

## Condiciones de micrositio para juveniles de *Austrocedrus chilensis* y respuesta a intervenciones extractivas

### Microsite conditions in *Austrocedrus chilensis* saplings and response to extractive practices

Miriam E. Gobbi

Universidad Nacional del Comahue, Centro Regional Universitario Bariloche, Quintral 1250, (8400) San Carlos de Bariloche, Argentina, Tel/fax: +54-2944-423374, mgobbi@crub.uncoma.edu.ar

#### SUMMARY

This paper studies the environmental requirements of the "Andean cypress" (*Austrocedrus chilensis*) saplings, and the effect of silvicultural practices on their abundance and size. The study was carried out in four pure and dense forests of this species in the Argentine Andean-Patagonian region. In every site, one control plot and 1-3 managed plots were considered. Four microsite condition influence (brightness, tree canopy, and shrub and herb cover) on sapling abundance and size was studied in control plots. Silvicultural practices effects (thinning and understory removal) on sapling abundance and growth were studied in managed plots. Results indicate that, at microsite level, abundance is positively associated to shrub cover, and, to a lesser degree, to tree canopy. The highest density was found in poor moisture and fertility soil conditions, presenting low seedling recruitment and low tree density; possibly due to the presence of a suppressed-individual sapling bank. Silvicultural practices limited abundance only when thinning was combined with understory removal. This effect was independent from microsite conditions. Sapling growth is not related to silvicultural practices.

*Key words:* Andean cypress, thinning, understory removal.

#### RESUMEN

Se evaluaron los requerimientos ambientales de juveniles de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) y el impacto de algunas prácticas silvícolas extractivas sobre su abundancia y tamaño. El estudio se realizó en cuatro sitios de bosques puros y densos de esta especie, en los bosques andino-patagónicos argentinos. En cada sitio se estudió una parcela sin intervenir y 1-3 parcelas con intervenciones extractivas (raleos y remoción del sotobosque). En las parcelas sin intervención se estudió la influencia de la luminosidad, cobertura arbórea, arbustiva y herbácea, como condiciones del micrositio, sobre la abundancia y el tamaño de los juveniles; y en las parcelas intervenidas, el efecto de las extracciones sobre la abundancia y el crecimiento. Los resultados obtenidos indicaron que la abundancia se asoció positivamente a la cobertura arbustiva, y, en menor grado, a la cobertura del dosel arbóreo. La mayor densidad de juveniles en el sitio con condiciones más desfavorables de humedad y de fertilidad del suelo, con bajo reclutamiento de plántulas y menor densidad arbórea, pudo deberse a la presencia de un banco de juveniles suprimido que ha logrado instalarse pero no llegar al estadio de adultos. El efecto de las intervenciones extractivas sobre abundancia de juveniles dependió del tipo de tratamiento. Los raleos no condicionaron la abundancia, salvo cuando incluyeron la remoción del sotobosque. No se registraron efectos sobre el tamaño de la regeneración.

*Palabras clave:* ciprés de la cordillera, raleo, remoción del sotobosque.

#### INTRODUCCIÓN

La regeneración natural de un bosque hace posible su continuidad espacial y temporal y un apropiado conocimiento de la dinámica de regeneración y de las condiciones microambientales que permiten a los individuos jóvenes sobrevivir y desarrollarse, y además hacer sustentable el manejo silvicultural.

En bosques templados, la respuesta de las especies dominantes a los disturbios condiciona la continuidad del

bosque luego del manejo extractivo (Leak y Filip 1977, Runkle 1985). Las intervenciones que provocan grandes claros (tala rasa o raleos muy intensos) favorecen la presencia de especies intolerantes a la sombra, mientras que las intervenciones leves (cortas de pequeños grupos de árboles o de individuos aislados, cortas de selección) conducen a incrementos relativos de i) especies tolerantes y/o ii) especies arbóreas que presentan crecimiento moderado o rápido en los claros y reducido durante los períodos en que el dosel arbóreo se cierra.

En general, los estudios de regeneración han estado enfocados en estadios tempranos. Sin embargo el estadio juvenil de un bosque merece particular interés porque representa un estadio intermedio entre plántulas y adultos, con requerimientos particulares y respuestas propias a los cambios ambientales, que pueden ser diferentes a las de los demás estadios (Kubota 1995). La regeneración que ha logrado instalarse suele ser menos sensible a variaciones climáticas y a la predación. El tipo y frecuencia de las intervenciones pueden jugar un importante papel condicionando la sobrevivencia y desarrollo de este segmento de la población (Grassi *et al.* 2004).

*Austrocedrus chilensis* (D. Don) Pic. Ser. et Bizzarri es una conífera que prospera en ambientes muy distintos, tanto en humedad como luminosidad, y se presenta a lo largo de un marcado gradiente ambiental (Donoso 1993, Veblen *et al.* 1995). Los adultos de *A. chilensis* pueden acelerar su crecimiento como respuesta a aperturas del dosel arbóreo, aún luego de décadas de supresión (Veblen *et al.* 1992). El incremento diamétrico aumenta después del raleo, salvo en los casos de intervenciones leves (Bava *et al.* 1993). Esto haría suponer que, si el objetivo es la producción de madera, las intervenciones más intensas serían las más apropiadas para esta especie. Sin embargo, estas intervenciones no contemplan los otros usos del bosque y la respuesta de la regeneración a las nuevas condiciones ambientales podría poner en riesgo el autorreemplazo de la especie. La regeneración temprana de *A. chilensis* depende de la proximidad de árboles semilleros, de condiciones microambientales (micrositios) y de las del sitio (Rovere *et al.* 2004). En sitios más xéricos y con menor cobertura arbórea, la emergencia y establecimiento de plántulas está asociada a la presencia de arbustos que actúan como nodrizas, generando microambientes donde se reduce la radiación, la evapotranspiración, la temperatura del suelo y, probablemente, aumenta el contenido de materia orgánica y mejoran las condiciones de humedad (Kitzberger *et al.* 2000). En bosques cerrados la presencia de arbustos tiene un efecto predominante sobre la abundancia de plántulas (Gobbi 1999) y aumenta la supervivencia al invierno, reduciendo el efecto del descalce producido por las heladas (Gobbi y Schlichter 1998).

En estadios juveniles, la relación entre dosel arbóreo y abundancia de la regeneración no es clara. Por un lado, la abundancia de regeneración se ha asociado con bosques de baja área basal ( $< 15 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ), grandes claros y alta cobertura del sotobosque ( $> 60\%$ ) (Relva y Veblen 1998, Relva 1999), como se espera para una especie relativamente intolerante (Donoso 1993) o semitolerante a la sombra (Enright y Ogden 1995). Sin embargo, Arturi *et al.* (2001) encuentran esta asociación sólo para ejemplares mayores a 2 m de altura. Damascos (1998) considera que la frecuencia de la regeneración en claros pequeños ( $< 5 \text{ m}$  de diámetro) es similar a la registrada bajo dosel arbóreo cerrado y Rovere (2000) concluye

que tanto en vivero como en condiciones naturales la regeneración de esta especie requiere de protección contra la desecación. El tamaño del claro y, quizás, otras condiciones ambientales, como el tipo de sotobosque, podría explicar estas diferencias. Además, las variaciones climáticas interanuales condicionan el efecto facilitador de los arbustos, que se incrementa cuando el estrés abiótico es más severo (Letorneau *et al.* 2004).

Los objetivos de este trabajo fueron estudiar, en bosques puros y densos de *A. chilensis*: i) los requerimientos ambientales de los juveniles de esta especie, a nivel de micrositio, y ii) el efecto de las intervenciones extractivas sobre la abundancia y tamaño de dichos individuos.

## MÉTODOS

En este trabajo se denominó juveniles a los individuos de *A. chilensis* con más de 10 cm de altura (h) y menos de 50 mm de diámetro a la altura del pecho (DAP).

Se efectuó un relevamiento de parcelas intervenidas con fines de manejo productivo en la zona de distribución de los bosques puros y densos de *A. chilensis* en Argentina. El criterio de selección consideró parcelas que contasen con información confiable del tipo, características y año de intervención. Se seleccionaron cuatro sitios ubicados entre los 71°30' y 71°35'O, en los que se habían efectuado intervenciones que cumplieron con las condiciones estipuladas, a saber: Los Cipreses, Loma del Medio - Rodal 72, Loma del Medio - Rodal 11 y El Guadal (cuadro 1). La edad de los rodales estudiados varió entre 90 y 110 años y su origen es posterior a los grandes incendios de principios de siglo XX (Willis 1914, Kitzberger 1995). La distribución de frecuencias diamétricas indicó rodales de estructura de tamaño regular en Los Cipreses, Rodal 72 y Rodal 11, y con tendencia a irregular en El Guadal (Schmaltz y Gonda 1991, Stecher 1991, Bava *et al.* 1993). La estructura de tamaños irregular no implica, necesariamente, una distribución irregular de edades (Veblen *et al.* 1995). La mayoría de las propuestas de manejo ha tenido como objetivo mantener esta estructura, resguardando la presencia de árboles maduros en los rodales intervenidos (Chauchard y Barnaba<sup>1</sup>, Schmaltz y Gonda 1991, Bava *et al.* 1993).

En cada uno de los sitios se estudiaron las parcelas previamente intervenidas (de una a tres parcelas con intervenciones forestales extractivas) y una parcela control. Las parcelas fueron cuadradas, con superficie de 0,25 ha y borde de amortiguación de 10 m.

Las intervenciones consideradas en este estudio han sido: raleos y remoción del sotobosque, y se efectuaron por única vez en la fecha que se menciona en el cuadro 1, según se detalla en Chauchard y Barnaba<sup>1</sup>, Schmaltz y

<sup>1</sup> Chauchard L, J Barnaba. 1986. Plan de Ordenación Cuartel Loma del Medio-Río Azul. IFONA- Pcia. de Río Negro. Inédito.

**Cuadro 1.** Caracterización de los sitios y tratamientos estudiados (Pp: precipitación media anual; C: parcela control; I: parcela intervenida; R: raleo; S: remoción del sotobosque). Estado pre y post-raleo tomado de Stecher (1991), Schmaltz y Gonda (1991) y Bava *et al.* (1993).

Characteristics of study sites and management plots (Pp: mean annual precipitation; C: control plots; I: managed plots; R: thinning; S: understory removal). Pre and post-thinning data was taken from Stecher (1991), Schmaltz and Gonda (1991) and Bava *et al.* (1993).

Sitios	Latitud Sur	Altitud (m s.n.m.)	Pp (mm año <sup>-1</sup> )	Intervenciones			Estado Pre-raleo		Estado Post-raleo	
				Siglas de cada parcela	Tipo de intervención y % del área basal extraído	Año	Densidad (ind. ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Densidad (ind. ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )
El Guadal	41°52	450	898	EG-C	C (0)	–	1.060	41,2	–	–
				EG-I <sub>1</sub>	R S (25)	1989	1.860	58,8	920	44,0
				EG-I <sub>2</sub>	R S (22)	1988	1.160	54,0	836	42,2
				EG-I <sub>3</sub>	R S (55)	1984	732	43,0	272	22,0
Loma del Medio, Rodal 11	41°54	470	950	R11-C	C (0)	–	1.892	45,5	–	–
				R11-I <sub>1</sub>	R S (29)	1990	1.760	47,1	580	33,5
Loma del Medio, Rodal 72	41°56	350	1.000	R72-C	C (0)	–	1.960	33,0	–	–
				R72-I <sub>1</sub>	R (30)	1990	1.680	31,4	756	22,0
Los Cipreses	43°13	600	1.100	LC-C	C (0)	–	2.224	40,5	–	–
				LC-I <sub>1</sub>	R (26)	1991	2.156	36,3	1.500	26,9
				LC-I <sub>2</sub>	R (27)	1991	1.748	48,7	1.348	35,6
				LC-I <sub>3</sub>	R (28)	1991	2.344	43,5	1.620	31,2

Gonda (1991), Stecher (1991) y Bava *et al.* (1993). Los raleos implicaron extracciones de árboles y la intensidad de los mismos se indica como porcentaje del área basal. La remoción del sotobosque consistió en la eliminación por corta a la altura del suelo de los arbustos del sotobosque. Esta práctica se había efectuado como medida de prevención de incendios, tratando de reducir el combustible asociado al estrato más bajo del bosque y de interrumpir la continuidad vertical del mismo.

En cada parcela se establecieron aleatoriamente cuatro transectos perpendiculares a la pendiente. En cada transecto se ubicaron, también aleatoriamente, cinco subparcelas cuadradas de 4 m<sup>2</sup> en cada una de las cuales se registró la abundancia de juveniles de *A. chilensis*, el tamaño de los individuos, la cobertura del dosel arbóreo y la arbustiva y herbácea y la luminosidad relativa. La cobertura del dosel arbóreo se evaluó con un densiómetro de espejo cóncavo, la arbustiva y herbácea por estimación visual cualitativa, la luminosidad utilizando un fotómetro fotográfico (Artavia *et al.* 2004) y el tamaño de los juveniles registrando la altura (h), diámetro a la altura de la base (DAB) y diámetro a la altura del pecho (DAP), cuando la altura de los individuos lo permitió. La luminosidad se estimó como un porcentaje del valor en cada subparcela respecto a la luminosidad del mismo día (los datos se registraron entre las 11:30 y 12:30 horas de un día sin nubosidad) en un claro grande (> 1

ha), con similar pendiente y exposición, próximo al sitio de estudio.

Se calculó la abundancia (individuos m<sup>-2</sup>) total de juveniles y la abundancia por clases de altura, considerando cuatro clases. Los límites para cada clase se fijaron asumiendo que se corresponden con las alturas donde la regeneración comparte el espacio con distintos estratos de la vegetación: a) 10 - 30 cm = altura media del estrato herbáceo, b) 30 - 100 cm = altura media del estrato arbustivo promedio, c) 100 - 200 cm = altura del estrato arbustivo más alto, d) mayor a 200 cm = sobre el estrato arbustivo.

Independientemente, se recolectaron entre 12 y 15 individuos de cada parcela (n=156) para establecer la relación entre edad y tamaño. De cada ejemplar se cortó una sección transversal, a la altura de la base, para estimar la edad de la regeneración. En laboratorio, las secciones se secaron y se pulieron con lijas de granulometría sucesivamente más fina, hasta obtener una visión clara de los anillos de crecimiento. El recuento del número de anillos se realizó bajo lupa binocular.

En las parcelas sin intervención se estudió: i) la disposición espacial utilizando la relación varianza/media y la prueba Chi cuadrado para probar o rechazar la aleatoriedad de distribución de la regeneración en el espacio (Kershaw 1964), ii) la relación entre las variables que describen las condiciones de micrositio (dosel arbóreo,

cobertura arbustiva, herbácea y luminosidad) y la abundancia de la regeneración utilizando un Análisis de Componentes Principales (ACP) y iii) la relación entre las condiciones de micrositio y la abundancia de la regeneración por clase de altura, mediante el índice de correlación de Spearman (ICS).

El efecto de las intervenciones sobre la abundancia de la regeneración se estudió para cada uno de los sitios (Los Cipreses, Rodal 72, Rodal 11 y El Guadal) mediante un ANOVA no paramétrico (prueba de Kruskal-Wallis).

Las relaciones DAB/edad y altura/edad, para la regeneración proveniente de parcelas control e intervenidas (con y sin remoción del sotobosque y eventualmente poda), se ajustaron a una función exponencial y se contrastó la homogeneidad de las pendientes (Steel y Torrie 1988).

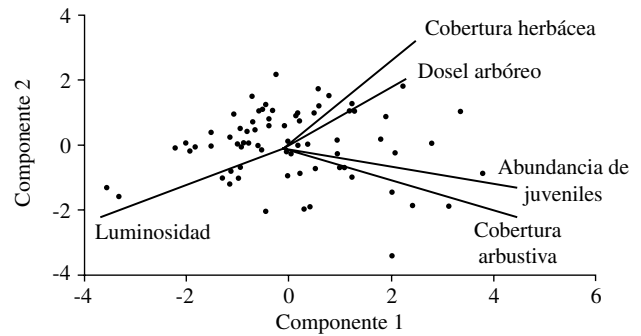
En todos los análisis estadísticos se utilizó  $P < 0,05$  como nivel de rechazo de la hipótesis nula.

## RESULTADOS

*Requerimientos ambientales de la regeneración en las parcelas sin intervención.* La relación varianza/media varió entre 1,57 y 3,74 y difirió significativamente de una aleatoria ( $\chi^2 = 43,90$   $P < 0,001$ ) mostrando un patrón de disposición espacial agrupado de la regeneración en todas las parcelas de estudio. El ACP realizado para estudiar la asociación entre densidad de juveniles y las condiciones ambientales en las parcelas control (figura 1) extrajo dos componentes con autovalores mayores a 1,0 que explican en conjunto un 61,5% de la varianza. El primer eje ( $\lambda_1 = 2,02$  y 40,4% de la varianza) contrapuso, con valores positivos, la abundancia total de juveniles y la cobertura, principalmente arbustiva, de la vegetación y, con valores negativos, la luminosidad. El segundo eje ( $\lambda_2 = 1,06$  y 21,1% de la varianza) contrapuso, con valores positivos, la cobertura herbácea y con valores negativos la abundancia total y la cobertura arbustiva. Como un ejemplo de la asociación entre abundancia de juveniles y alta cobertura de arbustos puede considerarse que la densidad varió desde 0,15 individuos  $m^{-2}$  cuando la cobertura arbustiva fue baja o ausente ( $< 30\%$ ) hasta 1,45 individuos  $m^{-2}$  cuando la misma fue alta ( $> 70\%$ ) (controles de la figura 2a). Sin embargo, el análisis de esta asociación considerando las clases de altura de la regeneración, muestra que la correlación positiva solo fue significativa ( $P < 0,05$ ; ICS  $> 0,23$ ) para los juveniles menores a 200 cm de altura, o sea para ejemplares que no superan al estrato arbustivo.

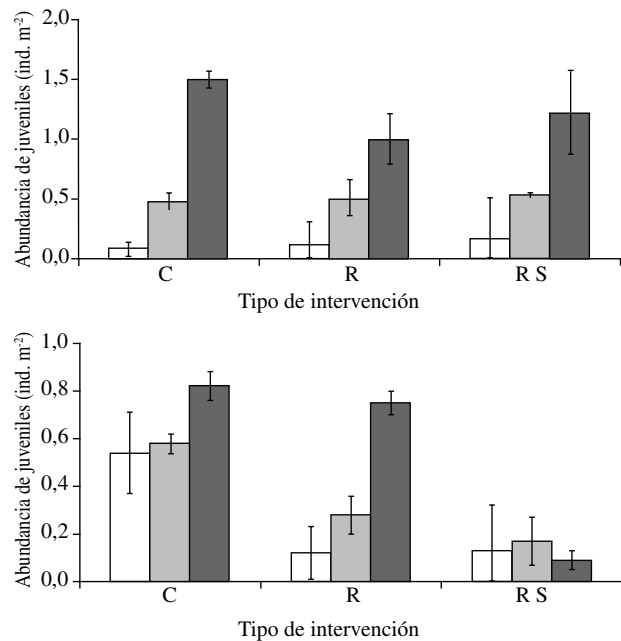
La abundancia de juveniles bajo el dosel arbóreo cerrado (controles de la figura 2b) fue ligeramente mayor (0,82 individuos  $m^{-2}$ ) que en los claros (0,54 individuos  $m^{-2}$ ).

No se registró correlación significativa (ICS  $< 0,20$ ,  $P < 0,05$ ) entre las variables de tamaño (altura, DAB y DAP) con el grado de cobertura de la vegetación ni con la luminosidad.



**Figura 1.** Diagrama de ordenación de subparcelas (ACP) basado en condiciones de micrositio y abundancia de juveniles.

Principal components analysis (ACP) relating microsite conditions and sapling density.

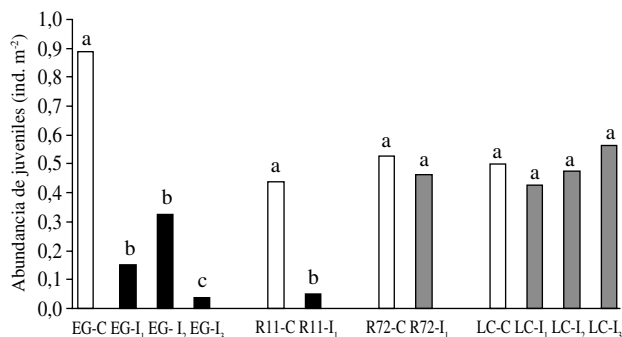


**Figura 2.** Abundancia de juveniles (individuos  $m^{-2}$ ) en distintas condiciones de cobertura arbustiva (a) y del dosel arbóreo (b). C: parcelas control, R: parcelas raleadas y RS: parcelas raleadas y con remoción del sotobosque. Cobertura baja ( $< 30\%$ ; blanco), intermedia (30-70 %, gris) y alta ( $> 70\%$ , negra) ( $n = 240$ ).

Sapling abundance (individuals  $m^{-2}$ ) in different shrub cover conditions (a) and tree canopy (b). Control (white), thinning (grey) and thinning and understory removal (black) plots. Shrub cover low ( $< 30\%$ ), intermediate (30-70%) and high ( $> 70\%$ ) ( $n = 240$ ).

A nivel de sitios de estudio, la densidad de juveniles fue mayor en El Guadal (0,89 individuos  $m^{-2}$ ) que en los demás sitios (0,44, 0,53 y 0,50 individuos  $m^{-2}$  para Rodal 11, Rodal 72 y Los Cipreses, respectivamente) y representó el 44% del total de individuos de *A. chilensis* (datos calculados en base a Gobbi 1999), mientras que en los otros sitios no superó el 22%.

*Efecto de las intervenciones.* El efecto de las intervenciones sobre la abundancia de la regeneración dependió



**Figura 3.** Densidad de juveniles (individuos m<sup>-2</sup>) en las parcelas de estudio. Ver símbolos en el cuadro 1. Parcelas control (blanco), intervenidas sin remoción del sotobosque (gris) e intervenidas con remoción del sotobosque (negro). Diferentes letras en cada sitio indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) en la densidad de juveniles.

Sapling density in the study plots. Symbols in Table 1. Control (white), thinning (grey) and thinning and understory removal (black). Different letters in each site indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) in sapling density.

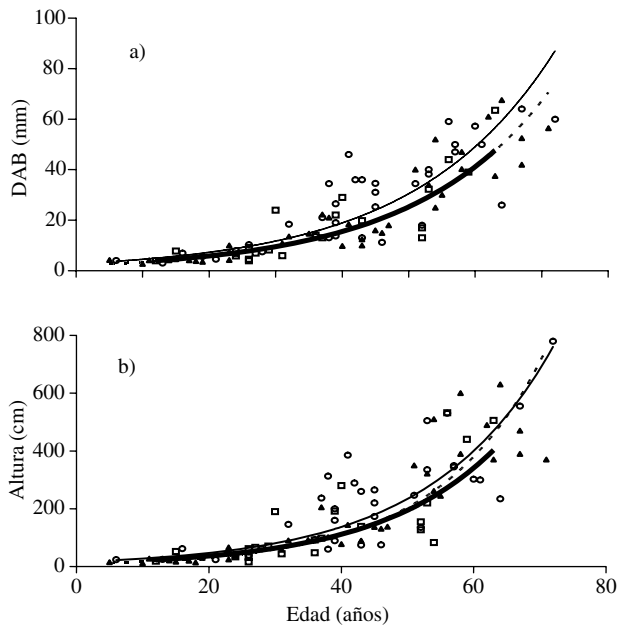
del tipo de tratamiento (figura 3). Cuando únicamente se aplicaron raleos (Los Cipreses y Rodal 72), la abundancia total de juveniles se mantuvo en niveles similares a los registrados en las parcelas control correspondientes, pero en las parcelas en las que la intervención incluyó remoción del sotobosque (Rodal 11 y El Guadal) la abundancia se redujo a valores menores al 20%, afectando todas las clases de tamaño.

A nivel de micrositio, la asociación entre abundancia de la regeneración y cobertura del sotobosque sigue el mismo patrón en las parcelas control e intervenidas, independientemente del tipo de intervención (figura 2a).

La figura 4 muestra las relaciones de crecimiento (DAB y altura en función de la edad) según las intervenciones. No se registraron diferencias significativas entre las pendientes de las curvas ( $P < 0,0001$ ) de los distintos tratamientos. Los resultados obtenidos indican crecimientos bajos y no reflejan diferencias en las tasas de crecimiento entre los distintos tratamientos. Según estas estimaciones, la regeneración de entre 15 y 20 años tendría una altura comprendida entre 23 y 31 cm en los controles, entre 36 y 47 cm en los bosques raleados y entre 26 y 36 cm en los raleados con remoción del sotobosque.

## DISCUSIÓN

*Requerimientos ambientales de la regeneración en las parcelas sin intervención.* La asociación entre arbustos y regeneración de *A. chilensis* ha sido registrada para el estadio de la plántula (< 10 cm de altura), tanto en bosques sin perturbar (Gobbi 1999) como en áreas fuertemente perturbadas (Veblen y Lorenz 1987, Gobbi y



Parcelas	Controles	Raleadas	Raleadas y con remoción del sotobosque
<b>DAB</b>			
Intercepción	2,106 (1,127)	2,805 (1,215)	2,162 (1,311)
Pendiente	0,049 (0,003)	0,048 (0,004)	0,048 (0,008)
R <sup>2</sup> (%)	90,2	77,7	71,7
<b>Altura</b>			
Intercepción	9,141 (1,158)	16,102 (1,280)	10,590 (1,400)
Pendiente	0,061 (0,004)	0,054 (0,006)	0,061 (0,010)
R <sup>2</sup> (%)	90,7	73,3	71,4

**Figura 4.** Estimación y error estándar (entre paréntesis) de los parámetros y R<sup>2</sup> de las regresiones exponenciales entre DAB-edad y altura-edad para juveniles de *Austrocedrus chilensis* en las parcelas control (— — —, ▲), raleadas (———, ◇) y raleadas y con remoción del sotobosque (—————, □).

Estimators and standard errors (in parentheses) of parameters and R<sup>2</sup> of exponential regression between DAB-age and height-age of *Austrocedrus chilensis* sapling in control (— — —, ▲), thinning (———, ◇) and thinning and understory removal plots (—————, □).

Sancholuz 1992, Relva y Veblen 1998, Relva 1999) o sometidas a fuerte estrés, como el ecotono estepa-bosque (Kitzberger *et al.* 2000). Los resultados obtenidos en este estudio permitirían extender el efecto facilitador de los arbustos en el establecimiento de la regeneración de *A. chilensis* a condiciones de bosque denso y para plantas que no superen en altura al estrato arbustivo.

La tendencia a una mayor abundancia de individuos jóvenes de *A. chilensis* asociada a dosel arbóreo cerrado, a diferencia de lo que ocurre en estadios anteriores (Gobbi y Schlichter 1998, Rovere *et al.* 2004), donde la abundancia de plántulas es mayor bajo dosel arbóreo intermedio o pequeños claros con moderada a alta luminosidad,

indicaría una mayor supervivencia y/o una menor probabilidad de paso a la clase adulta bajo dosel arbóreo cerrado. La ausencia de correlación entre el tamaño de los juveniles y las condiciones de cobertura y luminosidad concuerda con lo encontrado por Letourneau *et al.* (2004) para zonas con dosel arbóreo muy abierto (densidad de adultos menor a 50 individuos ha<sup>-1</sup>). Probablemente en el bosque los micrositios con dosel cerrado representen condiciones ambientales más estables que los claros y la regeneración encuentre allí la posibilidad de sobrevivir aunque sea a tasas de crecimiento más lentas. Por otro lado, Arturi *et al.* (2001) indican que las condiciones de crecimiento ejercen un efecto más importante que las diferencias de edad, sin embargo no parece ser la cobertura de la vegetación una variable importante en este sentido.

A nivel de sitio, la mayor abundancia de juveniles se asocia a El Guadal, sitio con menor abundancia de plántulas menores a 10 cm de altura (Gobbi 1999) y de adultos (cuadro 1), bajas precipitaciones y menores condiciones de fertilidad del suelo (Gobbi 2000). Goya *et al.* (1997) consideran que los rodales de El Guadal se establecieron en condiciones más abiertas que, por ejemplo, los de Loma del Medio, y su crecimiento se vio rápidamente limitado por la baja capacidad productiva del sitio. De esta manera, la mayor densidad de juveniles podría deberse a una acumulación, en este estadio, de individuos de distintas edades que retardaron su crecimiento (banco de renovals) y que no han logrado ingresar a la población de adultos. La cobertura arbustiva y la arbórea de El Guadal son similares a las de otros sitios de estudio y por lo tanto la mayor abundancia mencionada no sería atribuible a estas condiciones de micrositio.

*Efecto de las intervenciones.* Los resultados obtenidos indican que el mayor efecto negativo sobre la abundancia de juveniles está asociado a la práctica de remoción del sotobosque y no a la implementación de raleos. La remoción del sotobosque puede haber afectado por vía doble la abundancia de juveniles, directamente eliminándolos con la intervención e indirectamente reduciendo las superficies con arbustos. Todos los arbustos del sotobosque de cipresales tienen alta capacidad de rebrote, característica que no comparte *A. chilensis* (Gobbi 2000); así, los arbustos pueden rebrotar y recuperar, al menos parcialmente, su cobertura, y en estos micrositios encuentra la regeneración condiciones propicias para desarrollarse. En todos los tratamientos la abundancia tiene el mismo patrón respecto a la cobertura arbustiva, o sea, los arbustos representan micrositios apropiados independientemente del tipo de intervención. Por otro lado, los micrositios con dosel arbóreo cerrado constituyen un refugio para la regeneración, pero cuando la intervención incluye remoción del sotobosque, la regeneración no encuentra sitios apropiados para su establecimiento.

Los valores de crecimiento para edades de 15-20 años son muy inferiores a los 60 cm estimados en condiciones de mayor apertura del dosel arbóreo (Kitzberger *et al.* 2000). Estudios experimentales de liberación del crecimiento de la regeneración en bosques densos, considerando remoción del dosel y de los arbustos a distintas edades y tamaño de la regeneración, arrojarían información muy valiosa para el manejo de la especie.

## CONCLUSIONES

La disposición espacial agrupada, a pequeña escala, de la regeneración de *A. chilensis* indica que es posible que las condiciones ambientales afecten la abundancia, que se asoció, principalmente, a micrositios con alta cobertura arbustiva y, en menor grado, al dosel arbóreo más denso. Los arbustos representan condiciones apropiadas para la regeneración hasta que los ejemplares de *A. chilensis* los superan en altura. Nuevos estudios serían necesarios para evaluar si esta asociación se debe sólo a que los arbustos propiciaron la supervivencia de las plántulas, condicionando desde etapas tempranas la ubicación espacial de *A. chilensis*, o si el efecto protector de los arbustos se ejerce aún sobre los individuos jóvenes, hasta que estos superan en altura el estrato arbustivo.

La mayor densidad de la regeneración en el sitio con condiciones de humedad más desfavorables y con bajo reclutamiento de plántulas puede deberse a la presencia de regeneración de avanzada, que ha logrado instalarse pero no desarrollarse y pasar al estadio de adultos, explicando la menor densidad de adultos de dicho sitio.

El efecto de las intervenciones forestales extractivas sobre la abundancia de juveniles dependió del tipo de tratamiento. Los raleos no condicionaron la abundancia, pero cuando las intervenciones incluyeron remoción del sotobosque disminuyó la abundancia, afectando a todas las clases de altura e independientemente de los niveles de cobertura arbórea de los micrositios. No se registraron efectos importantes sobre el crecimiento entre distintos tipos de intervenciones.

En síntesis, los raleos menores al 50% del área basal de un bosque de ciprés no afectan la regeneración de individuos mayores a 10 cm, pero la remoción del sotobosque representa un disturbio que, directa e indirectamente, reduce la regeneración y no promueve el crecimiento.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco al departamento de Silvicultura del CIE-FAP, Dirección de Bosques de El Bolsón y Estación Forestal San Martín (INTA) por facilitar el acceso a los sitios de estudio, al Dr. Tomás Schlichter, por la dirección del proyecto en el que se desarrolló este trabajo, a la Universidad Nacional del Comahue por financiar par-

cialmente el mismo, a la Dra. María Andrea Relva y a dos revisores anónimos por la lectura crítica del manuscrito y las sugerencias realizadas.

## REFERENCIAS

- Artavia C, K Eckhardt, J Araujo. 2004. Efecto de la luz sobre la densidad y morfología de las plantas en un claro dominado por *Duroia hirsuta*. Estación biológica Madre Selva. Río Osora, Iquitos, Perú. *Rev. Reflexiones* 83: 131-135.
- Arturi MF, JJ Ferrando, JF Goya, PF Yapura, JL Frangi. 2001. Tendencias espaciales de la regeneración de *Austrocedrus chilensis* en relación con el dosel arbóreo. *Ecología Austral* 11: 31-38.
- Bava J, G. Roo, M Rey, C Biaus. 1993. Respuesta del ciprés de la cordillera a distintos tipos de raleo. *Actas del International Symposium on System Analysis and Management Decisions in Forestry*. Valdivia, Chile.
- Damascos M. 1998. Morfología de las plantas de los claros y áreas sombreadas del bosque de *Austrocedrus chilensis*, Argentina. *Ecología Austral* 8: 13-22.
- Donoso C. 1993. Bosques templados de Chile y Argentina. Variación, estructura y dinámica. *Ecología Forestal*. Editorial. Universitaria, Santiago de Chile. 484 p.
- Enright NJ, J Ogden. 1995. The Southern Conifers-A Synthesis. In Enright, NJ, RS Hill (eds.). *Ecology of the Southern Conifers*. Melbourne Univ. Press, Victoria. p. 271-287.
- Gobbi ME. 1999. *Austrocedrus chilensis* management: effects on microsites and regeneration. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences* 25: 71-83.
- Gobbi ME. 2000. Aspectos ecológicos del manejo productivo de los bosques puros y densos de *Austrocedrus chilensis*. Tesis Doctoral Universidad Nacional del Comahue, Argentina. 207 p.
- Gobbi ME, L Sancholuz. 1992. Regeneración post-incendio del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en los primeros años. *Bosque* 13: 25-32.
- Gobbi ME, T Schlichter. 1998. Survival of *Austrocedrus chilensis* seedlings in relation to microsite conditions and forest thinning. *Forest Ecology and Management* 111(2-3): 137-146.
- Goya JF, PF Yapura, JJ Ferrando, MD Barrera, MA Arturi. 1997. Crecimiento individual y de rodales de *Austrocedrus chilensis* en El Bolsón, Río Negro, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata* 103(2): 149-155.
- Grassi G, G Minotta, G Tonon, U. Bagnaresi. 2004. Dynamics of Norway spruce and silver fir for natural regeneration in a mixed stand under uneven-aged management. *Can. J. For. Res* 34: 141-149.
- Kershaw KA. 1964. Quantitative and dynamic ecology. American Elsevier Publishing Co., New York. 183 p.
- Kitzberger T. 1995. Fire regime variation along a northern Patagonian forest steppe gradient: stand and landscape response. PhD thesis, University of Colorado, Boulder.
- Kitzberger T, DF Steinaker, TT Veblen. 2000. Effects of climatic variability on facilitation of tree establishment in northern Patagonia. *Ecology* 81: 1914-1924.
- Kubota Y. 1995. Effects of disturbance and size structure on the regeneration process in a sub-boreal coniferous forest, northern Japan. *Ecological Research* 10: 135-142.
- Leak WB, SM Filip. 1977. Thirty-eight years of group selection in New England northern hardwoods. *Journal of Forestry* 75: 641-64.
- Letorneau FJ, H Andenmatten, T Schlichter. 2004. Effect of climatic conditions and tree size on *Austrocedrus chilensis*-shrub interactions in northern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 191: 29-38.
- Relva MA. 1999. Efectos del ramoneo sobre la regeneración del bosque de ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Comahue. 122 p.
- Relva MA, TT Veblen. 1998. Impacts of introduced large herbivores on *Austrocedrus chilensis* forests in northern Patagonia, Argentina. *Forest Ecology and Management* 108: 27-40.
- Rovere, A. 2000. Condiciones ambientales de la regeneración del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*). *Bosque* 21(1): 57-64.
- Rovere A, ME Gobbi, MA Relva. 2004. Regeneración de *Austrocedrus chilensis*. In MF Arturi, JL Frangi, JF Goya (eds). *Ecología y Manejo de los bosques de Argentina*. EDULP. (CD Rom).
- Runkle J. 1985. Disturbance regimes in temperate forests. In Pickett, S.T.A., P.S. White. *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press, Orlando. p. 17-34.
- Schmaltz J, HE Gonda. 1991. Descripción de un bosque nativo de ciprés (*Austrocedrus chilensis*) y propuestas para su futuro manejo. *Actas del II Congreso Internacional sobre Gestión en Recursos Naturales II*: 497-505.
- Stecher, GA 1991. Instalación de parcelas permanentes y elaboración de Tablas de volumen para ciprés de la cordillera. *Práctica laboral para acceder al grado de Técnico Forestal*. Universidad Nacional del Comahue, San Martín de los Andes. 30 p. + anexos.
- Steel RGD, JH Torrie. 1988. *Bioestadística: principios y procedimientos*. McGraw-Hill, México. 622 p.
- Veblen TT, B. Burns, T Kitzberger, A Lara, R Villalba. 1995. The Ecology of the conifers of Southern South America. In Enright, N. J., R. Hill. *Ecology of the Southern Conifers*. Melbourne Univ. Press., Victoria. p. 120-155.
- Veblen TT, D Lorenz. 1987. Post-fire stand development of *Austrocedrus-Nothofagus* forests in northern Patagonia. *Vegetatio* 71: 113-126.
- Veblen TT, T Kitzberger, A Lara. 1992. Disturbance and vegetation dynamics along a transect from rainforest to Patagonian shrublands. *Journal of Vegetation Science* 3: 291-301.
- Willis B. 1914. El norte de la Patagonia. *Naturaleza y riqueza*. Tomo 1. Informe de la Comisión de Estudios Hidrológicos. 500 p.

Recibido: 23.08.05  
Aceptado: 28.02.07