

NOTAS

Desarrollo de plantaciones experimentales jóvenes de *Fitzroya cupressoides* establecidas en el arboreto de la Universidad Austral de Chile, Valdivia

Development of young experimental plantations of *Fitzroya cupressoides* established at the arboretum of Universidad Austral de Chile, Valdivia

Víctor Gerding^{1*} y Yessica Rivas T.¹

*Autor de correspondencia: ¹ Universidad Austral de Chile, Instituto de Silvicultura, Valdivia, Chile, vgerding@uach.cl

SUMMARY

Two experimental plantations of *Fitzroya cupressoides* (alerce), established at the arboretum of Universidad Austral de Chile (Valdivia, 39°48'S and 73°14'W; 50 m asl) in 1994, were evaluated in May 2004 in order to assess its development *ex situ* through an integrated diagnosis. The plants had been produced from seeds in a three-year-nursery period (Cordillera de la Costa de Valdivia, coastal mountain range, Valdivia). In 1998 approximately 50% of the trees were transplanted to an adjacent area with 70% regeneration coverage of *Acacia melanoxylon*, being frequently cut for clearance (stand A). The remainder on the grassland corresponded to stand B. The distance between trees was 4 x 4 m. The climate is warm and rainy with Mediterranean influence; the soil has a loamy silty texture with no structure or drainage boundaries, rich in organic matter, strongly acid and with low phosphorous availability. Alerce shows adequate climatic and edaphic adaptation, and good nutritional and sanitary state. Stand B reached a height greater ($P < 0.05$) than stand A (289 vs. 260 cm), but none of them was different in crown diameter (181 vs. 167 cm), DHB (4.1 vs. 3.8 cm) and survival (76%).

Key words: *Fitzroya cupressoides*, plantation, growth, diagnosis, site.

RESUMEN

En mayo de 2004 se evaluaron dos plantaciones experimentales de *Fitzroya cupressoides* (alerce) establecidas en 1994 en el arboreto de la Universidad Austral de Chile (Valdivia, 39°48'S y 73°14'O; 50 m s.n.m.), con el fin de conocer su desarrollo *ex situ* a través de un diagnóstico integrado. Las plantas eran de tres años de viverización producidas de semillas (Cordillera de la Costa de Valdivia). En 1998 se trasplantó aproximadamente 50% de los árboles a un sector colindante con 70% de cobertura de regeneración de *Acacia melanoxylon*, recibiendo frecuentes cortas de limpieza (rodal A). El remanente sobre pradera correspondió al rodal B. Ambos rodales quedaron con espaciamiento de 4 x 4 m. El clima es templado lluvioso con influencia mediterránea; el suelo de textura franca limosa a franca arcillosa, sin limitaciones estructurales ni de drenaje, rico en materia orgánica, fuertemente ácido y con baja disponibilidad de fósforo. Alerce muestra adecuada adaptación climática y edáfica, buenos estados nutricional y sanitario. El rodal B alcanzó mayor altura promedio ($P < 0,05$) que el A (289 vs 260 cm), pero ambos rodales no se diferenciaron en diámetro de copa (181 vs. 167cm), DAP (4,1 vs. 3,8 cm) ni sobrevivencia (76%).

Palabras clave: *Fitzroya cupressoides*, plantación, crecimiento, diagnóstico, sitio.

INTRODUCCIÓN

En el arboreto de la Universidad Austral de Chile en Valdivia (39°48'S y 73°14'O; 50 m s.n.m.) se cultivan alrededor de 500 especies forestales, entre exóticas y nativas (Huber 1995), con el propósito, entre otros, de evaluar su desarrollo en un nuevo sitio. Con ello se pueden detectar tempranamente las limitaciones y potencialidades *ex situ* que presentan estas especies, con lo cual

se puede comparar y proyectar su crecimiento en condiciones naturales o *in situ*. Entre las especies arbóreas nativas que se cultivan *ex situ* actualmente en el arboreto, se encuentra establecido desde 1994 *Fitzroya cupressoides* (Mol.) Johnston (alerce) formando plantaciones en pequeños rodales.

El éxito de una plantación forestal, desde el punto de vista de su crecimiento, depende de muchos factores, como la calidad de las plantas, la preparación del sitio, la

técnica de plantación, los cuidados culturales y el sitio. Todos ellos son importantes para el crecimiento de los árboles y deben considerarse en su conjunto. Para ello, un diagnóstico integrado del sitio permite una mayor precisión en la identificación de las posibles restricciones y potencialidades que presenta una plantación. Este diagnóstico considera un análisis global del sitio, en el cual se incluyen: las características morfológicas, físicas y químicas del suelo; aspectos dasométricos, síntomas y signos y el estado nutricional de los árboles de la plantación; la topografía, el clima y la vegetación acompañante (Schlatter y Gerding 1995, Schlatter *et al.* 1995, Gerding *et al.* 2006).

El objetivo de este trabajo es evaluar el estado actual de desarrollo de dos plantaciones jóvenes de *F. cupressoides* establecidas 10 años antes, en el arboreto de la Universidad Austral de Chile, a través de un diagnóstico integrado del sitio con el fin de conocer su estado de desarrollo *ex situ*.

Características de la especie y de los sitios de origen. *Fitzroya cupressoides* (familia *Cupressaceae*) es una especie con árboles de gran porte, pudiendo alcanzar 50 m de altura y 5 m de diámetro, longeva, habiéndose fechado individuos de más de 3.600 años, y de alto valor cultural y emblemático de los bosques templados de Sudamérica (Veblen *et al.* 1976, Lara y Villalba 1993, Donoso 1995, Lara 1998). En 1973 fue incluida en el apéndice I de CITES (Convenio Internacional sobre el Comercio de Especies Amenazadas de Flora y Fauna), prohibiéndose su comercialización internacional. Desde 1976 está declarado monumento natural en Chile.

En Chile *F. cupressoides* se distribuye en poblaciones disjuntas ubicadas en la Cordillera de la Costa, desde los 39°50' hasta los 42°30'S, y en la de Los Andes desde los 41° a los 43°30'S (Donoso 1981, Veblen *et al.* 1995, Lara *et al.* 1999). También persisten algunos bosques pequeños con árboles relativamente jóvenes en la Depresión Intermedia, donde se pensaba que la especie había sido completamente eliminada por los incendios y la habilitación agropecuaria (Silla *et al.* 2002). Esta especie crece en sitios desde los 100 a los 1.200 m de altitud, encontrándose la mayoría de los bosques entre 500 y 800 m s.n.m. Comúnmente crece en áreas con una precipitación anual sobre los 2.000 mm y frecuentemente sobre 3.500 o 4.000 mm (Donoso 1981). La variedad fisiográfica donde se encuentra naturalmente *F. cupressoides* produce una amplia variabilidad climática debido al efecto de ambas cordilleras sobre las precipitaciones y las temperaturas (Veblen *et al.* 1976, 1995).

Fitzroya cupressoides se encuentra generalmente asociado a suelos delgados de mal drenaje (Peralta *et al.* 1979, 1982, CONAF 1985, Veblen *et al.* 1995), especialmente en la Depresión Intermedia donde los suelos son conocidos como ñadis (Greß y Carmona 1982, Correa 2003, Huss 2006). En las laderas orientales y las occi-

dentales de la Cordillera de la Costa de la provincia de Valdivia, los bosques de *F. cupressoides* crecen entre los 600 y 1.000 m s.n.m., principalmente sobre suelos de micaesquitos metamórficos, podzolizados, en general de drenaje imperfecto y muy pobres en elementos nutritivos, principalmente fósforo, potasio y magnesio; el porcentaje de saturación de aluminio es muy alto, sobre el 90% (Donoso 1995). Estos suelos corresponden a las series Hueicoya (Typic Haplhumuts [Ultisol]) y La Pelada (Oxic Dystradepts [Inceptisol]) (CIREN 2001).

Se trata de una especie intolerante a la sombra y su habilidad competitiva es reducida en presencia de otras especies en condiciones de suelo y clima favorables debido a su relativo lento crecimiento (Veblen *et al.* 1976, Donoso *et al.* 1993). El crecimiento medio anual en diámetro de esta especie es mayor en la Cordillera de la Costa (1,3 a 1,5 mm) que en la Cordillera de Los Andes (0,7 a 1,2 mm); lo mismo ocurre con el crecimiento medio anual en altura de árboles adultos, el que varía entre 6,9 y 7,4 cm y entre 2,8 y 3,5 cm, respectivamente (Donoso *et al.* 2000). Similares observaciones hicieron Parker y Donoso (1993), quienes, además, señalan que los crecimientos en altura de plántulas de regeneración natural en forma sexual y vegetativa son muy lentos, con un promedio de 2,1 cm por año. En la regeneración se observaron los mejores crecimientos en el sector andino argentino y en la Depresión Intermedia, siendo más bajos los crecimientos en las partes muy altas de la Cordillera de la Costa y en el sector occidental de la Cordillera de Los Andes, en Contao.

Según el crecimiento diametral, los mejores sitios con *F. cupressoides* se han encontrado en la Depresión Intermedia, luego en la Cordillera de la Costa y finalmente en la Cordillera de Los Andes (Parker y Donoso 1993). En plantaciones experimentales de *F. cupressoides* en la Cordillera de la Costa, esta especie presentó mayor potencialidad de crecimiento tanto *in* como *ex situ* en relación a su desarrollo natural observado (Donoso *et al.* 2000). Los crecimientos en altura para plantas generadas de semilla, con y sin fertilización, fueron de 7,8 a 9,1 cm año⁻¹ desde la cumbre hacia el pie de la Cordillera de la Costa, y mejores aún por el lado occidental respecto del oriental (34,1 y 26,9 cm año⁻¹, respectivamente). Las plantas obtenidas mediante estacas tuvieron la misma tendencia. En plantaciones *ex situ* realizadas en las cercanías de Valdivia, en mejores condiciones de sitio que aquellas ocupadas actualmente por *F. cupressoides*, se han obtenido incrementos medios anuales de 8 a 22 cm de altura (Premoli *et al.* 2004).

En la Depresión Intermedia (suelo ñadi y turbera) se observó en plantaciones de *F. cupressoides* (Correa 2003, Huss 2006) que los mayores incrementos en altura durante el primer año (12 cm) se alcanzaron en el suelo mejor drenado, mientras que en los suelos de drenaje más restringido fueron menores (< 5,0 cm). A los cinco años de su establecimiento, estas plantaciones mantenían

la misma tendencia según el drenaje del suelo, alcanzando un crecimiento de 16 y 6 cm por año, respectivamente.

MÉTODOS

Ubicación del área de estudio y clima. El área de estudio está ubicada en el arboreto de la Universidad Austral de Chile en Valdivia, con latitud 39°48'S y longitud 73°14'O (Schlegel 1985), y su clima es templado lluvioso con influencia mediterránea. Según Schlatter *et al.* (1995) el régimen pluviométrico anual se caracteriza por abundantes precipitaciones que sobrepasan los 2.000 mm anuales, casi sin períodos secos. Las temperaturas mínimas se presentan en dos a tres meses del año (invierno), alcanzado 4°C bajo cero. La limitante principal para el normal desarrollo de las especies vegetales en esta zona son la ocurrencia de heladas tempranas y los efectos del viento, especialmente en áreas con mayores elevaciones. Sin embargo, los efectos de un eventual período seco y las temperaturas extremas son amortiguados por la influencia oceánica. Las precipitaciones anuales fluctúan entre 1.390 y 2.940 mm, las temperaturas medias anuales entre 11,4 y 12,8°C; en invierno las temperaturas medias mensuales son de 5,4 a 10,7°C y en verano de 13,7 a 19,0°C; el número de días con heladas varía entre 36 y 77 por año (Huber 1970, Gerding *et al.* 2006).

Características del suelo. La geomorfología corresponde a planos depositacionales remanentes y terrazas aluviales en posiciones bajas e intermedias. La topografía es fuertemente ondulada a ligeramente quebrada con elevación de aproximadamente 50 m s.n.m. y exposición noroeste, en una ladera alta de forma y contorno convexos. Los suelos se formaron de cenizas volcánicas, donde domina la serie Correltúe (Andic Palehumult [Ultisol]), aunque la superficie manifiesta características de la serie Valdivia (Duric Hapludand [Andosol]) (Gerding *et al.* 2006). Se realizó un reconocimiento del suelo según Schlatter *et al.* (2003) considerando características morfológicas y físicas del suelo, y se describió un perfil representativo del suelo en una posición de ladera alta con forma y contorno convexos, con una pendiente < 10%. Datos complementarios se obtuvieron de Düsterhoft (2003) y Gerding *et al.* (2006).

Se analizó químicamente¹ una muestra mezcla de suelo, de 0-20 cm de profundidad, de cada rodal, obteniendo: pH en agua y en KCl 0,1N (relación suelo: solución = 1:2,5), fósforo disponible (Olsen); fracción extraíble de sodio, potasio, calcio, magnesio, aluminio, hierro, cobre, zinc y manganeso, en extracto de acetato de amonio

con DTPA a pH 4,8 (2 horas de agitación); azufre disponible (S-sulfato en extracto de fosfato de calcio); boro en extracto CaCl₂ 0,15% a ebullición (por 5 minutos); aluminio intercambiable (extracto de KCl 1M); carbono total por oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico, determinación colorimétrica; nitrógeno total (digestión Kjeldahl).

En el perfil de suelo se identificaron los horizontes A1 (0-5 cm), A2 (5-26 cm), BA (26-54 cm), B1 (54-83 cm) y B2 (83- > 200 cm), con una profundidad fisiológica de más de 100 cm. La textura era franca limosa en todo el perfil. El color presentó una variación típica, debido a la influencia de la materia orgánica en los primeros horizontes, cambiando desde pardo oscuro a pardo rojizo oscuro en profundidad (10 YR 3/3 a 7,5 YR 3/4). El efecto del fuego, que se utilizó antiguamente como práctica habitual de manejo, provocó la presencia de moteados de coloración rojiza y la presencia de trozos de carbón en los primeros 60 cm de profundidad. La estructura del suelo varió de granular a subpoliédrica en la superficie, a masiva en profundidad. La consistencia fue homogénea en todo el perfil, variando entre friable y muy friable, y la resistencia a la penetración indicó condiciones de ligera compactación en el horizonte A2, producto del uso agropecuario anterior (Düsterhöft 2003, Gerding *et al.* 2006). El drenaje interno fue moderado, la capacidad de agua aprovechable muy elevada (290 mm en un metro de profundidad) y la densidad aparente baja. El arraigamiento fue denso a muy denso en los primeros 50 cm de profundidad (> 50 a 20 raicillas dm⁻²), variando a fuerte y mediano (20 a 10 raicillas dm⁻²) en los siguientes 50 cm. Los suelos en ambos rodales fueron fuertemente ácidos, ricos en materia orgánica y nitrógeno total, con adecuada relación C/N; presentaron muy baja disponibilidad de fósforo y de bases; la disponibilidad de microelementos fue media a baja y la de azufre media a alta; mostraron altos niveles de aluminio extraíble y de saturación de aluminio (cuadro 1).

Evaluación de la plantación. En el año 1994 se establecieron sobre una pradera 100 individuos de *F. cupressoides* a un espaciamiento de 2 x 2 m. Las plantas fueron generadas mediante semillas procedentes de la Cordillera de la Costa de Valdivia (40°10'S; 73°42'O), con tres años de vivero y plantadas sin fertilización. En 1998 se trasplantó aproximadamente el 50% de los árboles a un sector colindante con 70% de cobertura de *Acacia melanoxylon* en estado de regeneración, que ha recibido frecuentes cortas de limpieza, lo que dio origen al rodal A. El rodal B está constituido por la plantación que permaneció en el sector de pradera. Ambos rodales quedaron con espaciamiento de 4 x 4 m.

De cada árbol se obtuvo la altura total, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y el diámetro de copa (DC). Con estas variables se calcularon los coeficientes de esbeltez altura/DAP y altura/DC. También se registraron

¹ Todos los análisis se realizaron en el Laboratorio de Nutrición y Suelos Forestales, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile.

Cuadro 1. Características químicas del suelo (0-20 cm) en ambos rodales de *Fitzroya cupressoides*.

Chemical characteristics of the soil (0-20 cm) in both stands of *Fitzroya cupressoides*.

Características	Rodal A	Rodal B
pH H ₂ O	5,29	5,34
pH KCl	4,68	4,73
C total (%)	9,6	9,4
N total (%)	0,43	0,48
C/N	22,4	19,5
P disponible Olsen (mg kg ⁻¹)	1,2	1,6
K extraíble (mg kg ⁻¹)	121	75
Ca extraíble (mg kg ⁻¹)	287	236
Mg extraíble (mg kg ⁻¹)	54	60
Na extraíble (mg kg ⁻¹)	38	51
S (mg kg ⁻¹)	11	22
Fe extraíble (mg kg ⁻¹)	168	129
Mn extraíble (mg kg ⁻¹)	12	7
Cu extraíble (mg kg ⁻¹)	4,6	5,6
Zn extraíble (mg kg ⁻¹)	1,0	1,0
B soluble (mg kg ⁻¹)	0,6	0,4
Al extraíble (mg kg ⁻¹)	1.640	1.760
Suma Bases (cmol+ kg ⁻¹)	2,36	2,09
Al de intercambio (cmol+ kg ⁻¹)	0,31	0,23
Saturación Al (%)	12	10

los síntomas de anomalías de crecimiento. De cada rodal se obtuvieron dos muestras mezcla de follaje de 10 individuos distribuidos aleatoriamente; se obtuvo follaje del último período vegetativo y, separadamente, del período anterior (Schlatter *et al.* 2003). Del material foliar se analizó solamente el de hojas, sin presencia de ramillas (madera, corteza). En cada muestra de follaje se analizaron nitrógeno (Kjeldahl) y fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, cobre, zinc y boro luego de calcinación y disolución en HCl 10%. En cada rodal se determinó la cantidad de raíces por unidad de superficie, separando aquellas de diámetro ≤ 2 mm (raíces finas) y > 2 mm (raíces gruesas), a través de tres muestras de suelo de 0-25 cm de profundidad y superficie de 170 cm² en el rodal A y de 90 cm² en el rodal B.

La caracterización de la vegetación acompañante se hizo mediante un listado florístico. La cobertura de estas especies se obtuvo mediante estimación ocular, considerando aquellas con un porcentaje de participación $\geq 10\%$. Ello permitió determinar que el rodal A estaba cubierto en un 70% del área por *Acacia melanoxylon* con individuos de aproximadamente 1,5 m de altura; sin embargo, las periódicas cortas de limpieza han impedido el mayor crecimiento de *A. melanoxylon*. El rodal B presentó un 100% de cobertura herbácea con una altura media de 0,3 m y una cobertura $< 5\%$ de las especies arbustivas *Rubus constrictus* Muell. *et* Lef. y *Ulex europeus* L. Las especies herbáceas acompañantes fueron: *Festuca arundinacea* Schreb., *Crepis capillaris* (L.) Schwager.,

Hypochoeris radicata L., *Lotus uliginosus* Schkuhr, *Dactylis glomerata* L., *Rumex acetosella* L., *Taraxacum officinale* (L.) Weber ex F.H. Wigg y *Ranunculus repens* L.

Todas las mediciones y recolección de muestras se realizaron en mayo de 2004. Las comparaciones entre rodales se hicieron a través de análisis de varianza de una vía.

RESULTADOS

Ambos rodales han estado sometidos a competencia de malezas, principalmente en los primeros años, que pudo haber reducido el potencial de crecimiento de *F. cupressoides*. Esto último también se infiere de la abundante masa radicular que está presente en el suelo superficial (0-25 cm) de ambos rodales: en el rodal A se encontró un total de 18,2 t ha⁻¹ (CV = 84,4%) de raíces, del cual un 36% correspondió a raíces finas y el 64% a raíces gruesas; en el rodal B la biomasa radicular alcanzó a 16,6 t ha⁻¹ (CV = 13,3%) con una mayor proporción de raíces finas (72%) respecto de las gruesas (28%).

Los dos rodales presentaron una sobrevivencia de 76%, no pudiéndose identificar la causa de muerte, ya que ésta ocurrió en los primeros años del establecimiento de las plantaciones. El rodal B presentó una altura promedio (289 \pm 46,2 cm) significativamente mayor ($P < 0,05$) que el rodal A (260 \pm 46,8cm), aunque tal diferencia fue de sólo 11% con respecto a este último. El incremento medio anual (IMA) en altura se distribuyó, en promedio de los dos rodales, en: 5% de árboles con 10-15 cm año⁻¹, 37% con 15-20 cm año⁻¹, 43% con 20-25 cm año⁻¹ y 14% con 25-30 cm año⁻¹. Es decir, el 57% de los árboles alcanzó un IMA en altura entre 20 y 30 cm año⁻¹.

El rodal B también mostró una tendencia no significativa de mayor diámetro (DAP promedio de 4,1 \pm 1,2 cm y DC promedio de 181 \pm 34,4 cm) que el rodal A (DAP promedio de 3,8 \pm 0,9 cm y DC promedio de 167 \pm 40,1 cm). En ambos rodales todavía no se produce el cierre de copas, debido al distanciamiento entre árboles (mínimo 2 m), pero es un proceso que está en su inicio.

El coeficiente de esbeltez altura/DAP alcanzó un promedio general de 78 \pm 46,6 y el de altura/DC de 1,6 \pm 0,5. Ninguno de los dos se vio influido significativamente ($P > 0,05$) por la vegetación competitiva de los rodales (pradera y *A. melanoxylon*). En general, el rodal A, con presencia de *A. melanoxylon*, mostró mayor variabilidad respecto a las medias de altura y diámetros.

Las plantaciones mostraron un estado sanitario normal, sin síntomas de daños bióticos o abióticos. Sin embargo, un 10% de los individuos en ambos rodales presentó síntomas de fasciación de etiología desconocida, que se manifiesta como un crecimiento anormal de algunas ramillas y hojas (figura 1).

El estado nutricional de las plantaciones también fue bueno, sin evidenciar deficiencias (cuadro 2). Se mani-

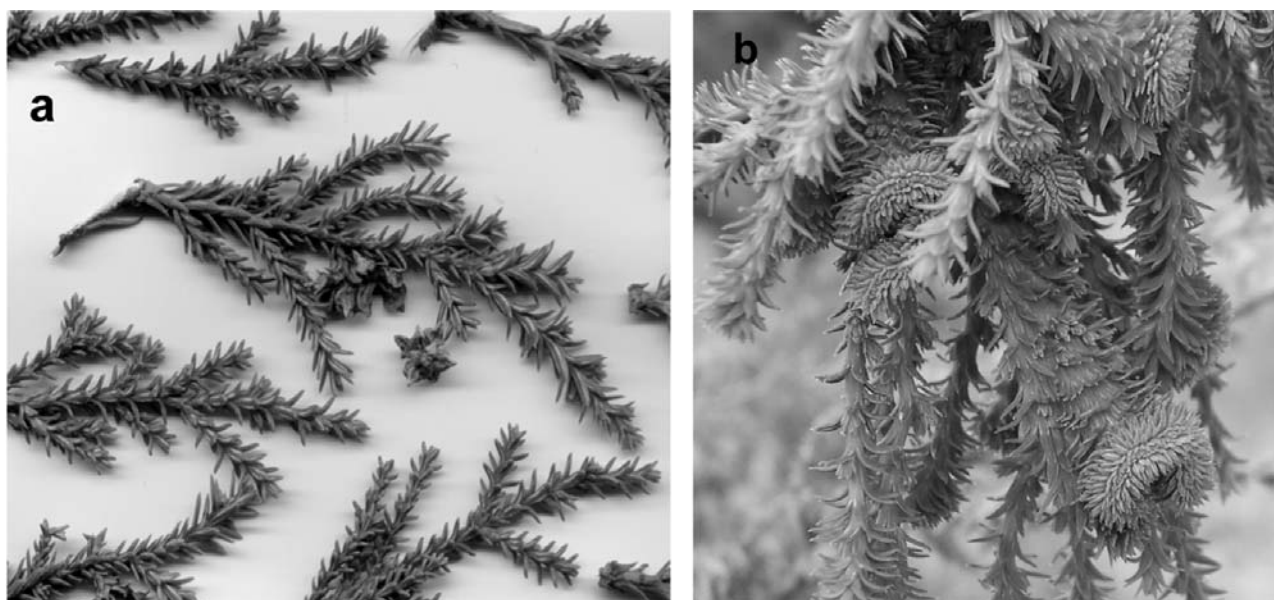


Figura 1. *Fitzroya cupressoides*: a) Ramillas y hojas normales. b) Ramas con fasciación (Fotos: Víctor Gerding).
Fitzroya cupressoides: a) Twigs and normal leaves. b) Branches with fasciations (Photos: Víctor Gerding).

festó la movilidad del nitrógeno y del fósforo a través de los mayores contenidos en el follaje nuevo con respecto al viejo; por el contrario, calcio demostró su carácter de poca movilidad, mostrando mayores contenidos en hojas

antiguas. Solamente el fósforo foliar podría calificarse como levemente limitante en consideración a estándares nutricionales (Will 1985), en concordancia con la muy baja disponibilidad de este elemento en el suelo.

Cuadro 2. Contenido de elementos nutritivos en el follaje de *Fitzroya cupressoides* en distintas localidades.
Nutrient content in the foliage of *Fitzroya cupressoides* in different sites.

Elemento	Arboreto (Valdivia: 39°48'S, 73°14'O)				Cordillera de la Costa (Cordillera Pelada, Valdivia: 40°10'S; 73° 42'O)*			Cordillera de Piuchué (Chiloé: 42°30' S, 74°O)**	
	Rodal A		Rodal B		Media	Máximo	Mínimo	Media	± es
	Hojas nuevas	Hojas viejas	Hojas nuevas	Hojas viejas					
Elementos mayores (%)									
Nitrógeno	1,59	1,28	1,12	1,01	0,87	1,10	0,75	0,68	0,20
Fósforo	0,12	0,09	0,10	0,09	0,06	0,07	0,04	0,05	0,01
Potasio	0,67	0,65	0,54	0,54	0,43	0,72	0,28	3,94	0,93
Calcio	0,39	0,50	0,53	0,61	1,00	1,46	0,27	2,01	0,30
Magnesio	0,12	0,08	0,17	0,16	0,15	0,30	0,05	1,21	0,37
Relación N/P	13,3	14,2	11,2	11,2	13,3	10,7	18,75	13,60	0,10
Elementos menores (mg kg ⁻¹)									
Hierro	71	162	91	122	119	209	37	–	–
Manganeso	336	362	214	297	742	1.239	301	–	–
Cobre	15	9	13	19	4,7	5,7	3,2	–	–
Zinc	20	13	16	11	13	23	7	–	–
Boro	41	19	34	16	16	26	11	–	–

* Grez *et al.* (1989). ** Vann *et al.* (2002). – sin información. es: error estándar.

DISCUSIÓN

Si bien el arboreto no está en el área de distribución natural de *F. cupressoides*, el clima de este lugar es similar al de algunas zonas de origen de la especie. En general, el sitio de la plantación presenta menos precipitación total, aunque igualmente abundante y sin período seco, y temperaturas más altas dentro de un clima templado lluvioso (Veblen *et al.* 1976, 1995, Donoso 1995, Novoa *et al.* 1989, Lara 1991). Por lo anterior, se considera que el clima en el sitio de las plantaciones es adecuado para esta especie.

Fitzroya cupressoides ha tolerado bien la competencia de malezas a la que ha estado sometido, logrando un buen crecimiento, no obstante que en sitios favorables de su hábitat natural se le ha observado con dificultades ante la habilidad competitiva de otras especies (Veblen *et al.* 1976, Donoso *et al.* 1993). En todo caso, los árboles de estas plantaciones han estado siempre con toda o una porción importante de su copa expuesta a la luz gracias a las periódicas cortas de limpieza, pero a nivel radicular se aprecia una alta biomasa de raíces de malezas.

Entre ambos rodales no hubo diferencias significativas ($P > 0,05$) para la cantidad total de raíces, pero en el rodal dominado por maleza leñosa (rodal A) hay una distribución más heterogénea de raíces y las raíces gruesas mostraron mayor participación que las finas con respecto al rodal con pradera (rodal B). La biomasa radicular encontrada en el suelo superior (0-25 cm) de estas plantaciones está dentro de los rangos informados por Jackson *et al.* (1996) para bosques y praderas de climas templados.

El suelo de estas plantaciones, en comparación a condiciones *in situ* de *F. cupressoides* (Donoso 1995, Peralta *et al.* 1979, 1982, Donoso *et al.* 2000, Grez *et al.* 1989), presenta mayor fertilidad, reflejada en: a) un mayor espacio arraigable debido a un suelo muy profundo y de buena estructura; b) un mejor régimen de aire, caracterizado por una alta capacidad de aire y un drenaje moderado, con ausencia de saturación prolongada con agua del suelo, y c) un mejor régimen de agua representado por una elevada capacidad de agua aprovechable. Aunque este suelo manifiesta limitaciones de mediana importancia en el régimen de elementos nutritivos, su condición es mucho mejor que las encontradas en áreas de distribución natural de *F. cupressoides*, tanto en la disponibilidad de elementos nutritivos como en las condiciones de acidez, saturación de aluminio y fijación de fósforo.

Fitzroya cupressoides mostró crecimientos en altura y diámetro, en sus primeros 13 años de vida, superiores a los informados para bosques nativos y plantaciones de esta especie, siendo sólo comparable a los resultados obtenidos en laderas bajas de la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa de Valdivia (Correa 2003, Donoso *et al.* 2000, Huss 2006, Parker y Donoso 1993, Premoli

et al. 2004). Esto demuestra un alto potencial de crecimiento con respecto a lo informado para otras plantaciones o regeneración natural de *F. cupressoides*. El actual crecimiento medio de los árboles debería aumentar en los próximos años hasta el cierre de copas, ya que estas plantaciones se encuentran en una etapa de crecimiento acelerado.

El mayor crecimiento observado en el arboreto se puede atribuir principalmente al suelo más fértil, especialmente por sus mejores condiciones de espacio arraigable, estructura y drenaje. Sin embargo, la competencia de malezas en los primeros años debió ser un factor restrictivo del crecimiento, por lo que un control de la competencia sería favorable para un mayor crecimiento de *F. cupressoides*. El leve menor crecimiento y la mayor variabilidad en el rodal A pueden explicarse, por una parte, por el origen de este rodal que fue producto del trasplante de los árboles cuando ya estaban establecidos cuatro años en su sitio inicial; y por otra, debido a la competencia que provoca *A. melanoxylon*. Esto último, sin embargo, debiera ser menos importante en atención a que los coeficientes de esbeltez no mostraron diferencia entre rodales, lo que demuestra que *A. melanoxylon* ha estado bajo periódicas cortas de limpieza que han permitido la expansión de las copas de *F. cupressoides*, inclusive con follaje vivo a ras del suelo al igual que en la pradera.

Estas plantaciones de *F. cupressoides* presentaron niveles nutricionales muy superiores a los que se han encontrado en bosques nativos (Grez *et al.* 1989, Vann *et al.* 2002). Esto es especialmente notorio en fósforo, lo que descartaría una deficiencia de este elemento en las plantaciones del arboreto. De ello se infiere que el suelo donde están las plantaciones es de mejor calidad nutritiva que en las áreas originales de esta especie y que el menor crecimiento del rodal A no tiene una causa nutricional, sino que se explica por el trasplante al que fue sometido. Por otra parte, los contenidos de manganeso foliar de estas plantaciones son equivalentes a los niveles mínimos encontrados en bosques de *F. cupressoides* de la Cordillera de la Costa, lo que se explica por las diferencias de humedad de los suelos. En ambientes más húmedos, con suelos ácidos expuestos a mayor flujo o presencia de agua, aumenta la solubilidad del manganeso y su consecuente absorción por las plantas, no obstante que el contenido de manganeso extraíble en el suelo sea bajo (Schachtschabel *et al.* 1984).

CONCLUSIONES

Fitzroya cupressoides muestra una buena adaptación climática y edáfica en el arboreto, manifestando un estado nutricional de mayores niveles foliares que en su área de origen; no evidencia deficiencias nutritivas. Su estado sanitario es bueno y su tasa de crecimiento resultó alta en comparación a la alcanzada *in situ* y a la observada por

otros autores en plantaciones *ex situ* de la Cordillera de la Costa. Este crecimiento es similar al obtenido en terrenos bajos, principalmente en la vertiente occidental de la Cordillera de la Costa de Valdivia, evidenciando que *F. cupressoides* tiene mayor potencial de crecimiento con respecto a lo observado en bosques nativos.

REFERENCIAS

- CIREN (Centro de Información de Recursos Naturales, CL). 2001. Descripciones de suelos. Materiales y símbolos. Estudio agrológico de la provincia de Valdivia, X Región, Chile. Santiago. 199 p.
- CONAF (Corporación Nacional Forestal, CL). 1985. Distribución, características, potencialidades y manejo de los suelos bajo alerce en la X Región. Informe I. 16 p. (Boletín técnico N° 1).
- Correa E. 2003. Evaluación de una plantación de alerce (*Fitzroya cupressoides* (Mol) Johnston) de un año, en suelos ñadis de la Depresión Intermedia, provincia de Llanquihue. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 41 p.
- Donoso C, B Escobar, H Castro, A Zuñiga, R Grez. 2000. Sobrevivencia y crecimiento de Alerce (*Fitzroya cupressoides* (Mol) Johnston), en plantaciones experimentales de la Cordillera de la Costa en Valdivia. *Bosque* 23(2):13-24.
- Donoso C, V Sandoval, R Grez, J Rodríguez. 1993. Dynamics of *Fitzroya cupressoides* forests in southern Chile. *Journal of Vegetation Science* 4:303-12.
- Donoso C. 1981. Investigación y desarrollo forestal. Tipos forestales de los bosques nativos chilenos. Documento de trabajo N° 38. Santiago, Chile, Corporación Nacional Forestal. 82 p.
- Donoso C. 1995. Bosques Templados de Chile y Argentina: Variación, estructura y dinámica, 3ª ed. Santiago, Chile, Universitaria. 483 p.
- Düsterhöft H. 2003. Biomasse eines Mischwaldbestandes in Valdivia, Chile. Tesis Ingeniero Forestal. Göttingen, Alemania. Universidad Georg-August. 72 p.
- Gerding V, E Geldres, J Moya. 2006. Diagnóstico del desarrollo de *Pinus massoniana* y *Pinus brutia* establecidos en el arbolito de la Universidad Austral de Chile, Valdivia. *Bosque* 27(1):57-63.
- Grez R, A Carmona. 1982. Utilización silvoagropecuaria de los terrenos de ñadis. Caracterización de los suelos. Informe de Convenio. Valdivia, Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile. 24 p.
- Grez R, C Donoso, V Sandoval, R Gayoso, J Gayoso, V Díaz, E Morales. 1989. Establecimiento de módulos de ensayo y aplicación de métodos de manejo del tipo Forestal Alerce, Sector Costa, X Región. CONAF-UACH. Serie Técnica. Informe de Convenio N° 162, Proyecto Métodos de Manejo del Tipo Forestal Alerce, etapa II. Informe Final. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 154 p.
- Huber A. 1970. Diez años de observaciones climatológicas en la estación Teja-Valdivia (Chile) 1960-1969. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 60 p.
- Huber H. 1995. El *arboretum* de la Universidad Austral de Chile, área de investigación y educación forestal. Tesis Ingeniero Forestal. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 54 p.
- Huss E. 2006. Restauración ecológica de alerce: evaluación de una plantación de cuatro años y medio en la provincia de Llanquihue, X Región. Tesis Magíster en Ciencias mención Recursos Forestales. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 65 p.
- Jackson R, J Canadell, J Ehleringer, H Mooney, O Sala, E Schulze. 1996. A global analysis of root distribution for terrestrial biomes. *Oecologia* 108:389-411.
- Lara, A. 1991. The dynamics and disturbance regimens of *Fitzroya cupressoides* forests in the south central Andes of Chile. Boulder, USA. PhD thesis, University of Colorado. 183 p.
- Lara A. 1998. Alerce, gigantes milenarios del bosque nativo (*Fitzroya cupressoides* trees: The millenary giants of the native forests). In Ocho Libros Editores. Defensores del bosque chileno. La tragedia del bosque chileno. Santiago, Chile. p. 94-101.
- Lara A, R Villalba. 1993. A 3620-year temperatura record from *Fitzroya cupressoides* tree rings in southern South America. *Science* 260:1104-1106.
- Lara A, ME Solari, P Rutherford, O Thiers, R Trecaman. 1999. Cobertura de la vegetación original de la ecorregión de los bosques valdivianos de Chile hacia 1550. Informe Técnico para WWF, Contrato fb49. Proyecto Preparation of a Bi-nacional vegetation map of the Valdivian Ecoregion. Chilean Portion. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 32 p.
- Novoa R, S Villaseca, P del Canto, J Rouanet, C Sierra, A Pozo. 1989. Mapa agroclimático de Chile. Santiago, Chile, Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA), Ministerio de Agricultura. 221 p.
- Parker T, C Donoso. 1993. Natural regeneration of *Fitzroya cupressoides* in Chile and Argentina. *Forests Ecology and Managements* 59:63-85.
- Peralta M, N Klenner, S González, E Besoain. 1979. Suelos forestales representativos de la Cordillera de los Andes; un transecto en el sector de Contao, provincia de Chiloé. X Región. Boletín técnico. Santiago, Chile, Universidad de Chile. 55 p.
- Peralta M, M Ibarra, E Oyanedel. 1982. Suelos del tipo forestal Alerce. *Ciencias Forestales* 2:29-51.
- Premoli A, C Souto, A Lara, C Donoso. 2004. Variación en *Fitzroya cupressoides* (Mol) Johnston (Alerce o Lahuán). In Donoso C, A Premoli, L Gallo, R Ipinza. Variación intraespecífica en las especies arbóreas de los bosques templados de Chile y Argentina. Santiago, Chile, Universitaria. p. 277-301.
- Schachtschabel P, HP Blume, KH Hartge, U Schwertmann. 1984. Lehrbuch der Bodenkunde. Stuttgart, Alemania, 11ª ed. Enke. 442 p.
- Schlatter JE, V Gerding. 1995. Método de clasificación de sitios para la producción forestal, ejemplo en Chile. *Bosque* 16(2):13-20.
- Schlatter J, V Gerding, H Huber. 1995. Sistema de ordenamiento de la tierra, herramienta para la panificación forestal aplicada a la X Región. Serie Técnica. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 93 p.
- Schlatter J, R Grez, V Gerding. 2003. Manual para el reconocimiento de suelos. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 114 p.

- Schlegel F. 1985. *Arboretum*. Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile, Universidad Austral de Chile. 19 p.
- Silla F, S Fraver, A Lara, T Allnutt, A Newton. 2002. Regeneration and stand dynamics of *Fitzroya cupressoides* (Cupressaceae) forests of southern of Chile's Central Depression. Forests. *Ecology and Managements* 165:212-224.
- Vann D, A Joshi, C Pérez, A Jonson, J Frizano D Zarin, J Armesto. 2002. Distribution and cycling of C, N, Ca, Mg, K and P in three pristine, old-growth forests in the Cordillera de Piuchué, Chile. *Biogeochemistry* 60:25-47.
- Veblen T, R Delamstro, JE Schlatter. 1976. The conservation of *Fitzroya cupressoides* and environments in southern Chile. *Environmental Conservation* 3:291-301.
- Veblen TT, BR Burns, T Kitzberger, A Lara, R Villalba. 1995. The ecology of the conifers of southern South America. In Enright NJ y RS Hill eds. Ecology of the southern conifers. Melbourne, Australia, Melbourne University Press. p. 120-155.
- Will G. 1985. Nutrient deficiencies and fertilizer use in New Zealand exotic forests. FRI Bulletin N° 97. Rotorua, Nueva Zelandia. Forest Research Institute. 53 p.

Recibido. 25.10.04
Aceptado: 16.03.06