

Efectos de distintas dosis de fertilizante de liberación controlada (Osmocote®) en el desarrollo de plantas de coigüe, raulí y ulmo

Effects of different doses of slow-release fertilizer (Osmocote®) in the development of coigüe, raulí and ulmo seedlings

Fernando Bustos^a, Mauro E González^a, Pablo Donoso^{a*}, Víctor Gerding^a, Claudio Donoso^a, Bernardo Escobar^a

*Autor de correspondencia: ^aUniversidad Austral de Chile, Instituto de Silvicultura, casilla 567, Valdivia, Chile, pdonoso@uach.cl

SUMMARY

This study was carried out with the goal of determining the effects of different doses of slow-release fertilizer (Osmocote®) in the development of aerial and root biomass of the native species *Nothofagus dombeyi*, *Nothofagus nervosa*, and *Eucryphia cordifolia*. Seedlings were raised in containers of 130 cm³ filled with decomposed bark of *Pinus radiata* calibrated to particles ≤ 10 mm. This substrate was mixed with three doses of Osmocote® (18N-6P-12K): 2.5 kg m⁻³ (low), 5.0 kg/m³ (medium) and 7.5 kg m⁻³ (high). The experimental design used was a complete random block with three replications. The variables analyzed were the diameter at the root-collar, total height, and aerial (dry weight of leaves and stems) and root (dry weight of fine and thick roots) biomass. Seedlings of *N. nervosa* achieved greater dry biomass than the two other species for all three doses. *Nothofagus dombeyi* and *E. cordifolia* seedlings yielded the greatest increments in growth and biomass with the higher fertilizer doses (7.5 kg/m³), but in the case of *N. nervosa* dry weight of leaves and dry weight of stems were greater with the medium doses. *Nothofagus nervosa* and *E. cordifolia* showed a greater response in biomass than *N. dombeyi* with lower nutritional doses. *Nothofagus dombeyi* and *E. cordifolia* reached a better balance between the aerial and root system, and between fine and coarse roots, than *N. nervosa*. These findings suggest the need of considering other nursery cultural management activities in order to achieve more balanced plants that should perform better in the field.

Key words: aerial biomass, root biomass, plant propagation, *Nothofagus*, *Eucryphia*.

RESUMEN

El presente estudio tuvo por objetivo determinar en coigüe (*Nothofagus dombeyi*), raulí (*Nothofagus nervosa*) y ulmo (*Eucryphia cordifolia*) la respuesta en el desarrollo aéreo y radicular en vivero de distintas dosis de fertilizante encapsulado de liberación controlada (Osmocote®). Las plantas fueron cultivadas por un período de siete meses en contenedores de polietileno expandido de 130 cm³ con un sustrato de corteza compostada calibrada a tamaños de partículas ≤ 10 mm, el cual fue mezclado con Osmocote® (18-6-12) en tres dosis: 2,5 kg m⁻³ (baja), 5,0 kg m⁻³ (media) y 7,5 kg m⁻³ (alta). El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con tres repeticiones. Las variables analizadas fueron el diámetro a la altura del cuello, la altura total del tallo, y biomasa aérea (peso tallos y hojas) y radicular (raíces finas y gruesas). Las plántulas de *N. nervosa* alcanzaron mayor biomasa seca que las otras dos especies para las tres dosis. Las plántulas de *N. dombeyi* y *E. cordifolia* que recibieron la dosis alta presentaron crecimientos y biomasa significativamente mayores que las de dosis media y baja, aunque para *N. nervosa* con la dosis media, para las variables peso seco tallo y peso seco hojas, se alcanzaron mejores resultados. *Nothofagus nervosa* y *E. cordifolia* respondieron en mayor magnitud que *N. dombeyi* con su producción de biomasa ante un menor estímulo nutritivo. *Nothofagus dombeyi* y *E. cordifolia* lograron un mejor balance que *N. nervosa* entre la parte aérea y radicular, y entre raíces finas y gruesas. Estos resultados sugieren la necesidad de considerar el manejo de otras actividades culturales en vivero de manera de lograr plantas más equilibradas para su mejor funcionamiento en terreno en términos de supervivencia y crecimiento inicial, durante la fase de establecimiento de la plantación.

Palabras clave: biomasa aérea, biomasa radicular, propagación de plantas, *Nothofagus*, *Eucryphia*.

INTRODUCCIÓN

La demanda creciente que en la actualidad existe por plantas de especies latifoliadas tanto en Chile (CONAF 2005, 2006) como en otras zonas templadas (Barret y Jacobs 2006) obedece

al interés por usar estas especies no sólo para producción de madera, sino que también para actividades asociadas a la conservación de suelos y agua, mejoramiento de hábitat para la vida silvestre y en general para el desarrollo sostenible del sector forestal productivo (Donoso y Otero 2005).

El éxito de las plantaciones depende, en gran parte, de la calidad de las plantas producidas en vivero. En tal proceso productivo la fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en este atributo clave de las plantas. El estado nutricional afecta los procesos fisiológicos de las plantas, tales como la regulación del crecimiento, el flujo de energía y la síntesis de los complejos orgánicos moleculares que las componen (Peñuelas y Ocaña 1996). Un incremento de la fertilización puede producir plantas más desarrolladas, con mayor contenido de nutrientes y capacidad de producción de nuevas raíces (Van Den Driessche 1992). Como cada especie responde de una manera diferente a la adición de nutrientes, es necesario investigar la respuesta de las plantas a distintas dosis de fertilizantes antes de proceder a realizar aplicaciones a escalas mayores. Si bien existe actualmente abundante información sobre las técnicas de cultivo y propagación de plantas a raíz desnuda para estas tres especies en estudio (Ilabaca y Valenzuela 1980, Aguilera y Fehlandt 1981, Grosse y Bourke 1988, Donoso *et al.* 1991ab, 1993, 1999, González *et al.* 1996), este conocimiento es aún escaso en cuanto a las técnicas culturales adecuadas para la propagación en contenedores. Esto es relevante considerando que dicha práctica es crecientemente utilizada en la producción de plantas, debido a que pueden lograrse mejores resultados en comparación con la producción a raíz desnuda.

Entre las especies forestales nativas chilenas con mejor potencial para plantaciones se encuentran coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.), raulí (*Nothofagus nervosa* (Mirb.) Oerst.) y ulmo (*Eucryphia cordifolia* Cav.). A partir de ensayos y experiencias de plantación con estas especies se ha generado mayor información para *N. dombeyi* y *N. nervosa* (Hernández 1996, Barría 1997, Donoso *et al.* 1999, 2005, Flores 2006) que para *E. cordifolia* (Escobar *et al.* 2006, González *et al.* 1997, Barría 1997, Uteau 2004). Estas especies son consideradas de alto valor y de gran potencial en situaciones de campo abierto debido a características autoecológicas de intolerancia (*N. dombeyi*) o semitolerancia a la sombra (*N. nervosa* y *E. cordifolia*), además de sus relativas rápidas tasas de crecimiento (Donoso *et al.* 1999, Uteau 2004). *Nothofagus dombeyi* es una especie que naturalmente regenera en biótopos de alta luminosidad y poca competencia, incluyendo en general condiciones de suelo mineral expuesto en el centro-sur de Chile (Donoso *et al.* 2006c). *Nothofagus nervosa* también puede actuar como especie pionera, pero, en general, requiere mejores suelos (particularmente buen drenaje) y puede regenerar bajo semisombra, aunque con menores tasas de crecimiento que en campo abierto (Donoso *et al.* 2006b). *Eucryphia cordifolia*, en ciertos hábitats, también puede comportarse como pionera a través de su establecimiento por rebrote de raíces; sin embargo, esta especie es en general considerada como más tolerante a la sombra pero exigente de buenos suelos (Escobar *et al.* 2006).

Hasta ahora las experiencias de fertilización con las especies *N. dombeyi*, *N. nervosa* y *E. cordifolia* se limitan mayormente a las prácticas habituales realizadas en vivero y algunos escasos estudios de fertilización con la aplicación de distintas dosis de NPK (en la forma de nitrato de amonio, sulfato de potasio y superfosfato, respectivamente) en la producción de plantas a raíz desnuda (López *et al.* 1986, Jara 1986, Bourke y Grosse 1987, Donoso *et al.* 1991ab, 1993). Entre los fertilizantes actualmente en uso, los de liberación controlada o lenta presentan ventajas con respecto a los fertilizantes hidrosolubles de rápida entrega (Rose *et al.* 2004). Principalmente, su habilidad de suministrar nutrientes en forma gradual a las plantas, en períodos de tiempo más prolongados mediante una sola aplicación, reduce la probabilidad de causar toxicidad a las plantas y disminuye la pérdida por lixiviación. Este estudio tuvo por objetivo cuantificar el efecto de tres dosis de fertilizante de liberación controlada (Osmocote®) en el crecimiento aéreo y radicular de plantas de *N. dombeyi*, *N. nervosa* y *E. cordifolia* cultivadas en contenedor durante una temporada de vivero.

MÉTODOS

El estudio fue realizado con plantas producidas durante la temporada 2003-2004 en el vivero Bosques del Sur (39° 47' S y 73° 12' O) perteneciente a la Universidad Austral de Chile, ubicado en Valdivia. El clima es templado lluvioso de costa occidental (Fuenzalida 1965) con una precipitación anual de 2.472 mm y temperatura media anual de 12,1° C (Huber 1970).

Para producir las plantas de *N. dombeyi*, *N. nervosa* y *E. cordifolia* se utilizaron semillas recolectadas en el otoño del año 2003 en la localidad de San Pablo de Tregua, a 700 m s.n.m. en la Cordillera de Los Andes, Valdivia (39° 35' S y 71° 46' O). Las semillas seleccionadas mediante prueba de flotación durante 24 horas fueron mantenidas en una solución de ácido giberélico 250 mg L⁻¹ por 22 horas para *N. dombeyi*, y por 12 horas para *N. nervosa*, y de 50 mg L⁻¹ por 12 horas para *E. cordifolia*, con el objeto de romper la latencia (Rowe y Gordon 1981, Rocuant 1984). Como sustrato se utilizó corteza compostada de *Pinus radiata* D. Don calibrada a tamaños de partículas ≤ 10 mm, la cual fue mezclada con Osmocote® (18-6-12 de N-P₂O₅-K₂O), producto que posee un fertilizante central soluble, cubierto por un copolímero termosensible de dicitlopentadieno y un éster-glicerol disuelto en un solvente alifático de hidrocarbano (Rose *et al.* 2004). Se utilizaron tres dosis: 2,5 kg m⁻³ (baja), 5,0 kg m⁻³ (media) y 7,5 kg m⁻³ (alta). La siembra se realizó del 24 al 26 de septiembre de 2003 en contenedores de polietileno expandido de 130 cm³, utilizando bandejas tipo *speedling* con capacidad para 85 plantas y una densidad de siembra de 400 plantas m⁻².

Debido a la baja capacidad germinativa que presenta *N. dombeyi* (Donoso y Cabello 1978, Ordóñez 1987) se sembraron dos semillas por contenedor. En el caso de la emergencia de dos plantas, una de ellas fue tempranamente trasplantada. Para *N. nervosa* y *E. cordifolia* fue sembrada una sola semilla por contenedor; en el caso de no existir germinación se trasplantaron plántulas recientemente emergidas (primeras dos semanas) de contenedores adicionales para uniformar la densidad final de cada bandeja del ensayo. Las plantas fueron cultivadas en invernadero bajo las mismas condiciones hasta el mes de diciembre, a una temperatura media de 16° C y con riego una vez al día por la mañana mediante el uso de *microjet*. Sólo en los días con temperaturas más elevadas el riego se realizó dos veces al día.

A fines de diciembre las bandejas fueron trasladadas al exterior del invernadero e instaladas sobre una plataforma de un metro de altura bajo malla Raschel de 50% de cobertura. A fines de febrero se retiró la malla Raschel, para que éstas lograran un buen nivel de lignificación para enfrentar de mejor forma el futuro estrés de la plantación. En la tercera semana de marzo se cosecharon todas las plantas, antes que *N. nervosa* comenzara a perder sus hojas. No se consideraron plantas con altura < 10 cm por ser plantas suprimidas. Seguido a la extracción se realizó el lavado del sistema radicular con la ayuda de tamices finos.

El diseño experimental utilizado correspondió al de bloques al azar con tres repeticiones de 14 plantas extraídas del centro de cada bandeja. Para el análisis se midieron el diámetro a la altura del cuello (DAC), la altura total del tallo (H), el peso seco (105° C por 48 horas) del tallo (PST) que incluyó yemas y ramas laterales cuando las hubo, el peso seco de las hojas (PSH), el peso seco de raíces gruesas > 1 mm de diámetro (PSRG) y el peso seco de raíces finas ≤ 1 mm de diámetro (PSRF).

Los datos se analizaron a través de análisis de varianza y, en caso de haber diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$), se aplicó la prueba de diferencias mínimas significativas para la separación de medias entre tratamientos. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statgraphics.

RESULTADOS

De las tres especies las plantas de mayor biomasa resultaron aquellas de *N. nervosa*. Para la dosis menor fueron un 29% superior a *N. dombeyi* y un 73% superior a *E. cordifolia*; para la intermedia fueron 108 y 130% superiores, respectivamente; para la dosis alta fueron 79 y 104% superiores. *N. dombeyi* fue superior en biomasa que *E. cordifolia* para las dosis baja y alta, pero inferior en el caso de la dosis intermedia (cuadro 1).

En *N. dombeyi* la fertilización tuvo un efecto significativo sobre todas las variables analizadas excepto para PST en que, a pesar de no haber diferencias significativas,

la biomasa de la dosis más alta fue aproximadamente un 50% mayor que con las otras dosis (cuadro 1). Las plantas que recibieron la dosis alta presentaron crecimientos y biomasa mayores ($P < 0,05$) que las de dosis media y baja, las cuales no difirieron significativamente entre ellas, a excepción de la altura. En el caso de *N. nervosa* todas las variables estudiadas se comportaron de similar manera ante la aplicación del fertilizante en sus dosis media y alta, las cuales generaron dimensiones y biomasa superiores ($P < 0,05$) que en presencia de la dosis baja (cuadro 1). En *E. cordifolia* los efectos de las dosis media y alta no difirieron entre ellos y generaron valores superiores ($P < 0,05$) que aquellos con la dosis baja, excepto en el diámetro a la altura del cuello, variable en que no se observaron diferencias significativas entre las dosis aplicadas (cuadro 1).

Cuadro 1. Valor medio en variables morfológicas y biomasa en plántulas de *N. dombeyi*, *N. nervosa* y *E. cordifolia* por tratamientos de fertilización con Osmocote® en vivero.

Mean value for the variables studied separated for each species and treatment.

Variable	Dosis (kg/m ³)	<i>N. dombeyi</i>	<i>N. nervosa</i>	<i>E. cordifolia</i>
DAC (mm)	2,5	4,4b	3,7c	3,4b
	5,0	4,4b	5,3a	4,0a
	7,5	5,1a	4,8b	4,3a
H (mm)	2,5	375,8c	243,1b	282,7b
	5,0	513,8b	477,8a	481,2a
	7,5	628,9a	485,3a	429,3a
PST (g)	2,5	1,955a	1,903b	0,789b
	5,0	2,019a	6,050a	1,840a
	7,5	2,978a	5,957a	2,124a
PSH (g)	2,5	0,824b	1,840b	1,189b
	5,0	1,189b	3,916a	2,190a
	7,5	1,644a	3,869a	2,515a
PSRG (g)	2,5	0,484b	0,772b	0,402b
	5,0	0,534b	1,280a	0,600a
	7,5	1,093a	1,439a	0,637a
PSRF (g)	2,5	0,402b	0,227b	0,350b
	5,0	0,458b	0,549a	0,501a
	7,5	0,922a	0,627a	0,556a
Peso seco total (g)	2,5	3,667b	4,744b	2,731b
	5,0	4,201b	11,796a	5,132a
	7,5	6,639a	11,893a	5,833a

Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre tratamientos de una misma especie. DAC = diámetro altura cuello, H = altura, PST = peso seco tallo, PSH = peso seco hojas, PSRG = peso seco raíces gruesas, PSRF = peso seco raíces finas.

Con la aplicación de la dosis baja del fertilizante las plantas de las tres especies tuvieron crecimientos reducidos y, consecuentemente, acumularon poca biomasa. En comparación con la dosis baja, la dosis alta de fertilizante permitió un aumento de 80% de la biomasa total de *N. dombeyi*. En contraste, tanto *N. nervosa* como *E. cordifolia*

respondieron en mayor magnitud con su producción de biomasa ante un menor estímulo nutritivo que *N. dombeyi*. La mayor respuesta se encontró en *N. nervosa*, que aumentó su biomasa total en 150% cuando se acrecentó desde la dosis baja (2,5 kg m⁻³) a la dosis media de fertilizante (5,0 kg m⁻³). Luego, el aumento a la dosis alta (7,5 kg m⁻³) no produjo cambios en la biomasa total producida. En el caso de *E. cordifolia* el mayor incremento corriente producto del aumento de dosis de fertilizante se observó entre las dosis baja y media (90%) y luego la ganancia fue menguada con la dosis alta, alcanzando al 110% respecto de la dosis baja.

Nothofagus dombeyi y *E. cordifolia* tuvieron, en promedio, un porcentaje similar de biomasa en raíces finas y gruesas. En contraste, *N. nervosa* tuvo menos de un tercio de la biomasa radicular en raíces finas (figura 1). La relación más equilibrada entre la parte aérea de la planta y la masa radicular se observó en *N. dombeyi*, donde el cociente entre estas dos variables estuvo en torno a 2/1. En *N. nervosa* dicha relación fue del orden de 4/1-5/1 y en *E. cordifolia* de 3/1 (figura 1).

Las plantas incrementaron fuertemente su relación H/DAC desde la dosis baja hacia la intermedia de fertilizante, pero el aumento entre las dosis intermedia y alta fue menor (cuadro 2). Esta relación mostró una tendencia de valores mayores en *N. dombeyi*, independientemente de la dosis aplicada.

Cuadro 2. Cuociente altura total (cm)/diámetro a la altura del cuello (mm) de plántulas de *N. dombeyi*, *N. nervosa* y *E. cordifolia* según tratamiento con fertilizante Osmocote® en condiciones de vivero.

Relationship between total height (cm) and diameter at collar height (mm) for the tree seedling species.

Dosis (kg m ⁻³)	<i>N. dombeyi</i>	<i>N. nervosa</i>	<i>E. cordifolia</i>
2,5	8,5	6,6	8,3
5,0	11,7	9,0	10,3
7,5	12,3	10,1	10,0

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos sugieren que las características autoecológicas propias de estas tres especies se manifiestan en la producción de plantas en vivero. En condiciones naturales, *N. dombeyi* tiene mayores crecimientos iniciales, seguido de *N. nervosa* y luego de *E. cordifolia* (Donoso *et al.* 2006ab, Escobar *et al.* 2006). Además, es conocido en Chile que *N. dombeyi* es la especie nativa de mejor crecimiento y menor mortalidad en el establecimiento de plantaciones (Donoso *et al.* 1999, 2005, 2006b).

En el presente estudio, *N. dombeyi* creció más en altura que las otras dos especies, independientemente de la dosis de fertilización. El mayor crecimiento inicial en altura de

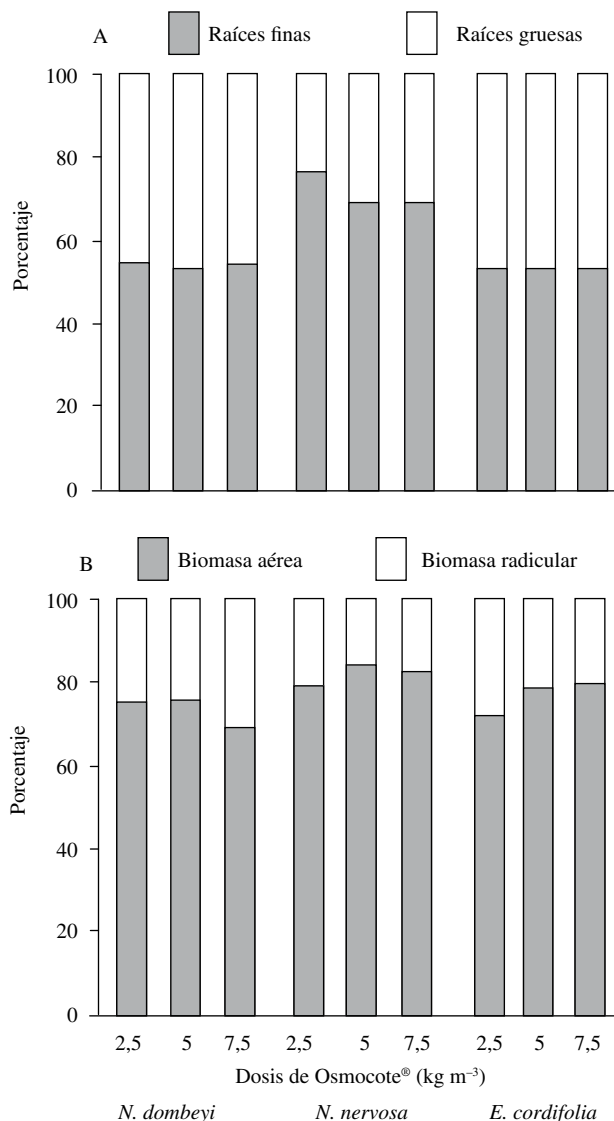


Figura 1. Porcentajes de raíces finas y gruesas (base peso seco) (A) y de biomasa aérea y radicular (B) en *N. dombeyi*, *N. nervosa* y *E. cordifolia* de acuerdo al tratamiento de fertilización (2,5, 5,0 y 7,5 kg m⁻³ Osmocote®).

Percentage of fine roots and thick roots (A) and percentage of aerial biomass and root biomass (B) for each species and treatment.

N. dombeyi es una adaptación de la especie para superar lo más rápidamente posible una eventual competencia con especies arbustivas pioneras (Veblen *et al.* 1996). La mayor proporción de biomasa radicular lograda por *N. dombeyi* es también consistente con su hábito de vida inicial, cual es ocupar terrenos abiertos y luminosos donde un buen sistema radicular en proporción a la parte aérea es fundamental para la supervivencia debido a las condiciones de radiación a las que están expuestas las plantas (Donoso *et al.* 1999). En estos terrenos, donde pueden ocurrir condiciones severas de sequedad del suelo, particularmente hacia fines de verano, es fundamental que las plantas tengan un

buen sistema de raíces finas capaces de explorar el suelo para capturar agua y nutrientes. En el presente estudio la biomasa de raíces finas de *N. dombeyi* en las dosis baja y alta fue en general más del doble que aquella en las otras dos especies, independiente del tratamiento de fertilización. La biomasa de raíces finas de las plantas de *N. dombeyi* probablemente explica por qué esta especie, en general, está más adaptada que las otras dos especies para establecerse en suelos delgados y menos fértiles. Similarmente, la baja proporción del peso de hojas de *N. dombeyi*, asociada al pequeño tamaño de éstas, comparada con las otras dos especies, es una ventaja comparativa de esta especie para resistir las condiciones de sequía en los terrenos abiertos donde se establece.

No obstante el buen crecimiento de *N. dombeyi*, la calidad de las plantas desde el punto de vista de la relación altura/diámetro, indicador relevante del éxito futuro en plantaciones, resultó inadecuada por su fuerte esbeltez (cuadro 2). Una mejor relación altura/diámetro se ha observado en producciones a campo abierto de una temporada de crecimiento en otras especies, pero con un mayor volumen de sustrato y, consecuentemente, con mayor espaciamiento entre plantas (Villar *et al.* 2004). Esta alta relación altura/diámetro obedece a la alta densidad de plantas en el cultivo realizado, lo cual es válido también para las otras dos especies.

Nothofagus nervosa tuvo los mayores valores de peso seco de tallo, de hojas y de raíces gruesas (cuadro 1), pero fue la que tuvo peor balance o relación entre la biomasa aérea y la radicular (figura 2), y entre raíces finas y gruesas (figura 1). Estas pobres relaciones pueden ser factores explicativos del reducido crecimiento inicial y altas tasas de mortalidad observadas en plantaciones de esta especie en sitios de mediana o pobre calidad y en condiciones de exposiciones asoleadas (Wienstroer *et al.* 2003, Flores 2006). *Nothofagus nervosa* es una especie muy sensible al sitio, requiriendo suelos con fertilidad intermedia a buena, donde es importante el buen drenaje (Donoso *et al.* 1999, 2006b, Flores 2006). Por lo tanto, es necesario que en el vivero se practiquen tratamientos culturales apropiados para producir plantas con una adecuada relación de biomasa radicular y biomasa aérea (González *et al.* 1996) para mejorar la probabilidad de éxito en el establecimiento de plantaciones en condiciones de sitio difíciles para la especie, como áreas abiertas o en exposiciones preferentemente norte (Flores 2006). Así, el cultivo realizado no habría optimizado la producción de biomasa tanto en su magnitud como en su distribución. El aumento de la oferta nutritiva se reflejó, tanto para *N. nervosa* como *E. cordifolia*, en mayor crecimiento en biomasa con una creciente desproporción entre las biomásas aérea y radicular. Ello significó la producción de plantas con una baja proporción de raíces en comparación al desarrollo aéreo. Esto puede significar que si bien la nutrición otorgada fue adecuada para estimular el crecimiento aéreo no logró similares efectos en el desarrollo radicular. En este sentido es sor-

prendente la respuesta del peso seco del tallo obtenido en *N. nervosa* que triplicó su peso con la dosis media y alta de fertilización, respecto a la baja (cuadro 1). Contenedores de mayor tamaño y fertilización más rica en fósforo por su estímulo rizogénico (Mengel y Kirkby 2001) deberían propender a mejorar la calidad de las plantas de estas especies en una temporada de producción. De la misma forma, estos resultados sugieren la necesidad de investigar la influencia de la luminosidad en el cultivo en conjunto con el riego, aspectos que adecuadamente manejados deberían conducir a un desarrollo más equilibrado de la parte aérea y radicular de las plantas.

Nothofagus nervosa y *E. cordifolia* tuvieron similares crecimientos en DAC, altura y peso seco de raíces finas, pero *E. cordifolia* fue la especie que en general logró las menores dimensiones y pesos entre las tres especies. Este desarrollo inicial más lento en vivero es coincidente con el menor crecimiento en plantaciones para *E. cordifolia* en comparación con las otras especies en estudio (Barría 1997, Uteau 2004).

Los resultados sugieren que *N. dombeyi* capitaliza mejores condiciones nutritivas –atributo típico de una especie pionera–, ya que la especie responde en todas las variables de crecimiento ante alta dosis de fertilización. Sin embargo, la respuesta observada en *N. dombeyi* resultó de menor proporción que en las otras dos especies entre las dosis más bajas de fertilización y, por lo tanto, requirió de mayor aporte nutritivo para manifestar una buena respuesta en crecimiento. Jara (1986) comprobó que en su primera etapa de desarrollo *N. dombeyi* responde a muy bajos niveles de oferta de los elementos nutritivos nitrógeno, potasio y fósforo, especialmente de este último. Desde el punto de vista de la eficiencia de la fertilización, *N. dombeyi* fue la especie de mayor éxito por la biomasa producida en igualdad de oferta nutritiva.

AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto FONDEF D01 I1155, a Fernando Utreras, Alberto Zúñiga y a los trabajadores del vivero Bosques del Sur, dependiente del Instituto de Silvicultura de la Universidad Austral de Chile.

REFERENCIAS

- Aguilera L, A Fehlandt. 1981. Desarrollo inicial de *Nothofagus alpina* (Poep. et Endl.) Oerst., *Nothofagus obliqua* (Mirb) Bl. y *Nothofagus dombeyi* (Mirb) Bl., bajo tres grados de sombra. Tesis Ingeniero Forestal, Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 101 p.
- Barría P. 1997. Comparación de la estructura y crecimiento de una plantación de roble-raulí con una de roble-raulí-ulmo en la provincia de Valdivia. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 84 p.

- Barret CW, JF Jacobs. 2006. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. *New Forests* 31: 417-433.
- Bourke M, H Grosse. 1987. Fertilización de raulí en vivero. *Ciencia e Investigación Forestal* 1(2): 21-29.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2005. Viveros forestales, temporada 2004-2005. *Chile Forestal* 314. 24 p. (Documento técnico).
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 2006. Viveros forestales, temporada 2006. *Chile Forestal* 322. 28 p. (Documento técnico).
- Donoso C, A Cabello. 1978. Antecedentes fenológicos y de germinación de especies leñosas chilenas. *Ciencias Forestales* 1(2): 31-41.
- Donoso C, B Escobar, M Cortés. 1991a. Técnicas de vivero y plantaciones para raulí (*Nothofagus alpina*). *Chile Forestal* 183. 8 p. (Documento técnico N° 53).
- Donoso C, B Escobar, M Cortés. 1991b. Técnicas de vivero y plantaciones para coihue (*Nothofagus dombeyi*). *Chile Forestal* 185. 8 p. (Documento técnico N° 55).
- Donoso C, B Escobar, ME González. 1993. Técnicas de vivero y plantaciones para ulmo (*Eucryphia cordifolia*). *Chile Forestal* 206. 8 p. (Documento Técnico N° 71).
- Donoso P, ME González, B Escobar, I Basso, L Otero. 1999. Viverización de raulí, roble y coigüe en Chile. In Donoso C, A Lara eds. *Silvicultura de los Bosques Nativos de Chile*. Santiago, Chile. Editorial Universitaria. p. 177-244.
- Donoso PJ, C Donoso, F Utreras, A Zúñiga, D Soto. 2005. El majestuoso coihue valdiviano. *Chile Forestal* 318: 26-29.
- Donoso PJ, L Otero. 2005. Hacia una definición del país forestal: ¿Dónde se sitúa Chile? *Bosque* 26(3): 5-18.
- Donoso PJ, C Donoso, M Azpiculeta. 2006a. *Nothofagus nervosa*. In Donoso C ed. *Especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina*. Autoecología. Valdivia, Chile. Marisa Cúneo Ediciones. p. 448-461.
- Donoso PJ, C Donoso, B Escobar, C Navarro, L Gallo. 2006b. *Nothofagus dombeyi*. In Donoso C ed. *Especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina*. Autoecología. Valdivia, Chile. Marisa Cúneo Ediciones. p. 423-432.
- Escobar B, C Donoso, A. Zúñiga. 2006. *Eucryphia cordifolia*. In Donoso C ed. *Especies arbóreas de los Bosques Templados de Chile y Argentina*. Autoecología. Valdivia, Chile. Marisa Cúneo Ediciones. p. 246-255.
- Flores M. 2006. Crecimiento y calidad de plantaciones de *Nothofagus nervosa* (Poepp. et Endl.) Oerst. en distintas exposiciones y situaciones de competencia en la provincia de Valdivia. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 30 p.
- Fuenzalida H. 1965. Clima. In Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) ed. *Geografía económica de Chile*. Santiago, Chile. p. 99-152.
- González ME, C Donoso, B Escobar. 1996. Efecto de distintos regímenes de manejo radicular en el crecimiento de raulí 1 - 0 a raíz desnuda. *Bosque* 17(1): 29-56.
- González ME, C Donoso, S Fraver. 1997. Respuesta inicial de *Eucryphia cordifolia*, *Laurelia sempervirens* y *Aextoxicon punctatum* en plantaciones mixtas en sectores recientemente florecidos con *Chusquea quila* en el centro-sur de Chile. *Bosque* 18(1): 53-59.
- Grosse H, M Bourke. 1988. Desarrollo de raulí en vivero bajo distintos niveles de luminosidad y espaciamiento. *Ciencia e Investigación Forestal* 2: 1-11.
- Hernández E. 1996. Análisis del crecimiento de una plantación de raulí (*Nothofagus alpina* (Poepp. et Endl) Mirb.) en la precordillera andina de la provincia de Valdivia. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 74 p.
- Huber A. 1970. Diez años de observaciones climatológicas en la estación Teja-Valdivia (Chile) 1960-1969. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 46 p.
- Ilabaca C, J Valenzuela. 1980. Ensayos de nuevas técnicas para la producción de plantas de raulí (Poepp. et Endl.) Oerst. Tesis Ingeniero Forestal, Santiago, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. 108 p.
- Jara G. 1986. Importancia de los elementos nutritivos nitrógeno, fósforo y potasio en el crecimiento de coigüe (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.) durante sus dos primeros años. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 61 p.
- López J, G Jiménez, B Reyes. 1986. Algunos antecedentes sobre cosecha, procesamiento y viverización de varias especies nativas. *Chile Forestal* 129. 4 p. (Documento técnico N° 14).
- Mengel K, EA Kirkby. 2001. *Principles of plant nutrition*. Dordrecht, The Netherlands. Kluwer Academic Publishers. 849 p.
- Ordóñez A. 1987. Germinación de las tres especies de *Nothofagus* siempreverdes (coigües), y variabilidad en la germinación de procedencias de coigüe común (*Nothofagus dombeyi* (Mirb.) Oerst.). Tesis Ingeniero Forestal, Valdivia, Chile. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 144 p.
- Peñuelas JL, L Ocaña. 1996. Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: implicaciones prácticas. *Revista Ecología* 15: 213-223.
- Rocuant C. 1984. Efecto de giberelina y tiourea en la germinación de semillas: especies del género *Nothofagus*. *Bosque* 5(2): 53-58.
- Rose R, D Haase, E Arellano. 2004. Fertilizantes de entrega controlada: potencial para mejorar la productividad de la reforestación. *Bosque* 25(2): 89-100.
- Rowe DC, AG Gordon. 1981. Studies on the effects of pre-chilling periods or gibberellins used to stimulate the seed germination of *Nothofagus obliqua* and *N. procera*. *Seed Science and Technology* 9: 823-838.
- Uteau D. 2004. Desarrollo inicial de laurel (*Laurelia sempervirens*) y ulmo (*Eucryphia cordifolia*) en plantaciones mixtas con especies nativas. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. 40 p.
- Van Den Driessche R. 1992. Changes in drought resistance and root growth capacity of container seedlings in response to nursery drought, nitrogen and potassium treatments. *Canadian Journal Forest Research* 22(5): 740-749.
- Veblen TT, C Donoso, T Kitzberger, AJ Rebertus. 1996. Ecology of southern Chilean and Argentinean *Nothofagus* forests. In Veblen TT, RS Hill, J Read eds. *The ecology and biogeography of Nothofagus forests*. New Haven, USA. Yale University Press. p. 293-353.

- Villar P, R Planelles, E Enríquez, J Peñuelas Rubira, Javier Zazo Mucharanz. 2004. Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo. Actas del III Congreso Forestal Español. 2001. Granada. Mesa 3: 770-776.
- Wienstroer M, H Siebert, B Müller-Using. 2003. Competencia entre tres especies de *Nothofagus* y *Pseudotsuga menziesii* en plantaciones mixtas jóvenes, establecidas en la precordillera andina de Valdivia. *Bosque* 24(3): 17-30.

Recibido: 31.07.07

Aceptado: 28.04.08