera a lo largo de la porción comercial del fuste

La densidad básica de la madera de *E. nitens* aumenta desde la base hacia el ápice del árbol, presentado diferencias significativas entre la parte basal y apical de los árboles, tendencia que se expresa para todos los niveles de densidad analizados (Tabla IV). En la sección ubicada entre S0 (0,17m; altura de tocón) y S1 (2,40m; 8% de la altura comercial), se registra un leve descenso de la densidad básica, aunque no es significativa. El aumento de la densidad básica promedio desde las secciones más bajas hasta las superiores, presenta la misma tendencia en los tres tratamientos de densidad residual (Tabla IV, Figura 2). Los resultados obteni-

dos en este estudio son similares a los obtenidos en *E. nitens* en Sudáfrica por Purnell (1988), en Australia por Nielsen y Pinkard (2000) y en Chile por Mariani *et al.* (2005), y en *E. globulus* y *E. nitens* en Australia por Raymond y MacDonald (1998). En todos ellos, la densidad básica de la madera aumenta del tocón al ápice. Esto es importante para la definición de esquemas de trozado del fuste, utilizando criterios dimensionales (diámetro) y de calidad pulpable de los trozos. Es decir, trozos de madera de bajo diámetro ubicados cerca del ápice presentan mejores condiciones para la fabricación de pulpa.

En la Figura 2 se aprecia que los tratamientos (sin raleo (1100 arb/ha) y 400 arb/ha) la densidad básica disminuye en el sección del fuste S0-S1, es decir, <8% de su altura comercial. Los valores altos de la densidad básica en la sección S0 del árbol (tocón) pueden originarse por la interacción que ocurre entre esta sección y factores edafoclimáticos, especialmente las condiciones edáficas para el anclaje del árbol y la acción del viento, que genera madera con alto contenido de duramen. Mariani *et al.* (2005) determinaron en *E. nitens* de nueve años una estrecha relación entre densidad básica y proporción de duramen, presentando los mayores valores de duramen en la sección del tocón de los árboles.

Modelado de la densidad básica a lo largo de la altura de los árboles

El segundo de los modelos (segmentado) es el que mejor representa la densidad básica a lo largo de la altura de los árboles. El modelo resulta de

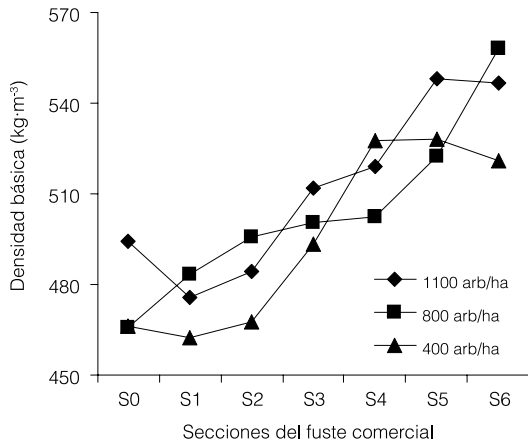


Figura 2. Representación de la densidad básica promedio de la madera según densidad residual de rodal, a diferentes secciones a lo largo del fuste comercial de los árboles.

TABLA V
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO SEGMENTADO (2)
DE DENSIDAD BÁSICA SEGÚN ALTURA RELATIVA

Tratamiento	Fuente	DF	Suma de cuadrados	Cuadrado de media	F	Aprox pr>F
Promedio	Modelo	2	4598,2	2299,1	1322,80	<0,0001
	Error	4	6,9522	1,7381		
	Total corregido	6	4605,1			

TABLA VI
ESTIMADORES DE LOS PARÁMETROS DEL MODELO
SEGMENTADO (2) AJUSTADO CON DATOS PROMEDIOS
DE DENSIDAD

Tratamiento	Parámetro	Estimador	Error estándar	Límite confianza 95%
Promedio	b_0	460,6	1,6186	456,1 - 465,1
	b_1	81,7124	2,2641	75,4 - 88,0
	c	0,2536	0,0296	0,17 - 0,34

la unión del segmento parabólico $Y_i = a_0 + a_1 x^3$ (que corresponde a la parte basal del

comportamiento de la densidad, no es significativo o no es consistente.

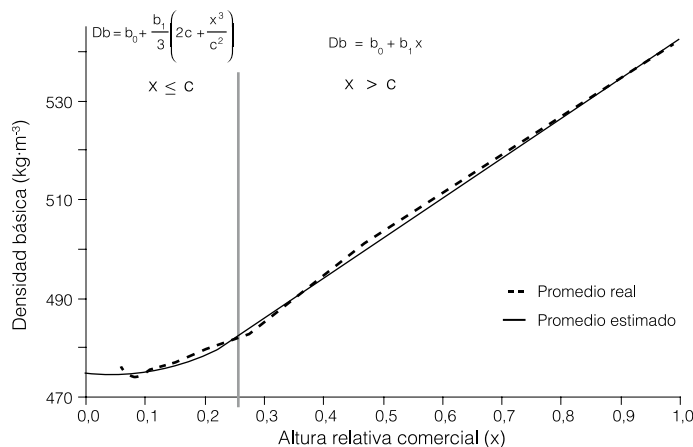


Figura 3. Modelamiento de la densidad básica de la madera obtenido del ajuste con datos promedios de densidad básica (Db) según altura relativa del fuste (x).

árbol) y el segmento recto $Y_i = b_0 + b_1 x$. El mejor ajuste se obtuvo con los datos promedios de densidad básica según altura relativa (Tablas V y VI). Los otros ajustes (según nivel de densidad residual y agrupación de todos los árboles) no logran estimadores significativos de los parámetros b_0 , b_1 y c . En particular el parámetro c (punto de unión entre el segmento no lineal y segmento recto), el cual indica el punto de cambio en el

La estimación de los parámetros b_0 , b_1 y c es significativa y presenta mayor consistencia, con reducida magnitud del error estándar y límites de confianza más estrechos para los estimadores (Tabla VI). El valor del estimador del parámetro c (0,2536) indica que a partir del 25,36% de la altura comercial del fuste comienza a experimentarse un aumento lineal de la densidad básica de la madera. La curva promedio de la densidad básica real (Figura 3), señala que el comienzo del aumento de la densidad de la madera ocurre en forma aproximada entre el 10 y el 30% de la altura comercial.

Los resultados obtenidos en la modelación de la densidad básica promedio permiten inferir que el modelo seleccionado representa bien al comportamiento real de la densidad básica a lo largo de la altura del fuste. No obstante, dada la alta variabilidad de la densidad a lo largo del fuste, lo óptimo es muestrear de manera intensiva puntos donde ocurra un notorio cambio de la densidad de la madera. Es decir, aumentar la intensidad de muestreo en la zona de cambio de densidad básica, entre 10 y 30% de la altura relativa del fuste comercial.

Conclusiones

La densidad básica promedio de la madera de *E. nitens* no es afectada por la densidad residual del rodal, señalando con ello que la relación entre tasa de crecimiento y densidad de la madera es poco significativa. La densidad básica aumenta desde la base hacia el ápice del árbol, presentando diferencias significativas entre su parte basal y apical, tendencia que se expresa para todos los niveles de densidad residual de rodal analizados. El modelo que mejor explica cómo varía la densidad básica de la madera a lo largo de la altura fustal se obtiene ajustando un modelo seg-

mentado con datos promedio de densidad básica en cada altura relativa.

REFERENCIAS

- Bamber R, Burley J (1983) *The wood properties of radiata pine*. Commonwealth Agricultural Bureau. London, RU. 84 pp.
- Blake G, Hartge K (1986) Picnometer Method. En Klute A (Ed.) *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph N° 9. 2nd ed. American Society of Agronomy, Soil Science Society of America. Madison, WI, EEUU. pp. 377-382.
- Carrasco P, Millán J (1990) *Proyecto de suelos forestales de la VIII Región*. Universidad de Concepción, Ministerio de Agricultura. FIA. Chillán, Chile. 152 pp.
- Cown DJ (1992) *New Zealand radiata pine and Douglas fir: suitability for processing*. FRI Bulletin N° 168. Forest Research Institute. Rotorua, New Zealand. 73 pp.
- Droppelmann F (2007) *Variación genética de la densidad de la madera en Pinus radiata D. Don*. Tesis. Universidad de Córdoba. España. 92 pp.
- Greaves BL, Borralho NMG, Raymond CA, Evans R, Whiteman P (1997) Age-age correlations in, and relationships between basic density and growth in *Eucalyptus nitens*. *Silv. Genet.* 46: 264-270.
- Harris J, Cown DJ (1991) Basic wood properties. En Kininmonth JA, Whitehouse LJ (Eds.) *Properties and Uses of New Zealand Radiata Pine*. 6.1-6.28. Forest Research Institute. Rotorua, New Zealand. 238 pp.
- Hawley R, Smith D (1972) *Silvicultura Práctica*. Omega. Barcelona, España. 543 pp.
- INFOR (2004a) *Eucalyptus nitens en Chile: Primera monografía*. Informe Técnico N° 165. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 143 pp.
- INFOR (2004b) *Eucalyptus nitens en Chile: Economía y mercado*. Informe Técnico N° 166. Instituto Forestal. Valdivia, Chile. 80 pp.
- Leitch MA (2001) Vessel-element dimensions and frequency within the most current growth increment along the length of *Eucalyptus globulus* stems. *Trees* 15: 353-357.
- Mariani S, Pobrete H, Torres M, Fernández A, Morales E (2005) Caracterización física y química de *Eucalyptus nitens* con la altura. *Segundo Coloquio Internacional sobre Celulosa de Eucalipto*. Concepción, Chile. pp. 29-36.
- Muñoz F, Espinosa M, Herrera MA, Cancino J (2005) Características del crecimiento en diámetro, altura y volumen de una plantación de *Eucalyptus nitens* sometida a tratamientos silvícolas de poda y raleo. *Bosque* 26: 93-99.
- Muñoz F, Rubilar R, Espinosa M, Cancino J, Toro J, Herrera M (2008) The effect of pruning and thinning on above ground aerial biomass of *Eucalyptus nitens* (Deane & Maiden) Maiden. *Forest Ecol. Manag.* 255: 365-373.
- Nielsen W, Pinkard E (2000) Developing silvicultural regimes for sawlog and veneer production from temperate eucalypt plantations in Tasmania. En Henderson L, Waugh G, Nolan G, Bennett P (Eds.) *The Future of Eucalypts for Wood Products*. Proc. IUFRO Conf., 19-24/03/2000. Launceston, Australia. pp. 335-348.
- Pardé DR (1980) Forest biomass. Review article. *Forest Prod. Abstr.* 41: 343-362.
- Peredo M, Mora C, Ramírez M (2007) *Efecto del espaciamiento en la densidad básica y aptitud pulpería de la madera de Eucalyptus nitens*. Bioforest S.A. Concepción, Chile. 8 pp.
- Prado A, Barros S (1989) *Eucalyptus*. *Principios de Silvicultura y Manejo*. Instituto Forestal, CORFO. Santiago de Chile. 199 pp.
- Purnell RC (1988) Variation in wood properties of *Eucalyptus nitens* in a provenance trial on the Eastern Transvaal Highveld in South African. *S. Afr. Forest. J.* 144: 10-22.
- Raymond CA, MacDonald AC (1998) Where to shoot our pilotyn within tree variation in basic density in plantation *Eucalyptus globulus* and *E. nitens* in Tasmania. *New Forests* 15: 205-221.
- Santibáñez F, Uribe J (1993) *Atlas Agroclimático de Chile. Regiones Sexta, Séptima, Octava y Novena*. Universidad de Chile, Ministerio de Agricultura, Corporación Nacional de Fomento. Santiago, Chile. 99 pp.
- SAS (1998) SAS Institute Inc., Cary, NC, EEUU.
- Shepherd K (1986) *Plantation Silviculture*. Nijhoff. Dordrecht, Holanda. 216 pp.
- StatSoft (2001) STATISTICA Ver. 6. www.statsoft.com.
- Tibbits W, Hodge G (1998) Genetic parameters and breeding value predictions for *Eucalyptus nitens* wood fiber production traits. *Forest Sci.* 44: 587-598.
- Wimmer R, Downes G, Evans R (2002) High-resolution analysis of radial growth and wood density in *Eucalyptus nitens*, grown under different irrigation regimes. *Ann. Forest Sci.* 59: 519-524.