

## 62. Regeneración natural de *Nothofagus antarctica* bajo distintos niveles de dosel y uso del bosque

Soler Esteban, R. M.<sup>1</sup>, Martínez Pastur, G. J.<sup>1</sup>, Lencinas, M. V.<sup>1</sup>, Ivancich, H.<sup>1</sup>; Peri, P. L.<sup>2</sup>

### Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el banco de plántulas de *Nothofagus antarctica* (ñire) en bosques primarios (80% de cobertura), secundarios (85%) y con uso silvopastoril (66%) en Tierra del Fuego, considerando la influencia del microclima y de los herbívoros nativos y domésticos. En doce rodales, se registró temperatura, humedad del suelo y radiación solar. Durante cuatro años, se establecieron parcelas permanentes para conocer la dinámica de la regeneración natural (densidad, crecimiento y mortalidad) y clausuras de protección. La reducción del dosel debida al uso silvopastoril, aumentó la radiación, la amplitud térmica y la humedad del suelo. La cantidad de plántulas fue similar en bosques primarios y con uso silvopastoril, pero en estos últimos la altura y supervivencia de las plántulas fue mayor. En los bosques secundarios la regeneración fue casi nula, ya que su instalación estuvo fuerte y negativamente influenciada por la baja disponibilidad de luz. La densidad de plántulas aumentó dentro de las clausuras contra herbivoría, reflejando la ventaja de implementar protecciones individuales. Las plántulas de ñire respondieron favorablemente (crecimiento y supervivencia) a la apertura del dosel, formando un banco de plántulas más persistente (10 años) debido a la menor mortalidad y la presencia de plantas agámicas.

**Palabras clave:** bosque nativo; clausuras; microclima; ñire; radiación

## *Nothofagus antarctica* recruitment under different canopy levels and forest uses

### Abstract

Information about understory responses after ñire (*Nothofagus antarctica*) thinning is scarce. This study aimed to analyze the recruitment rate of *Nothofagus antarctica* (ñire) in primary and secondary forests, and under silvopastoral use in Tierra del Fuego, considering the influence of microclimate and herbivory (native and domestic mammals). On twelve ñire stands, temperature, soil moisture and solar radiation data were measured. Permanent plots were established during four years to evaluate the natural regeneration dynamics (seedling density, growth and mortality), with and without herbivory. The results showed that solar radiation, thermal amplitud and soil moisture content increased with canopy reduction under silvopastoral use. Regeneration density was similar in primary and silvopastoral used stands, but it was almost nil in secondary forest. However, regeneration height and survival were greater in the managed stands, as its establishment was strongly and negatively influenced by low light availability. Increased regeneration density in herbivory closures reflects the benefit of individual protection to avoid damage. Ñire regeneration responded favorably (growth and survival) to canopy openness, resulting more persistent seedling bank (10 years old) due to lower mortality rates and the presence of resprout.

**Keywords:** herbivores closure; microclimate; native forest; ñire; radiation

<sup>1</sup>Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET) (Houssay 200, 9410-Ushuaia, Tierra del Fuego, Argentina. E-mail: rosinas@cadic-conicet.gov.ar). <sup>2</sup>INTA EEA Santa Cruz-UNPA-CONICET, Argentina

## Introducción

La propuesta de manejo forestal para los bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) en Tierra del Fuego se basa en el uso silvopastoril. Dicha propuesta debe cumplir el criterio de ser ecológicamente viable, asegurando la continuidad del estrato arbóreo a largo plazo a través de la regeneración natural. El manejo del dosel mediante raleos, tiene como fin facilitar el ingreso de agua y luz hasta el suelo, para incrementar la biomasa de forraje para el ganado. Pero estos cambios internos del bosque, también pueden afectar el desarrollo de las plántulas de ñire, determinando el éxito de la regeneración natural. El ñire es considerada una especie heliófila de tolerancia media (Frangi *et al.*, 2005), que presenta caracterís-

ticas fisiológicas que la hacen “menos tolerante a la sombra” que otras especies cercanas (ej., *N. pumilio*) (Peri *et al.*, 2009). Esta podría ser una ventaja de la especie para la aplicación del manejo silvopastoril, pero es necesario profundizar el conocimiento de la respuesta de la regeneración en condiciones naturales y bajo manejo silvícola. Por ello, el objetivo de este estudio fue evaluar el banco de plántulas de ñire (densidad de plántulas, crecimiento y mortalidad) creciendo en bosques primarios (BP), secundarios (BS) y con uso silvopastoril (SILVO), considerando el efecto de las variables climáticas internas de los rodales y la influencia de los herbívoros nativos (*Lama guanicoe*) y domésticos (ganado vacuno).

## Materiales y Métodos

Durante 2008 a 2011, se trabajó en doce bosques puros de ñire (4 réplicas por tratamiento), ubicados en la Ea. Los Cerros (54°20' S 67°52' O), en el centro de Tierra del Fuego. En el Cuadro 1 se presentan las características estructurales de dichos rodales (Soler Esteban *et al.*, 2010). En cada uno de los doce sitios, se obtuvieron datos mensuales (de 1 año) de temperatura del aire y del suelo (°C) mediante el uso de data logger (HOBO H8, USA). Para medir

la precipitación efectiva que llega al suelo durante una estación de crecimiento (noviembre-marzo), se utilizaron sensores pluviométricos, y otros para medir la humedad del suelo (Watchdog 425, USA) durante una estación de crecimiento. La transmisión de radiación solar fue estimada indirectamente utilizando fotografías hemisféricas del dosel (Martínez Pastur *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Estructura de los bosques primarios (BP), secundarios (BS) y con uso silvopastoril (SILVO) de ñire.

Tipo	Cobertura (%)	Área Basal (m <sup>2</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Volumen Total (m <sup>3</sup> .ha <sup>-1</sup> )	Densidad (ind.ha <sup>-1</sup> )	Altura dominante (m)
BP	78,9 b	46,5 b	357,7 b	476 a	13,6
BS	85,5 c	39,6 ab	245,5 a	3406 b	10,1
SILVO	66,1 a	34,5 a	252,5 a	364 a	12,4
F (p)	61,51 (<0,01)	5,97 (<0,01)	4,67 (0,04)	41,24 (<0,01)	3,48 (0,07)

F= test de fisher, (p)= nivel de probabilidad. Las letras indican diferencias significativas (Tukey p<0,05).

Para medir la regeneración, se instalaron 60 parcelas permanentes (n=5 por rodal) de 1m<sup>2</sup> (5 x 0,20m) cada una y con una clausura rectangular (1,5 x 0,5 m) sobre uno de los extremos, para analizar el efecto de los herbívoros nativos y domésticos. Anualmente, se cuantificaron todas las plántulas de ñire, determinando su origen (semilla o agámica), edad y altura. La edad de las plántulas fue determinada a partir del conteo de mucrones y la altura correspondió al largo desde la base hasta la yema más alta con la planta extendida.

Análisis de datos: i) ANOVAs simples para las variables microclimáticas, ii) ANOVAs de medidas repetidas las variables de regeneración (densidad, altura total, edades y mortalidad), iii) ANOVA con diseño en bloque para el efecto de las clausuras. En todos los casos se aplicó un test de Tukey a posteriori (p<0,05) para separar las medias. Para evaluar la influencia de variables microclimáticas sobre la regeneración se aplicó un ordenamiento canónico (Análisis de Redundancia ó RDA).

## Resultados

De acuerdo al registro de las variables microclimáticas, la temperatura media mensual del aire fue significativamente mayor en *SILVO* (4,9°C) que *BP* (4,3°C) y *BS* (4,0°C), aunque *BP* presentó la mayor amplitud térmica (-6 de mín y 15°C de máx). La temperatura media del suelo fue similar entre los tres tipos de bosque (4,1-4,9°C), aunque presentó valores extremos en *SILVO* (1,7°C de mín y 7,8°C de máx) resultando en una mayor amplitud térmica que el resto. Enero y febrero fueron los meses más calurosos con un promedio de 10,1°C, pero durante marzo se registró la máxima más alta (21,9°C) y junio-julio presentaron las mínimas más bajas (-15,3°C). Las temperaturas promedio y máxima del suelo fueron mayores en febrero y marzo (9,1 y 13,1°C respectivamente), mientras que la mínima más baja se re-

gistró durante julio-agosto (-1,4°C). La precipitación mensual fue similar entre tipos de bosque (15,8-24,4 mm), aunque hubo una tendencia de mayor a menor caída de lluvia en sitios con menor a mayor cobertura del dosel (*SILVO*>*BP*>*BS*), lo cual seguramente contribuyó a que la humedad del suelo fuera significativamente mayor en *SILVO* (41-47%) y similar entre *BP* y *BS* (28-30%). La radiación solar global fue significativamente superior en *SILVO* (16,7 W.m<sup>-2</sup>) que en el resto (7,7-10,6 W.m<sup>-2</sup>). Estos niveles de radiación variaron mensualmente de acuerdo al trayecto que recorre el sol, incrementándose desde octubre (10,1 W.m<sup>-2</sup>), hasta alcanzar el máximo en diciembre (14,0 W.m<sup>-2</sup>), y disminuyendo hasta el valor mínimo registrado en marzo (7,3 W.m<sup>-2</sup>).

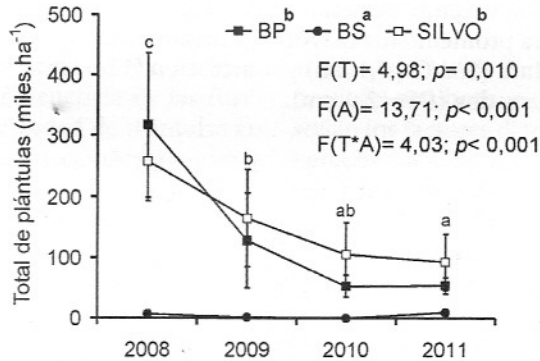


Gráfico 1. Densidad de plántulas (la barra indica el error estándar) de ñire, durante cuatro años. T: tipo de bosque, A: año, BP: bosque primario, BS: bosque secundario, SILVO: uso silvopastoril. F: test de Fisher, p: probabilidad. Las letras indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ ).

La densidad total de plántulas (de 0 a 911 miles.ha<sup>-1</sup>) fue variable entre tipos de bosque y años (Gráfico 1), siendo significativamente mayor en los bosques maduros (*BP* y *SILVO*) y casi nula en *BS*. El número de plántulas disminuyó desde 2008 a 2011 tanto en *BP* (318-128-54-54 miles.ha<sup>-1</sup>), *BS* (6-0-0-0,9 miles.ha<sup>-1</sup>) y *SILVO* (258-164-105-93 miles.ha<sup>-1</sup>), lo cual responde a la dinámica de incorporación y mortalidad de plántulas. Solo se identificaron plantas de origen agámico en *SILVO* (15-23% del total), mientras que en *BP* y *BS* el 100% fueron originadas por

semillas. Sin embargo, en todos los casos el número originado por semillas fue mayor que el de agámicas. Dentro de las clausuras se registró un mayor número de plántulas que fuera de las mismas (Cuadro 2). En *BP* el valor dentro de las clausura (211 miles.ha<sup>-1</sup>) duplicó al valor registrado afuera (110 miles.ha<sup>-1</sup>), en *SILVO* esta diferencia fue tres veces mayor (295 y 102 miles.ha<sup>-1</sup>, respectivamente). No hubo diferencias entre ambas situaciones para *BS* (3 y 7 miles.ha<sup>-1</sup>), ni entre años estudiados y tampoco se registró interacción entre los factores de análisis.

Cuadro 2. ANOVA con diseño en bloque para el efecto de las clausuras sobre la densidad de plántulas de ñire en bosques primarios (BP), secundarios (BS) y con uso silvopastoril (SILVO), durante cuatro años.

	A: Año	B: Tipo	C: Bloque
Factores	2008	BP	169,4 b
	2009	BS	73,2 a
	2010	SILVO	198,3 b
	2011		
F (p)	2,12 (0,10)	6,37 (<0,01)	4,20 (0,04)
Interacciones	A*B	B*C	A*C
F (p)	0,55 (0,76)	1,38 (0,25)	0,11 (0,95)

F= prueba de Fisher, p= probabilidad. Las letras indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ ).

La edad promedio de las plántulas (de semillas) fue diferente entre tipos de bosque ( $F = 44,24$ ;  $p < 0,01$ ), siendo mayor en SILVO (media= 3 años y máxima= 10 años), que en BP (media= 2,5 años y máxima= 7 años) que en BS (media= 1 año y máxima= 3 años). Desde 2008 hasta 2011, la edad promedio del banco de plántulas aumentó progresiva y significativamente ( $F = 11,27$ ;  $p < 0,01$ ). La altura promedio fue mayor en el bosque de menor cobertura (SILVO= 7,1 cm) y menor en los bosques más cerrados (BS= 2,9 cm).

Además, la altura aumentó con el incremento de la edad. Las plántulas en BP alcanzaron la máxima altura a los 6 años (10,5 cm), en SILVO a los 8 años (11,5 cm), mientras que en BS fue a los 3 años (4,3 cm). Finalmente, la altura de plantas agámicas fue diferente entre años ( $F = 22,33$ ;  $p < 0,01$ ), con el valor más bajo durante 2008 (6,2 cm), observándose la máxima altura en 2011, que fue el último año de medición (12,0 cm).

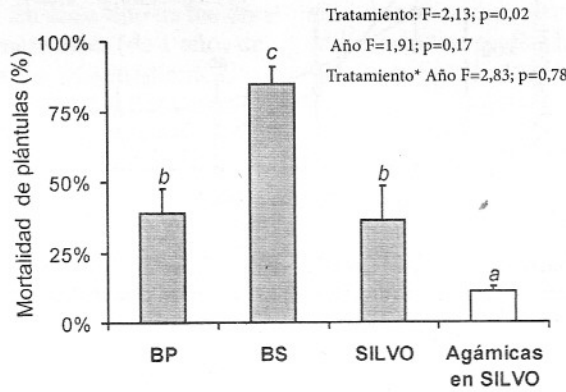


Gráfico 2. Mortalidad (%) de plántulas de ñire (la barra indica el error estándar). BP: bosque primario, BS: bosque secundario, SILVO: uso silvopastoril. F: test de Fisher, p: probabilidad. Las letras indican diferencias significativas (Tukey  $p < 0,05$ )

La mortalidad de las plántulas (Gráfico 2) fue mayor en BS (90%), que en BP (40%) y SILVO (37%). Comparada con la mortalidad de plántulas originadas por semilla, la mortalidad de plántulas agámicas (SILVO) fue mucho más baja (5-11%). No hubo diferencias significativas entre años ( $F = 1,91$ ;  $p = 0,17$ ). El ordenamiento RDA demostró una fuerte separación

entre BS por un lado, y BP y SILVO por el otro (Gráfico 3). El eje 1 (Autovalor= 0,423) y el eje 2 (Autovalor= 0,315) explicaron el 64% de la variabilidad de los datos. La radiación global ( $F = 4,21$ ;  $p = 0,03$ ) y la amplitud térmica del aire ( $F = 2,73$ ;  $p = 0,05$ ) resultaron las variables más significativas para la densidad y el porcentaje de supervivencia de plántulas.

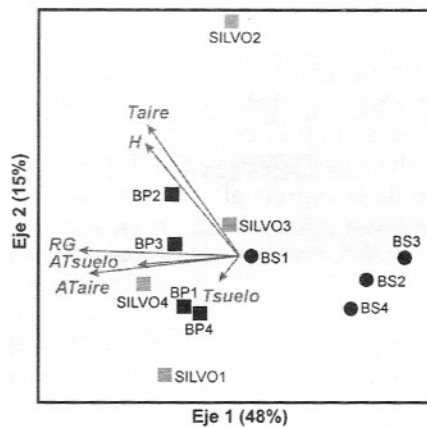


Gráfico 3. Ordenamiento para la densidad y supervivencia de plántulas de ñire en bosques primarios (■), secundarios (●) y con uso silvopastoril (▣). Taire: temperatura del aire; Tsuelo: temperatura del suelo; ATaire: amplitud térmica del aire; ATsuelo: amplitud térmica del suelo; H: humedad del suelo; RG: radiación solar global. Cada eje indica el porcentaje de varianza explicado.

## Discusión

Este estudio reafirma que ñire es una especie menos tolerante a la sombra, que se beneficia de las fuertes aperturas del dosel. La densidad de plántulas en Tierra del Fuego observada aquí es más baja que la descrita por Tejera (2005) para ñirantales de Chubut ( $100-1.970 \text{ miles.ha}^{-1}$ ), pero similares a la descrita por Peri *et al.* (2006) ( $20-745 \text{ miles.ha}^{-1}$ ) y por Bahamonde *et al.* (2011) ( $5-180 \text{ miles.ha}^{-1}$ ) en diferentes clases de sitio de ñirantales de Santa Cruz. Sin embargo, dichos autores describen una supervivencia muy baja al final del periodo de crecimiento, a diferencia de estos resultados:

En los bosques de Tierra del Fuego (zona centro), el banco de plántulas de ñire es muy joven, logrando sobrevivir en condiciones naturales hasta 6 años. Pero en rodales con uso silvopastoril se observa un banco de plántulas más persistente (más de 10 años), debido a la menor tasa de mortalidad y la presencia de plantas agámicas. Esto, sumado a la escasa regeneración de los bosques secundarios (de elevada densidad relativa y cobertura de copas), sugiere que la disponibilidad de recursos (principalmente luz

solar) y quizás, la heterogeneidad de micrositios a nivel del sotobosque (no analizado en este trabajo) serían los factores determinantes del patrón de regeneración de ñire. Por ello, la posibilidad de manejar (ej., mediante raleos) los bosques de alta densidad serviría no solo para mejorar el crecimiento de los árboles remanentes (Ivancich *et al.*, 2010) y aumentar la productividad de las pasturas (Peri, 2006), sino también para estimular la regeneración natural. Por otra parte, considerando que el ganado doméstico es un componente elemental del uso silvopastoril del bosque, es esencial disminuir el efecto de los herbívoros (nativos y domésticos) sobre estos renovales para lograr su recuperación exitosa. El efecto de la herbivoría en los bosques primarios se debe principalmente a *Lama guanicoe* (guanaco) que selecciona estos ambientes como sitio de alimentación (Soler Esteban *et al.*, 2011). En base al efecto positivo que tuvieron las clausuras en este trabajo, la implementación de protecciones sobre los renovales sería una inversión necesaria que debería ser incluida en los planes de manejo silvopastoril en Patagonia Sur.

## Conclusiones

El manejo silvopastoril modificó la dinámica de la regeneración natural (origen, estructura de edades y supervivencia). Miles de plántulas de ñire se establecieron exitosamente bajo coberturas  $\geq 60\%$ . Esta sería una respuesta favorable de la especie al

incremento de luz disponible a través del dosel. Es necesario incluir estudios sobre la heterogeneidad a microescala (sotobosque) para identificar, si existen, condiciones que faciliten el establecimiento y mejor crecimiento de las plántulas de ñire.

## Referencia

- Bahamonde H. A., Peri P. L., Monelos L. H., Martínez Pastur G. 2011. Aspectos ecológicos de la regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. *Bosque* 32(1): 20-29.
- Frangi J. L., Barrera M., Puig de Fábregas J., Yapura P. F., Arambarri A. M., Richter L. 2005. Ecología de los bosques de Tierra del Fuego. En: Arturi MF, Frangi JL, Goya JF (eds) *Ecología y manejo de bosques nativos de Argentina*. Editorial Universidad Nacional de La Plata, Argentina. 88 p.
- Ivancich H., Martínez Pastur G., Peri P. L., Soler Esteban R., Lencinas M.V. 2010. Primeros resultados de raleos en bosques de *Nothofagus antarctica* para el manejo silvopastoril en Tierra del Fuego (Argentina). 1° Congreso Agroforestal Patagónico, Coyhaique (Chile).
- Martínez Pastur G., Peri P. L., Cellini J. M., Lencinas M. V., Barrera M., Ivancich H. 2011. Canopy structure analysis for estimating forest regeneration dynamics and growth in *Nothofagus pumilio* forests. *Annals of Forest Science* 68:587-594.
- Peri P. L. 2006. Sistemas Silvopastoriles en bosques nativos de ñire de Patagonia Sur. *SAGPyA Forestal* 38: 17.
- Peri P. L., Monelos L., Bahamonde H. 2006. Evaluación de la continuidad del estrato arbóreo en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril con ganado ovino en Patagonia Sur, Argentina. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Pecuaria Sostenible, Varadero (Cuba).
- Peri P. L., Lencinas M. V., Martínez Pastur G. 2009. Photosynthetic response to different light intensities and water status of two main *Nothofagus* species of southern Patagonian forest, Argentina. *Journal of Forest Science* 55(3): 101-111.
- Soler Esteban R. M., Martínez Pastur G., Lencinas M. V., Borrelli L. 2011. Differential forage use between large native and domestic herbivores in Southern Patagonian *Nothofagus* forests. *Agroforestry Systems* DOI 10.1007/s10457-011-9430-3.
- Tejera L., Hansen N., Fertig M. 2005. Efecto de la cobertura arbórea y del pastoreo vacuno sobre el establecimiento de la regeneración de *Nothofagus antactica* (G. Forst) Oerst. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano, Corrientes (Argentina).