

EFEECTO DEL VOLUMEN RADICULAR SOBRE EL CRECIMIENTO DE *Acacia dealbata* Link. EN VIVERO Y EN TERRENO EN EL SECANO DE LA REGIÓN DEL BIOBÍO, CHILE¹

Iván Quiroz², Matías Patricio Pincheira², José Andrés Hernández², Marta González², Edison García² e Hernán Soto²

RESUMEN – Entre las especies arbóreas cultivadas en Chile, *Acacia dealbata* Link. se destaca por su rápido crecimiento y supervivencia en climas con marcado déficit hídrico y suelos altamente degradados. Aun cuando proporciona múltiples productos y servicios, la mayor parte de la investigación se ha centrado caracterizar su capacidad invasora, y poco se conoce respecto a su crecimiento durante los primeros años en terreno, escaseando antecedentes respecto efecto de la modificación de las prácticas silvícolas durante la producción y establecimiento de plantas. Por ello, este estudio analiza el efecto de la modificación del volumen radicular sobre el crecimiento durante la viverización, y la supervivencia y crecimiento culminadas la primera y segunda temporada en terreno. Finalizada la viverización resultó significativo el efecto del volumen radicular sobre el DAC y la altura total ($P<0,05$), los mayores valores se obtuvieron en plantas producidas con volumen de 100 cm³. Los volúmenes más altos presentaron los mayores índices de esbeltez y de Dickson ($P<0,05$), mientras que los mejores índices tallo/raíz se observaron con los volúmenes de 56 y 24 cm³ ($P<0,05$). Culminadas la primera y segunda temporada de crecimiento el efecto del volumen sobre la supervivencia resultó no significativo. Luego de la segunda temporada, se destacó el mayor incremento corriente anual en DAC del tratamiento de 24 cm³ ($5,53 \pm 1,63$ mm). Luego de ambas temporadas se destacó una tendencia a la igualación en altura entre los tratamientos de 100, 80 y 24 cm³, el mayor crecimiento absoluto y relativo se observó en el tratamiento de 24 cm³.

Palabras clave: Producción y establecimiento de plantas; Estrés hídrico.

EFEITO DO VOLUME RADICULAR SOBRE O CRESCIMENTO DE *Acacia dealbata* Link. NO VIVEIRO E NO CAMPO EM SEQUEIRO DA REGIÃO DE BIOBÍO, CHILE

RESUMO – Entre as espécies de árvores cultivadas no Chile, *Acacia dealbata* Link. é conhecida por seu rápido crescimento e sobrevivência em climas com déficit de água e solos altamente degradados. Embora forneça muitos produtos e serviços, a maioria das pesquisas centrou-se em caracterizar sua capacidade invasiva, e pouco se sabe sobre seu crescimento durante os primeiros anos no campo. Há escassos dados sobre o efeito de modificação das práticas silviculturais durante a produção em viveiro e o estabelecimento de plantas. Portanto, este estudo examinou o efeito de modificação do volume radicular no crescimento em viveiro e na sobrevivência e crescimento ao final da primeira e da segunda estação em campo. Após a produção em viveiro, foi significativo o efeito de volume radicular no DAC e na altura total ($P<0,05$), e os valores

¹ Recebido em 05.11.2012 aceito para publicação em 02.12.2013.

² Instituto Forestal (INFOR), Sede Biobío, Concepción, Chile. E-mail: <iquiroz@infor.cl>, <mpincheira@infor.cl>, <jhernandez@infor.cl>, <mgonzalez@infor.cl>, <egarcia@infor.cl> e <hsoto@infor.cl>.

mais elevados foram obtidos nas plantas cultivadas com um volume de 100 cm³. Maiores volumes tiveram os maiores índices de esbeltez e de Dickson (P<0,05), enquanto os melhores índices de biomassa aérea/raiz foram observados com volumes de 56 e 24 cm³ (P<0,05). Ao fim da primeira e da segunda estação do crescimento, o efeito do volume sobre a sobrevivência não foi significativo. Depois da segunda estação, houve maior aumento anual em DAC no tratamento de 24 cm³ (5,53 ± 1,63 mm). Depois de duas estações, destacou-se uma tendência para a equalização em altura entre os tratamentos de 100, 80 e 24 cm³, sendo o maior crescimento absoluto e relativo observado no tratamento de 24 cm³.

Palavras-chave: Produção e plantio de mudas; Estresse hídrico.

1. INTRODUCCION

Acacia es un género que se distribuye ampliamente en regiones tropicales y subtropicales secas, posee una alta capacidad de supervivencia y altas tasas de crecimiento en condiciones climáticas severas (AREF et al., 2003). Entre las numerosas especies que lo componen se destaca *Acacia dealbata* Link., leguminosa originaria de Australia y Tasmania conocida comúnmente en Chile como *Aromo País*, alcanza 25 a 28 m de altura, con un diámetro máximo entre 25 y 35 cm. De corteza gris-parda, su follaje de color verde oscuro y tonos plateados se dispone en ramillas angulosas conformando una copa ancha y globosa. Sus flores son de color amarillo intenso, su fruto corresponde a una legumbre de 5-9 cm de longitud, con bordes constreñidos entre semillas, las cuales poseen una capacidad germinativa mayor al 95% y alta viabilidad, adicionalmente posee gran capacidad de rebrote de raíz y tocón, regenera vigorosamente después de claros, quemas e incendios, siendo caracterizada como una de las *Acacias* con mayor resistencia al frío y sequía de las zonas mediterráneas (MATTHEI, 1995; PINILLA, 2000; VILÀ et al., 2008; FERREIRA et al., 2011).

Actualmente, en Chile se encuentra naturalizada y es considerada *especie invasora*, se distribuye ampliamente entre la Región de O'Higgins y la Región de Los Lagos, desde la costa hasta aproximadamente los 600 m.s.n.m. en la Cordillera de los Andes, cercana a ríos y cursos de agua, o en quebradas húmedas, al costado de caminos y perturbaciones antropogénicas (FUENTES-RAMÍREZ et al., 2011; PEÑA et al., 2007).

Entre sus principales usos se encuentra su cultivo con fines ornamentales, perfumería, extracción de taninos y curtiembre, incipientemente es utilizada en la producción de celulosa, madera aserrada y revestimientos, elaboración de muebles, mientras que extensivamente se utiliza en la producción de leña y carbón. Por su capacidad de asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico es empleada en la estabilización

de cárcavas, recuperación de suelos altamente erosionados, y control de dunas y taludes (PINILLA, 2000; MAY; ATTIWILL, 2003; FERREIRA et al., 2011).

Sin embargo, aun cuando es una especie que proporciona múltiples productos y servicios, madereros y no madereros, en sus áreas de origen e introducción, la investigación se ha centrado en la caracterización de su capacidad invasora (FERREIRA et al., 2011; FUENTES-RAMÍREZ et al., 2011; LORENZO et al., 2011), y poco se conoce respecto a su crecimiento durante los primeros años postestablecimiento, periodo de aclimatación en el cual las plantas son altamente susceptibles a cambios en las condiciones del medio, en especial en acciones asociadas a la recuperación de suelos erosionados, escaseando antecedentes técnicos del comportamiento de la especie en sitios empobrecidos asociados a ambientes con marcado déficit hídrico, altas temperaturas e insolación (LANDIS et al., 1995).

Comparadas plantaciones de *Eucalyptus* y *Acacias* establecidas a alta densidad (15.000 arb ha⁻¹), sólo ha sido cuantificado que *Eucalyptus nitens* Deane & Maiden., *Eucalyptus globulus* Labill. y *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh., tienden a duplicar el diámetro a la altura de tocón (DAT) de *A. dealbata* a los 16 meses de crecimiento (25 ± 5 mm), mientras que *Acacia melanoxylon* R.Br., tiende a la igualación (14 ± 2 mm). Sin embargo, la tendencia anterior no repite en el caso de la producción de biomasa total, logrando bajo similares condiciones *E. nitens* una producción de biomasa total de 40,49 ton ha⁻¹, *E. globulus* 95,92 ton ha⁻¹, *E. camaldulensis* 38,47 ton ha⁻¹, *A. melanoxylon* 14,92 ton ha⁻¹ y *A. dealbata* 31,59 ton ha⁻¹ (ROJAS, 2009).

En este sentido, cambios en las técnicas silviculturales implementadas para atenuar los factores de estrés postestablecimiento sobre *A. dealbata*, entre las cuales se encuentra la modificación del volumen radicular que se logra mediante la variación del volumen del contenedor durante la etapa de producción de plantas,

no han sido analizadas. Esto aun cuando, morfo-fisiológicamente en especies de latifoliadas y coníferas es posible correlacionar que un mayor volumen de contenedor favorecerá el desarrollo de un mayor volumen radicular, que a su vez asociará una mayor superficie de absorción de agua y nutrientes, y potencialmente un mayor crecimiento y producción de biomasa total. Mientras que económicamente la optimización de volumen de contenedor permite mejorar el uso de la superficie del vivero, volumen de sustrato y mano de obra, reduciendo los costos de producción (LANDIS et al., 1995; NESMITH; DUVAL, 1998; CAÑELLAS et al., 1999; HESS; DE KROON, 2007).

El presente estudio plantea como objetivos, i) evaluar el efecto del volumen radical sobre el crecimiento de plantas durante la etapa de viverización, y ii) evaluar el efecto de la variación del volumen radical sobre la supervivencia y crecimiento de plantas de *A. dealbata* culminadas la primera y segunda temporada de crecimiento en terreno, en el secano interior de la Región del Biobío, Chile, basados en la hipótesis que un mayor volumen radical favorecerá un mayor crecimiento en vivero, y consecuentemente una mayor supervivencia y crecimiento iniciales en campo.

2. MATERIAL Y MÉTODO

El efecto del volumen radical sobre el crecimiento de *A. dealbata* fue evaluado en dos fases secuenciales, la primera de crecimiento en vivero, y la segunda de crecimiento en terreno. Para ello, se utilizó semillas de procedencia Antiquina, localizada al sur de la Región del Biobío, en la comuna de Cañete, Chile (38° 18' S y 73° 21' O, a una altitud de 30 m). La dormancia mecánica de las semillas fue tratada sumergiendo las semillas en agua destilada a 100 °C por 1 minuto y luego reposando en agua a temperatura ambiente por 24 horas.

2.1. Producción de plantas y crecimiento en vivero

Las plantas fueron cultivadas en el vivero INFOR - Instituto Forestal, Concepción, Chile (36° 84' S y 73° 13' O, a 18 m.s.n.m.), para ello entre octubre de 2009 y junio de 2010 fueron producidas 864 plantas en contenedores de poliestireno expandido de volúmenes 24, 43, 56, 75, 80 y 100 cm³. Como sustrato se utilizó corteza compostada de *Pinus radiata* D. Don., con una porosidad total 49,3 %, porosidad de aireación 25,2 % y de porosidad de retención 24,1 %.

De acuerdo a los requerimientos de la especie se aplicó un esquema de riego diario y una fertilización según etapa de crecimiento. Entre la culminación de la germinación y una altura promedio de planta de 10 cm se fertilizó con el producto Ultrasol Inicial (15-30-15) una vez por semana, en dosis de 2 g L⁻¹ de agua. Entre una altura de planta promedio de 10 y 25 cm se aplicó Ultrasol de Crecimiento (25-10-10) alternando con Ultrasol de Desarrollo (18-6-18) una vez por semana, en dosis de 3 g L⁻¹ (dos semanas por producto). Quincenalmente se aplicaron aspersiones preventivas de fungicida (Thiuram y Triadimefon).

2.2 Establecimiento en terreno

En julio de 2010, culminado el periodo de viverización, las plantas fueron establecidas en el sector "Vega Larga", comuna de Yumbel, Región del Biobío, Chile (37° 00' S y 72° 36' O, a una altitud de 183 m). Sitio con suelo granítico, arcilloso, con un nivel de erosión superficial moderado y compactado en superficie, con clima mediterráneo seco, con temperatura media anual de 13,7 °C, media en el mes mas cálido (enero) de 20,6 °C, y mínima en el mes mas frío de 8,2 °C, con una precipitación media anual de 1.303 mm, concentrada entre mayo y noviembre (PLADECO, 2012).

El establecimiento consideró un espaciamiento de 2 × 2,5 m. El sitio fue preparado con subsolado con camellón a 30 cm de profundidad. Adicionalmente se estableció con casilla de 40 × 40 × 40 cm. Sobre cada planta fue aplicada una fertilización inicial (septiembre de 2010), consistente en 50 g de Fosfatodiamónico ((NH₄)₂HPO₄), 20 g de Boronatrocalcita (CaNaB₅O₉) y 30 g de salitre potásico (KNO₃).

2.3. Diseño experimental y mediciones

En ambas fases se evaluó el efecto fijo del volumen radicular sobre el crecimiento de las plantas mediante un diseño factorial de bloques aleatorios, con cuatro repeticiones, equivalentes a cuatro bandejas en vivero y cuatro bloques en terreno. Las unidades muestrales quedaron determinadas en cada caso por 36 plantas (36 plantas × 6 volúmenes radicales × 4 repeticiones).

Culminada la fase de viverización, todas las plantas fueron individualizadas y cuantificadas en diámetro a la altura del cuello (DAC, ± 0,01 cm), altura total (H, ± 0,1 cm), y longitud radicular (LR, ± 0,1 cm). Adicionalmente, se separó la biomasa en componentes (secados en horno hasta peso constante) y se

determinaron los índices de calidad de planta de esbeltez, tallo/raíz y Dickson (SANTELICES et al., 2011). Culminadas la primera y segunda temporada de crecimiento en terreno (junio de 2011 y abril de 2012, respetivamente), fue cuantificada la supervivencia y repetida la evaluación de DAC y altura total. Adicionalmente fueron estimados los incrementos corrientes anuales (2010-2011, y 2011-2012) en DAC y altura.

2.4. Análisis estadístico

Análisis de varianza (ANOVA), correlación y comparaciones de medias fueron realizadas utilizando un modelo lineal generalizado (GLM) de efectos fijos definidos por el tratamiento, aplicando pruebas de comparación de *Tukey-Kramer*, con un 95 % de confianza. Previo análisis de homogeneidad de varianza (Levene, $P < 0,05$) y normalidad residual (Shapiro-Wilks, $P < 0,05$). Todos los análisis fueron realizados utilizando el software Infostat (V.2011p), extensión R-proyect (V.2.15.0).

3. RESULTADOS

3.1 Crecimiento en vivero.

Al finalizar el periodo de cultivo en vivero el efecto del volumen radicular sobre la morfología en DAC y altura total, e índices de calidad de planta resultó significativo ($P < 0,05$) (tabla 1).

Para todas las variables morfológicas evaluadas (DAC, altura y longitud de raíz) los mayores crecimientos fueron obtenidos en aquellas plantas con volumen radical de 100 cm³. Los DAC observados con volúmenes radiculares de 100 y 80 cm³ no resultaron significativamente distintos ($P > 0,05$), pero sí significativamente superiores a los volúmenes de 75,

56, 43 y 24 cm³ (tabla 1). La altura de aquellas plantas con volumen radical de 100 cm³ resultó significativamente superior a todos los tratamientos restantes ($P < 0,05$). La longitud radicular de aquellas plantas con volumen radicular de 100 cm³ resultó significativamente superior, sin embargo, entre los restantes a los restantes tratamiento no se registraron diferencias significativas ($P > 0,05$).

Los mayores índices de esbeltez ($P < 0,05$) se observaron sobre las plantas producidas con volúmenes radiculares de 80 y 100 cm³, entre ellas no se registraron diferencias significativas ($P > 0,05$). Los mayores índices de tallo/raíz ($P < 0,05$) se observaron con los volúmenes radiculares de 56 y 24 cm³. El índice de Dickson obtenido con volumen de 100 cm³ duplicó significativamente en valor de los restantes tratamientos ($P < 0,05$).

Los mayores coeficientes de correlación con el volumen radicular se presentaron respecto al DAC y la altura total (0,98 y 0,94, respetivamente), mientras que la longitud radicular resultó correlacionada en menor grado. La correlación entre los componentes de biomasa y el volumen radicular resultaron similares. El índice de Dickson resultó altamente correlacionado con el volumen radicular, mientras que para el índice tallo/raíz la relación resultó inversa (tabla 2).

3.2 Supervivencia y crecimiento en terreno

Culminada la primera temporada de crecimiento el efecto del volumen radicular sobre la supervivencia resultó no significativo ($P > 0,05$). Esto se repitió luego de la segunda temporada de crecimiento ($P > 0,05$) (figura 1). Sin embargo, la supervivencia de aquellas plantas producidas con volumen radicular de 80 y 100 cm³ entre temporadas de crecimiento resultó significativamente menor ($P < 0,05$), aun cuando no disminuyó del 80% (figura 1).

Tabla 1 – Crecimiento acumulado de plantas da *Acacia dealbata* Link. culminada la fase de viverización.

Tabela 1 – Crescimento acumulado das plantas de *Acacia dealbata* Link. após o período de viveiro.

V(cm ³)	DAC(mm)	H(cm)	LR(cm)	Índice de calidad		
				Esbeltez	Tallo/raíz	Dickson
100	3,7 ± 0,2a	48,7 ± 1,8a	5,8 ± 0,4a	13,5 ± 0,6a	3,8 ± 0,2b	0,2 ± 0,0a
80	3,5 ± 0,1a	43,5 ± 0,9b	3,4 ± 0,2b	12,7 ± 0,4a	4,1 ± 0,2a	0,1 ± 0,0b
75	3,1 ± 0,2b	35,7 ± 1,2c	3,6 ± 0,3b	11,8 ± 0,4b	3,8 ± 0,2b	0,1 ± 0,0c
56	2,8 ± 0,1c	32,1 ± 1,0c	3,5 ± 0,2b	11,4 ± 0,4b	3,6 ± 0,1b	0,1 ± 0,0c
43	2,7 ± 0,1c	33,4 ± 1,1c	3,5 ± 0,2b	12,4 ± 0,3b	3,8 ± 0,1b	0,1 ± 0,0c
24	2,2 ± 0,1d	27,0 ± 1,5d	3,1 ± 0,2b	12,3 ± 0,4b	4,5 ± 0,3a	0,1 ± 0,1d

V: volumen radicular, DAC: diámetro a la altura del cuello, H: altura total, LR: longitud radicular. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

Tabla 2 – Coeficientes de correlación entre volumen radicular y atributos morfológicos e índices de calidad de planta de *Acacia dealbata* Link. culminado el periodo de viverización.**Tabela 2** – Coeficientes de correlação entre volume radicular e atributos morfológicos e índices de qualidade da planta de *Acacia dealbata* Link. após o período de viveiro.

Factor	DAC	H	LR	Biomasa*			Índice de calidad		
				Aérea	Raíz	Total	Esbeltez	Tallo/raíz	Dickson
V	0.98	0.94	0.74	0.89	0.90	0.89	0.50	-0.44	0.93

V: volumen radicular (cm³), DAC: diámetro a la altura del cuello (mm), H: altura total (cm), LR: longitud radicular (cm), *: grs.

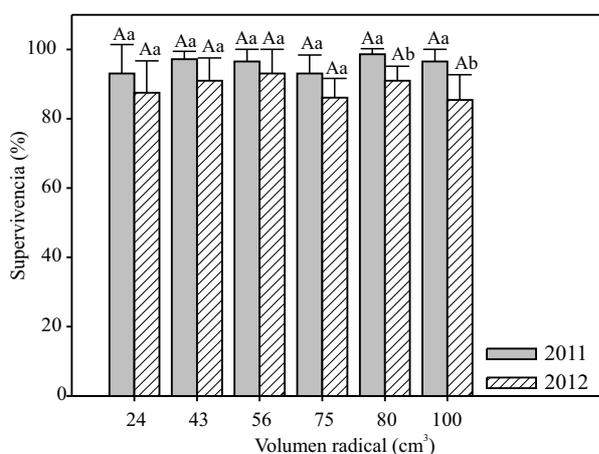


Figura 1 – Supervivência de *Acacia dealbata* Link. culminada la primera y segunda temporada de crecimiento en terreno según volumen radicular. Letras mayúsculas distintas indican diferencias significativas por temporada, letras minúsculas distintas indican diferencias significativas entre temporadas, según volumen radicular ($P < 0,05$).

Figura 1 – Sobrevivência de *Acacia dealbata* Link. após a primeira e a segunda estação de crescimento em campo, por volume radicular. Letras maiúsculas diferentes indicam diferenças significativas por estação de crescimento, e letras minúsculas diferentes indicam diferenças significativas entre estações de crescimento, por volume da raiz ($P < 0,05$).

Culminada la primera temporada de crecimiento en terreno (2011), sobre el incremento acumulado en DAC, se identificó un efecto significativo del volumen de radicular ($P < 0,01$). Los volúmenes radicular de 80 y 100 cm³ presentaron los máximos incrementos acumulados en DAC, correspondientes a $8,53 \pm 2,00$ y $8,44 \pm 2,37$ mm, respectivamente. Les siguieron los tratamientos de 75, 43, 24 y 56 cm³, siendo sólo el último significativamente menor a los dos primeros ($P < 0,05$) con un DAC de $7,54 \pm 1,55$ mm. Culminada la segunda

temporada de crecimiento se repitió la tendencia de la temporada anterior alcanzando el tratamiento de 80 cm³ los $21,34 \pm 5,22$ mm de DAC, el tratamiento de 56 cm³ sólo los $18,57 \pm 5,09$ mm (tabla 3).

Se destacó el mayor incremento corriente anual en DAC del tratamiento de 24 cm³ ($5,53 \pm 1,63$ mm) luego de la primera temporada, el cual culminada la segunda no registró diferencias significativas ($P > 0,05$) respecto a los mayores volúmenes radiculares (80 y 100 cm³). La tendencia final observada referente a una igualación diamétrica general de todos los tratamientos resultó coincidente con los menores incrementos relativos observados sobre las plantas con volumen radicular inicial mayor, y mayores incrementos relativos de los tratamientos con volumen radicular inicial menor (tabla 3).

Culminada la primera temporada de crecimiento el efecto del volumen radicular sobre el incremento acumulado en altura resultó significativo ($P > 0,05$). El volumen radicular evaluado de 80 cm³ presentó el máximo crecimiento en altura medio de $77,9 \pm 24,0$ cm, seguido del tratamiento de 100, 24, 43, 75 y 56 cm³, respectivamente. El incremento acumulado del tratamiento de 24 cm³ ($68,3 \pm 20,4$ cm) se destacó por sobre el resto de los tratamientos, ya que en una temporada de crecimiento superó los 60 cm de altura media de planta (tabla 4).

Culminada la segunda temporada de crecimiento el efecto significativo del volumen radicular sobre el incremento acumulado en altura se mantuvo ($P = 0,047$). Sin embargo, se destacó la igualación en altura entre los tratamientos de 100, 80 y 24 cm³. En forma similar a lo ocurrido con los incrementos corrientes anuales en DAC, en altura se observó un mayor crecimiento del tratamiento de 24 cm³, en términos absolutos y relativos, culminadas ambas temporadas de crecimiento (tabla 4).

Tabla 3 – Crecimiento acumulado en DAC de las plantas de *Acacia dealbata* Link. culminada la primera y segunda temporada en terreno.**Tabela 3** – Crescimento acumulado de DAC das plantas de *Acacia dealbata* Link. após a primeira e a segunda estação de crescimento em campo.

V (cm ³)	DAC (mm)		Incremento corriente anual en DAC			
			Absoluto (mm)		Relativo (%)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
100	8,44±2,37 ab	20,68±5,58 ab	4,64±2,37 b	12,23±4,06 abc	51,4±13,8 d	58,53±7,32 ab
80	8,53±2,00 a	21,34±5,22 a	5,29±2,00 ab	12,81±4,32 a	59,9±9,6 c	58,91±9,75 ab
75	7,97±2,01 abc	18,89±5,55 bc	4,86±2,01 ab	10,92±4,11 c	58,8±9,9 c	56,51±8,81 b
56	7,54±1,55 c	18,57±5,09 c	4,69±1,55 b	11,03±4,02 bc	60,6±8,2 bc	58,08±7,81 ab
43	7,86±1,96 abc	19,33±5,22 bc	5,15±1,96 ab	11,47±3,72 abc	63,5±8,7 b	58,43±7,48 ab
24	7,76±1,63 bc	20,19±5,01 abc	5,53±1,63 a	12,44±4,03 ab	69,9±6,9 a	60,41±8,39 a

V: volumen radicular, DAC: diámetro a la altura del cuello. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

Tabla 4 – Crecimiento acumulado en altura de las plantas de *Acacia dealbata* Link. culminada la primera y segunda temporada en terreno.**Tabela 4** – Crescimento acumulado de altura das plantas de *Acacia dealbata* Link. após a primeira e a segunda estação de crescimento em campo.

V (cm ³)	Altura (cm)		Incremento corriente anual en altura			
			Absoluto (cm)		Relativo (%)	
	2011	2012	2011	2012	2011	2012
100	71,9±23,8 ab	177,0±55,7 ab	23,4±23,8 c	105,2±39,9 ab	24,9±25,0 c	58,8±8,2a
80	77,9±24,0 a	191,7±58,3 a	36,6±24,0 ab	113,8±46,0 a	41,8±18,8 b	57,9±11,8a
75	67,1±25,2 b	160,1±59,8 b	34,2±25,2 ab	93,0±41,4 b	45,3±17,5 b	56,7±9,9a
56	66,0±22,2 b	162,5±55,9 b	32,5±22,2 b	96,5±40,7 b	44,0±17,3 b	58,2±9,6a
43	67,6±24,7 b	166,91±52,8 b	35,6±24,7 ab	99,3±34,5 ab	45,5±24,8 b	59,1±7,9a
24	68,3±20,4 b	172,3±55,3 ab	42,5±20,4 a	103,9±43,9 ab	58,5±13,1 a	58,5±12,2a

V: volumen radical, Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0,05$).

4. DISCUSIÓN

Las diferencias de crecimiento obtenidas culminada la fase de crecimiento en vivero, especialmente aquellas observadas entre los volúmenes de 100 y 24 cm³ resultan coincidentes con los obtenidos por Barrera (2005), quien encontró en plantas de *Castanea sativa* Mill. (*Castaño*) producidas en contenedor de 1000 cm³ un crecimiento significativamente superior en comparación a volúmenes más pequeños (490 y 200 cm³) en las variables DAC, altura total, biomasa seca tallo y biomasa seca de raíz.

Por otra parte, estos resultados ratifican los encontrados por Quiroz et al. (2008) quienes al evaluar distintos tamaños de contenedor sobre el crecimiento en vivero de *A. dealbata*, detectaron en una primera medición, diferencias significativas con respecto al DAC entre tratamientos de volúmenes radiculares de

100 y 140 cm³, y almacigueras de 100 y 130 cm³, no así para la altura. No obstante, en una segunda evaluación (30 días después), obtuvieron diferencias significativas en ambas variables, presentando mayor crecimiento tanto en DAC como en altura total.

Estos resultados se vinculan a una interdependencia del desarrollo radicular y el desarrollo de la parte aérea de la planta. Tal que, los mecanismos de respuesta desarrollados por las plantas ante una variación en la disponibilidad de recursos, en este caso de sustrato (volumen del medio de crecimiento), vinculan la posibilidad de modificar los patrones de distribución de biomasa (CAMARGO; RODRIGUEZ, 2006). El efecto significativo del volumen radicular sobre los atributos morfológicos de las plantas viverizadas de *Acacia* es coincidente con lo encontrado durante la viverización

de latifoliadas y coníferas. En *Nothofagus alessandrii* Espinosa (Ruil), *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser (Hualo) y *Cryptocarya alba* (Mol.) Looser (Peumo), y especies del género *Eucalyptus* y *Pinus*, se ha establecido coincidentemente que un mayor volumen radicular determina un mayor crecimiento en diámetro y altura total como consecuencia del aumento de la superficie de absorción de agua y nutrientes (ALZUGARAY et al., 2004; DOMINGUEZ-LARENAS et al., 2006; HESS; DE KROON, 2007; CLOSE et al., 2010; INFOR-CTPF, 2011).

Así mismo, el suministro de fotoasimilados y diferentes reguladores de crecimiento, se interrelaciona con volumen radicular, ya que la biomasa aérea es dependiente de la biomasa radicular para el anclaje mecánico de la planta al suelo (sustrato), la absorción de agua y nutrientes, y la producción de hormonas (LAGOUTE et al., 2009). Tal que, sobre aquellas plantas enraizadas en un volumen de sustrato restringido, se observaron cambios morfológicos y fisiológicos que afectan la calidad de la planta y su productividad. Esto debido a que, plantas que presentaron mayor crecimiento en DAC y altura total correlacionaron una mayor longitud de raíz, aquellas desarrolladas en contenedores de volumen de 100 cm³ desarrollan una raíz significativamente más larga que los restantes volúmenes de contenedor evaluados, ratificando la relación longitud radicular - tamaño del contenedor (CASTILLO et al., 2008; LAGOUTE et al., 2009).

La mayoría de las características del diseño de los envases buscan el desarrollo de un sistema radical de alta calidad y su protección hasta el establecimiento en terreno, resultando la parte aérea reflejo del desarrollo y crecimiento del sistema radical. Comparado el índice de esbeltez, que determina el balance entre la superficie de transpiración y la resistencia mecánica de la planta, resulta recomendable para una mayor supervivencia y crecimiento postestablecimiento valores bajos, valores que indican una planta con mayor resistencia y con menor probabilidad de daño físico por la acción del viento, sequías o heladas en el sitio de plantación (REYES et al., 2005). Cruz y Duchens (2000), indican como adecuada una planta de 25 a 30 cm de altura, con un diámetro de cuello mayor a 5 mm. Sin embargo, plantas de *A. dealbata* de sólo 10 cm de altura y entre 2-3 mm de diámetro de cuello han tenido excelentes resultados al ser establecidas en terreno, siendo la relación ideal de 4 mm de DAC y 27 cm de altura (PINILLA, 2000).

Por otra parte, aun cuando muchas de las características de los contenedores se diseñan para mejorar la relación tallo/raíz (Krause, 2005), los valores de índice tallo/raíz observados en este estudio debiesen ser considerados relativamente altos, ya que basados en un criterio de equilibrio de biomasa para una producción comercial es tradicionalmente exigible que el peso de la parte aérea no duplique el peso radicular (MONTROYA; CÁMARA, 1996; REYES et al., 2005). De este modo, los resultados obtenidos indican que esta regla de proporción no es extensible a *A. dealbata*, ya que la mejor calidad de planta definida por el valor del índice no se correlacionó con los crecimientos obtenidos en terreno.

Comparado el índice de Dickson, el cual vincula la información de los índices de esbeltez y tallo/raíz, y los pondera según el tamaño de la planta, es posible asociar que un aumento en el índice representa una mayor calidad de planta, lo cual implica un mayor desarrollo de la planta y un mayor equilibrio entre las fracciones de biomasa aérea y radical (REYES et al., 2005). Sin embargo, en el caso observado no constituye un buen indicador de comportamiento en terreno.

Evaluados los resultados de la primera y segunda temporada de crecimiento se destacó el incremento acumulado del tratamiento de 24 cm³, el cual denotó una fuerte y significativa tendencia a la igualación morfológica con los tratamientos de mayor volumen radicular (100 y 80 cm³). Este hecho implica una significativa disminución de costos asociada a la producción de las plantas, tal que es posible asegurar altas tasas de supervivencia y crecimiento en terreno de plantas pequeñas.

En este sentido, la tendencia a la pérdida de efecto del volumen radicular sobre el crecimiento y casi nulo efecto sobre la supervivencia luego de ambas temporadas de crecimiento es coincidente con lo encontrado por Domínguez et al. (2000), quienes al evaluar distintos tamaños de contenedor en *Pinus pinea* L., no encontraron diferencias significativas en el incremento de altura en terreno. Resultado ratificado por Domínguez-Larena et al. (2006), quienes no encontraron diferencias significativas en la supervivencia y crecimiento de *P. pinea* evaluados distintos tamaños de contenedor, atribuyendo esto a la adecuada preparación de sitio, el buen manejo de las plantas pre-plantación y una adecuada precipitación post-plantación.

A su vez, los resultados obtenidos se extienden a otras especies de latifoliadas entre ellas Nothofagaceas, Laureaceas y Eucalyptus. Tal que, evaluado el efecto de la variación del volumen radicular sobre la supervivencia y crecimiento de *N. alessandrii*, *Nothofagus nervosa* (Phil.) Dim. et Mil. (Raulí), y *C. alba*, en una plantación con fines de restauración sólo se identificó un efecto inicial, y una significativa igualación morfológica luego de la primera y segunda temporada de crecimiento. Este resultado fue atribuido al igual que en *Eucalyptus globulus* a sus altas tasas de crecimiento iniciales. Tasas que se vieron favorecidas por la buena preparación de suelo (subsulado y preparación de casilla), similar estado nutricional inicial, buena manipulación pre-plantación y adecuada precipitación post-plantación, todos factores que atenuaron el shock postestablecimiento descrito tradicionalmente para el periodo en que la planta inicia la expansión radicular (LANDIS et al., 1995; DOMINGUEZ-LARENAS et al., 2006; HESS; DEKROON, 2007; CLOSE et al., 2010; INFOR-CTPF, 2011).

De este modo, aun cuando los atributos morfológicos iniciales en la mayoría de las especies resultan un buen estimador de la calidad de la planta, ya que las plantas con gran diámetro tienden a desarrollar abundantes sistemas radicales, lo cual produce plantas con mejor soporte y anclaje al suelo, y mayor resistencia a las condiciones de estrés del medio (PINEDA-OJEDA et al., 2004), en el caso de *Acacia dealbata* resultan no determinantes.

5. CONCLUSIONES

Un aumento del volumen radicular favorece las características morfológicas e índices de calidad en plantas de *A. dealbata* durante la viverización. Sin embargo, su efecto no se extiende sobre el comportamiento en terreno luego de la segunda temporada, resultando las diferencias en DAC y altura total particulares a volúmenes radicales específicos.

6. REFERENCIAS

- ALZUGARAY, P.; HAASE, D.; ROSE, R. Efecto del volumen radicular y la tasa de fertilización sobre el comportamiento en terreno de plantas de pino oregón (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) producidas con el método 1+1. **Bosque**, v.25, n.2, p.17-33, 2004.
- AREF, I.; EL-JUHANY, L.; HEGAZY, S. Comparison of the growth and biomass production of six acacia species in Riyadh, Saudi Arabia after 4 years of irrigated cultivation. **Journal of Arid Environments**, v.54, n.4, p.783-792, 2003.
- BARRERA, P. **Efecto del tamaño del contenedor de polietileno sobre la calidad de plantas de Castaño (*Castanea sativa* MILL)**. 2005. 67f. Tesis (Ingeniero Forestal) - Universidad de Talca, Talca, Chile, 2005.
- CAÑELLAS, I. et al. Comportamiento de planta de *Pinus pinea* en vivero y campo: ensayos de técnicas de cultivo de planta, fertilización y aplicación de herbicidas. **Investigación Agraria. Producción y Protección Vegetal**, v.8, n.2, p.335-359, 1999.
- CAMARGO, I.; RODRÍGUEZ, N. Nuevas perspectivas para el estudio de la asignación de biomasa y su relación con el funcionamiento de plantas en ecosistemas neotropicales. **Acta Biológica Colombiana**, v.11, n.1, p.75-87, 2006.
- CASTILLO, I. et al. Influencia del manejo del agua y del sustrato en la calidad de la planta de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden en contenedores. **Revista Forestal Barcoo**, v.27, n.1, p.43-52, 2008.
- CLOSE, D. et al. Influences of seedling size, container type and mammal browsing on the establishment of *Eucalyptus globulus* in plantation forestry. **New Forests**, v.39, n.1, p.105-115, 2010.
- CRUZ, G.; DUCHENS, L. Resultados más importantes obtenidos por el proyecto "Manejo Forestal y Uso industrial del Quillay". En: SEMINARIO-TALLER. EL QUILLAY NUEVA ALTERNATIVA ECONÓMICA: Antecedentes para su comercialización, cultivo y manejo forestal. FONDEF-CONICYT. Santiago, Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, 2000.
- DOMÍNGUEZ, S. et al. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de las plantas de *Pinus pinea* en campo. **Actas del 1er Simposio sobre pino piñonero**. Valladolid, España. v.1, p.203-209, 2000.

- DOMÍNGUEZ-LERENA, S. et al. Container characteristics influence *Pinus pinea* seedling development in the nursery and field. **Forest Ecology and Management**, v.221, n.1, p.63-71, 2006.
- FERREIRA, S. et al. An evaluation of the potential of *Acacia dealbata* as raw material for bioethanol production. **Bioresource Technology**, v.102, n.7, p.4766-4773, 2011.
- FUENTES-RAMÍREZ, A. et al. Survival and growth of *Acacia dealbata* vs. native trees across an invasion front in south-central Chile. **Forest Ecology and Management**, v.261, n.6, p.1003-1009, 2011.
- HESS, L.; DE KROON, H. Effects of rooting volume and nutrient availability as an alternative explanation for root self/non-self discrimination. **Journal of Ecology**, v.95, n.2, p.241-251, 2007.
- INSTITUTO FORESTAL DE CHILE - CENTRO TECNOLÓGICO DE LA PLANTA FORESTAL - INFOR-CTPF. **Establecimiento de especies nativas en la comuna de Curepto, predio La Montaña**. Concepción, Chile: 2011. 67p. (Informe Técnico).
- KRAUSE, R. **Efecto de la dosis de fertilizantes solubles a base de N, P, K sobre el crecimiento en vivero de plantas de *Nothofagus obliqua* (Mirb.) Oerst, producidas en contenedor tipo speedling**. 2005. 61f. Tesis (Ingeniero Forestal) - Universidad de Católica de Temuco, Temuco, Chile. 2005.
- LAGOUTTE, S.; DIVO DE SESAR, M.; VILELLA, F. Efecto del tamaño de celdas y citoquininas en el crecimiento de plantas de petunia. **Phyton International Journal of Experimental Botany**, v.78, n.1, p.31-36, 2009.
- LANDIS, T. et al. **Nursery planning, development, and management**. The container tree nursery manual. Washington, DC: United State Department of Agriculture, Forest Service EE.UU. 1995. v.1. 188p. (Agricultural Handbook, 674)
- LORENZO, P. et al. Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata* Link on the physiological parameters of native understory species. **Plant Ecology**, v.212, n.3, p.403-412, 2011.
- MAY, B.; ATTIWILL, M. Nitrogen-fixation by *Acacia dealbata* and changes in soil properties 5 years after mechanical disturbance or slash-burning following timber harvest. **Forest Ecology and Management**, v.181, n.3, p.339-355, 2003.
- MATTHEI, O. **Manual de las malezas que crecen en Chile**. Santiago: Alfabeto Impresores. Santiago, Chile: 1995. 545p.
- MONTOYA, J.; CAMARA, M. **La planta y el vivero forestal**. Madrid: 1996. 127p.
- NESMITH, D.; DUVAL, J. The effect of container size. **HortTechnology**, v.8, n.4, p.495-498, 1998.
- PEÑA, E.; LANGDON, B.; PAUCHARD, A. Árboles exóticos naturalizados en el bosque nativo chileno. **Bosque Nativo**, v.40, n.1, p.3-7, 2007.
- PINEDA-OJEDA, T. et al. El trasplante contenedor-contenedor (1+1) y contenedor-raíz desnuda (p+1) en la producción de planta de *Pinus greggii* Engelm. **Agrociencia**, v.38, n.6, p.679-686, 2004.
- PINILLA, J. **Descripción y antecedentes básicos sobre *Acacia dealbata*, *A. melanoxylon*, *A. mearnsii***. Concepción, Chile: INFOR-CORFO. 2000. 49p. (Informe Técnico, 147).
- PLADECO. Plan estratégico de Desarrollo Comunal. Ilustre Municipalidad de Yumbel, Yumbel, Chile. 2012. 266p. (Informe Técnico).
- QUIROZ, I. et al. **Evaluación del crecimiento de *Acacia dealbata* en distintos contenedores en un vivero de la VIII región**. Concepción, Chile: 2008, 15p. (Informe Técnico).
- REYES, J. et al. Producción de plántulas de *Pinus pseudostrabus* var. *Apulcensis* en sustratos a base de Aserrín. **Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente**, v.11, n.2, p.105-110, 2005.
- ROJAS, J. **Contenido de humedad del suelo y biomasa de especies forestales en plantaciones de alta densidad y rápido crecimiento inicial**. 2009. 106f. Tesis (Ingeniero Agrícola) - Universidad de Concepción, Chillán, Chile, 2009.

SANTELICES, R.; NAVARRO, R.; DRAKE, F.
Efecto de la cobertura y de la fertilización en el desarrollo de plantas de *Nothofagus alessandrii* cultivadas en contenedor. **Bosque**, v.32, n.1, p.85-88, 2011.

VILÀ, M. F. et al. **Invasiones Biológicas**.
Madrid: Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Colección de Divulgación.
Gobierno de España. Editorial Cyan. 2008.
215p.