



# JFP2016

## ACTAS

V JORNADAS FORESTALES  
PATAGÓNICAS

III JORNADAS FORESTALES DE  
PATAGONIA SUR

ECOFUEGO II

## Comité Organizador



Subsecretaría de Bosques  
Ministerio de la Producción  
**Gobierno del Chubut**



Ministerio de Agroindustria  
Presidencia de la Nación



## Patrocinantes



SECRETARÍA de CIENCIA  
TECNOLOGÍA e INNOVACIÓN PRODUCTIVA  
de la PROVINCIA de CHUBUT



## Auspiciantes



## Variación temporal y espacial de la humedad de suelo y las raíces finas en bosques de ñire bajo uso silvopastoril en la Patagonia sur

Héctor A. Bahamonde<sup>1,2\*</sup>, Santiago Sosa Lobato<sup>2</sup>, Estefanía Gesto<sup>2</sup>, Guillermo Martínez Pastur<sup>3</sup>,  
María Vanessa Lencinas<sup>3</sup>, Rosina Soler<sup>3</sup>, Pablo L. Peri<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup>INTA; <sup>2</sup>UNPA; <sup>3</sup>CONICET

\*Autor de correspondencia: [bahamonde.hector@inta.gob.ar](mailto:bahamonde.hector@inta.gob.ar)

### Resumen

El objetivo de este trabajo fue medir la variación temporal y espacial de la humedad del suelo y la densidad de raíces finas herbáceas y arbóreas en bosques de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril. Durante cuatro años se midió estacionalmente la humedad volumétrica de suelo (HVS) en los primeros 20 cm en tres niveles de coberturas de copa (CC) (bajo copa, entre copas y sin árboles) y en dos profundidades (0-20 y 20-40 cm) para dos bosques de ñire en la provincia de Santa Cruz. En las mismas situaciones se realizaron dos muestreos de raíces finas de herbáceas y arbóreas (*N. antarctica*) (uno al inicio de la primavera y otro a fines del verano). La HVS en general no varió entre CC ( $P > 0,05$ ), con valores promedio de 13% en verano, 15% en otoño y 22% en invierno, siendo la excepción la primavera donde los valores bajo copas fueron más bajos ( $p < 0,05$ ) con 21% de HVS, mientras que los lugares más abiertos promediaron un 28% de HVS. Durante verano, otoño y primavera la HVS fue más alta bajo copas, pero no se encontraron diferencias en las restantes coberturas, mientras que en invierno no se apreciaron diferencias entre profundidades en ninguna de las coberturas. La masa de raíces finas (MRF) en todo el perfil de suelo evaluado (0-40 cm) presentó variaciones entre coberturas de copa solo en el caso de las herbáceas, siendo mayor en los lugares sin árboles durante las dos fechas evaluadas. Al comparar entre herbáceas y ñire la MRF no presentó diferencias en ninguna de las coberturas ni fechas medidas. Por otro lado, la MRF de herbáceas fue más alta en marzo en todas las coberturas de copa, mientras que la MRF de ñire no varió entre fechas para ninguna cobertura. Estos datos aportan información útil sobre las interacciones entre el estrato herbáceo y arbóreo de los bosques de ñire bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur. No obstante, se debe continuar con estudios más frecuentes en tiempo y espacio de este tipo de cuantificaciones para tener información más acabada a los fines de aportar al manejo sustentable de los ñirantales.

**Palabras clave:** Bosque nativo, plantas herbáceas, competencia.

### Introducción

En la porción austral continental de la Patagonia argentina en la provincia de Santa Cruz, los bosques de *Nothofagus antarctica* (ñire) cubren aproximadamente 160.000 ha distribuidas en distintas calidades de sitio. El 70% de esta área tiene potencial uso silvopastoril enmarcado en la Ley Bonasso (26.331) de Presupuestos Mínimos de Protección Ambiental de los Bosques Nativos (Peri & Ormaechea 2013). Los sistemas silvopastoriles combinan pasturas, árboles y animales que interactúan en una misma superficie. El balance de tales interacciones podría generar efectos positivos (*facilitación*), negativos (*competencia*) o neutros, que determinan la productividad y calidad del componente forrajero y consecuentemente la producción ganadera (Bahamonde 2011). En la Patagonia en general y en los bosques de ñire que limitan con la estepa en particular, la disponibilidad de agua del suelo es un factor limitante para la productividad forrajera (Peri et al. 2016). Por un lado, la cantidad de agua de las áreas que están debajo de la copa de los árboles reciben menos cantidad de agua de lluvia que las áreas abiertas (Schroth & Sinclair 2003). Además las copas de los árboles reducen la cantidad de radiación solar que llega al suelo y reducen la evaporación de agua. Por otro lado, los árboles pueden competir con las hierbas por agua, aunque puede existir una intensidad de competencia menor porque las raíces extraen este recurso de porciones de suelo de diferente profundidad (Thevathasan & Gordon 2004). Asimismo, en el sur de la Patagonia, la velocidad del viento es hasta 70% menor en el bosque de ñire que en lugares

adyacentes sin cobertura arbórea (Bahamonde et al. 2009), lo cual disminuye fuertemente la evaporación de agua del suelo. En los bosques de ñire bajo uso silvopastoril en la Patagonia Sur se evaluó la productividad y calidad forrajera bajo distintas coberturas de copa (Bahamonde et al. 2012) y la competencia por absorción de nitrógeno entre árboles y herbáceas (Gargaglione et al. 2014). Por otro lado, se sabe que la distribución espacial de las raíces finas de los árboles y su vegetación asociada (otros estratos más bajos como herbáceas) en sistemas agroforestales son altamente importantes para entender las interacciones entre los distintos componentes de los sistemas silvopastoriles (Mead et al. 1993). Sin embargo, el estudio de la interacción entre el estrato herbáceo y arbóreo asociada al agua es prácticamente inexistente en sistemas silvopastoriles en bosques de *N. antarctica* en Patagonia. En este contexto, el objetivo del presente trabajo fue cuantificar la variación temporal y espacial de la humedad del suelo y la densidad de raíces finas herbáceas y arbóreas en bosques de ñire bajo uso silvopastoril.

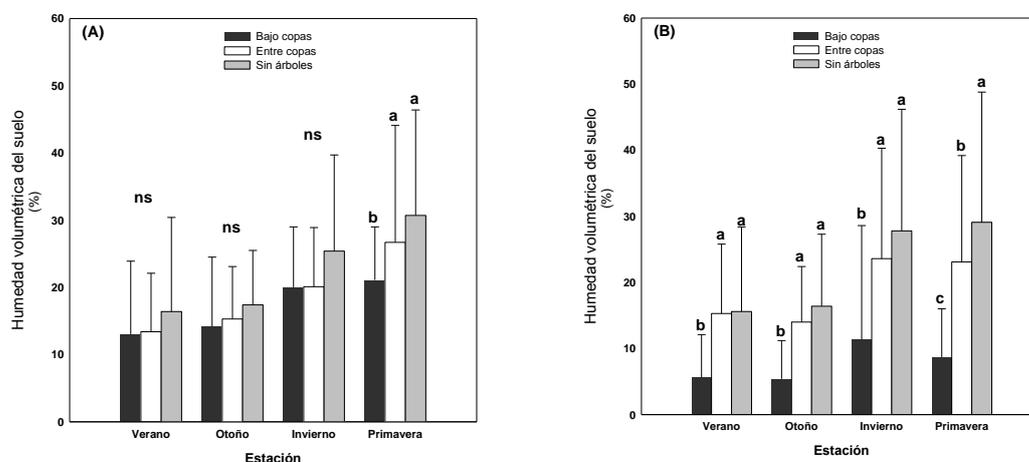
### Materiales y Métodos

En el área de estudio, el clima es templado frío semiárido de meseta con temperaturas medias anuales cercanas a los 5 °C y precipitaciones que oscilan entre los 200 y 400 mm anuales (Paruelo et al. 1998). Los suelos son Molisoles, en su mayoría de textura franco-arenosa, el pH suele ser ligeramente ácido y pueden contener ceniza volcánica (Del Valle 1998). Se muestrearon dos rodales puros coetáneos de ñire con diferentes calidades de sitio (según la clasificación de Ivancich et al. 2011) y cuyas características estructurales y de edad han sido previamente informadas (Bahamonde 2011; Bahamonde et al. 2013): (i) Estancia Cancha Carrera, clase de sitio IV ( $IS_{50}$  entre 3,6 y 5,1 m, altura dominante final entre 8,0 y 9,9 m), en media ladera con exposición Este ( $51^{\circ} 13' 22''$  S -  $72^{\circ} 15' 32''$  O) y (ii) Estancia Tres Marías, clase de sitio V, en plano ( $IS_{50} < 3,6$  m, altura dominante final  $< 8$  m). En cada sitio se seleccionaron áreas adyacentes sin árboles para tener situaciones sin interceptación arbórea de ingreso de agua al suelo. Durante cuatro años se midió la humedad volumétrica de suelo (HVS) bajo copa (cobertura promedio 65%), entre copas (35%) y sin árboles (0%), y en las profundidades de suelo 0-20 y 20-40 cm (*Time Domain Reflectometry* mod. FM-3-14.62). Las coberturas de copa de cada sitio fueron cuantificadas y dadas a conocer en Bahamonde (2011). Las mediciones para cada profundidad y cobertura de copa fueron 34 en primavera, 40 en verano, 40 en otoño y 28 en invierno. La medición de la biomasa radicular fina (MRF) se realizó colectando en esta área muestras de raíces finas ( $< 2$  mm de diámetro), una en septiembre y otra en marzo. Para ello se utilizó un muestreador cilíndrico de acero galvanizado de 20 cm de longitud y  $72,65$  cm<sup>2</sup> de área circular ( $1.453$  cm<sup>3</sup>). En el laboratorio, este material se lavó y separó las raíces finas de hierbas y ñire. Posteriormente, las raíces se secaron a 60 °C hasta alcanzar un peso constante (horno) y se pesaron (balanza de 0,01 g de precisión).

### Resultados

En general, HVS en los primeros 20 cm de profundidad no varió entre coberturas de copa (ANOVA,  $p > 0,05$ ), excepto en primavera (ANOVA,  $p < 0,05$ ) (Fig. 1). Contrariamente, entre los 20 y 40 cm de profundidad durante las 4 estaciones hubo diferencias significativas en la HVS entre coberturas de copa (Fig. 1). Por otro lado, independiente de la cobertura de copas y la profundidad hubo diferencias estacionales significativas ( $p < 0,05$ ) con valores más altos en invierno y primavera (sin diferencia entre ellos) que en verano y otoño (sin diferencia entre ellos). Cuando comparamos entre profundidades las diferencias dependieron de cada cobertura de copas y estación evaluada. Durante verano, otoño y primavera la HVS fue más alta en los primeros 20 cm en la cobertura bajo copas, pero no se encontraron diferencias en las restantes coberturas, mientras que en invierno no se apreciaron diferencias entre profundidades en ninguna de las coberturas.

**Fig. 1.** Humedad volumétrica del suelo medida en distintas estaciones del año y a distintas profundidades: 0-20 cm (A), 20-40 cm (B); en tres coberturas de bosque de ñire bajo uso silvopastoril. Las barras indican el desvío estándar de las medias.



La MRF en todo el perfil de suelo evaluado presentó variaciones entre coberturas de copa solo en el caso de las herbáceas, siendo mayor en los lugares sin árboles durante las dos fechas evaluadas (Tabla 1). La MRF no presentó diferencias en ninguna de las coberturas ni fechas medidas al comparar entre herbáceas y ñire. Por otro lado, la MRF de herbáceas fue más alta en marzo en todas las coberturas de copa, mientras que la MRF de ñire no varió entre fechas para ninguna cobertura (Tabla 1).

**Tabla 1.** Densidad media (desvío estándar) de raíces finas de hierbas y ñire ( $\text{kg m}^{-3}$ ) colectadas entre 0 y 40 cm de profundidad con distintas situaciones de copa. Letras minúsculas distintas indican diferencias de medias entre nivel de cobertura dentro del tipo de planta y misma fecha. Letras mayúsculas distintas indican diferencias de medias entre tipo de planta dentro del nivel de cobertura ( $p < 0,05$ ).

Situación	Septiembre		Marzo	
	Hierbas	Ñire	Hierbas	Ñire
Bajo copa	1,03 (0,3)a	1,17 (1,0)a	18,44 (10)bA	0,96 (0,4)aB
Entre copa	2,06 (1,3)a	0,48 (0,2)a	24,91 (12,4)bA	0,76 (0,3)aB
Sin árboles	5,71 (2,0)b		59,88 (25)a	

Cuando se comparó la MRF entre hierbas y ñire para cada cobertura de copas las diferencias dependieron de cada momento y profundidad de suelo. Por ejemplo, en los primeros 20 cm no se encontraron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ) en el mes de septiembre, pero en marzo la MRF de herbáceas fue significativamente mayor a la MRF de ñire. Por otro lado, de 20 a 40 cm de profundidad no hubo diferencias en ninguna de las fechas evaluadas. En todas las situaciones de coberturas, fechas y tipos (herbáceas y ñire) aproximadamente el 70% de las raíces se encontraban en los primeros 20 cm de profundidad.

## Discusión

Los valores de humedad volumétrica del suelo medidos en este trabajo en general se encuentran en el rango de lo reportado previamente para los bosques de ñire en la misma zona (Bahamonde 2011) y superiores a los informados por Ferrante (2011) en la estepa de Santa Cruz, en sitios ubicados al Oeste de los bosques evaluados en este estudio. Las variaciones estacionales en la humedad del suelo estarían dadas por una combinación de factores. Durante el invierno el crecimiento de herbáceas estaría fuertemente limitado por las temperaturas (Bahamonde et al. 2012) reduciéndose la demanda de agua del suelo. En el mismo sentido, al ser el ñire una especie caducifolia que no tiene hojas en el invierno y que rebrota recién en primavera tardía, también contribuye a que haya más agua en el suelo. Sumado a esto la nieve que cae en invierno permanece un tiempo en el suelo y se deshela en primavera aumentando los niveles de humedad del suelo. En contraste, en verano y otoño es cuando mayor es la demanda de agua del suelo tanto por herbáceas como por los árboles.

Asimismo, la mayor frecuencia de los vientos en Patagonia durante primavera y verano (Paruelo et al. 1998) con mayor magnitud en los lugares sin cobertura arbórea (Bahamonde et al. 2009) generarían mayores pérdidas de la humedad del suelo por evaporación.

El hecho que se hayan encontrado menores valores de humedad en los lugares bajo copas entre los 20 y 40 cm de profundidad, y no así en los primeros 20 cm, probablemente se deba a que la mayor interceptación de las precipitaciones por parte de las copas haya producido un gradiente significativo con la profundidad, de manera que la menor cantidad de agua que llega al suelo en mayores coberturas de copa alcance en mucho menor proporción las mayores profundidades del suelo (Le Maitre et al. 1999; Weigandt et al. 2015). En Patagonia los antecedentes sobre cuantificación de raíces finas son escasos. Schulze et al. (1996) reportaron valores entre 2500 y 29000 kg m<sup>-3</sup> de raíces en los primeros 30 cm en un gradiente bosque estepa, sin embargo tales valores corresponden a raíces finas y gruesas y sin discriminar entre tipos de plantas (herbáceas o leñosas). Peri et al. (2008) cuantificaron la masa de raíces finas de ñire en un bosque de calidad marginal (Clase de sitio 5 de acuerdo a Ivancich et al. 2011) y reportaron valores de entre 0,1 y 5 Mg ha<sup>-1</sup>, en rodales maduros (120-180 años) y en regeneración (8-20 años), respectivamente.

Respecto a la MRF medidas en este trabajo, las diferencias encontradas en las herbáceas entre lugares dentro del bosque y sin árboles eran esperables considerando la competencia que tienen las herbáceas dentro del bosque y que se ven mayormente limitadas por luz. Asimismo, las diferencias encontradas entre fechas en el caso de las raíces de herbáceas estarían indicando una clara estacionalidad en el crecimiento de las herbáceas propiciado principalmente por mayores temperaturas, como se indicaba previamente. Sin embargo, en las raíces de ñire no se vieron tales diferencias, lo cual podría indicar que las raíces de ñire tendrían una tasa de renovación más lenta o que no varía mayormente con la estación. La alta proporción de raíces distribuidas entre los primeros 10 y 20 cm del suelo han sido reportadas previamente en Patagonia para gramíneas (Schulze et al. 1996; Ferrante 2011). Estos datos aportan información nueva sobre las interacciones entre el estrato herbáceo y arbóreo de los bosques de ñire bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur. No obstante, se debe continuar con estudios más frecuentes en tiempo y espacio de este tipo de cuantificaciones para tener información más acabada sobre las relaciones entre árboles y herbáceas en estos sistemas.

### Bibliografía Citada

Bahamonde HA. 2011. Efecto de variables ambientales sobre la productividad primaria neta aérea y la concentración de proteína bruta de gramíneas en sistemas silvopastoriles de ñire (*Nothofagus antarctica*): creación de un modelo de simulación. Tesis de Maestría en Recursos Naturales, Universidad de Buenos Aires. 148 pp.

Bahamonde HA, Peri PL, Martínez Pastur G, Lencinas V. 2009. Variaciones microclimáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos clases de sitio en Patagonia Sur. Pp. 289-296 en Actas del 1º Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, 14-16 Mayo, Misiones, Argentina.

Bahamonde HA, Peri PL, Álvarez R, Barneix A. 2012. Producción y calidad de gramíneas en un gradiente de calidades de sitio y coberturas en bosques de *Nothofagus antarctica* (G. Forster) Oerst. en Patagonia. Ecología Austral 22: 62-73.

Bahamonde HA, Peri PL, Monelos LH, Martínez Pastur G. 2013. Regeneración por semillas en bosques nativos de *Nothofagus antarctica* bajo uso silvopastoril en Patagonia Sur, Argentina. Bosque 34(1): 89-101.

Del Valle HF. 1998. Patagonian soils: a regional synthesis. Ecología Austral: 8: 103-123.

- Ferrante D. 2011. Distribución del agua en el suelo y su relación con la estructura radical y producción de biomasa de tres tipos funcionales, en un pastizal de la estepa magallánica seca, Santa Cruz. Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires. 119 pp.
- Gargaglione V, Peri PL, Rubio G. 2014. Tree–grass interactions for N in *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems: evidence of facilitation from trees to underneath grasses. *Agroforestry Systems* 88: 779-790.
- Ivancich H, Martínez Pastur G, Peri PL. 2011. Modelos forzados y no forzados para el cálculo de índice de sitio en bosques de *Nothofagus antarctica* en Patagonia Sur. *Bosque* 32(2): 135-145.
- Le Maitre D, Scott D, Colvin C. 1999 A review of information on interaction between vegetation and groundwater. *Water* 25: 137-52.
- Mead DJ, Lucus RJ, Mason EG. 1993. Studying interactions between pastures and *Pinus radiata* in Canterbury's sub-humid temperate environment – the first two years. *New Zealand Forestry* 38: 26–31.
- Paruelo JM, Beltrán A, Jobbágy E, Sala OE, Golluscio RA. 1998. El clima de la Patagonia: patrones generales y controles sobre los procesos bióticos. *Ecología Austral*: 8: 85-101.
- Peri PL, Gargaglione V, Martínez Pastur G. 2008. Above- and below-ground nutrients storage and biomass accumulation in marginal *Nothofagus antarctica* forests in Southern Patagonia. *Forest Ecology and Management* 233: 85–99.
- Peri PL, Ormaechea SG. 2013. Relevamiento de los bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Santa Cruz: base para su conservación y manejo. Ediciones INTA, Buenos Aires. 88 pp.
- Peri PL, Bahamonde HA, Lencinas MV, Gargaglione V, Soler R, Ormaechea S, Martínez Pastur G. 2016. A review of silvopastoral systems in native forests of *Nothofagus antarctica* in southern Patagonia, Argentina. *Agroforestry Systems*: 1-28.
- Schroth G, Sinclair F L. 2003. Soil nutrient availability and acidity. In: *Trees, crops and soil fertility*. CABI Publishing. pp 93-130.
- Schulze E D, Mooney H A, Sala OE, Jobbágy E, Buchmann N, Bauer G, Canadell J, Jackson RB, Loreti J, Oesterheld M, Ehleringer JR. 1996. Rooting depth, water availability, and vegetation cover along an aridity gradient in Patagonia. *Oecologia* 108: 503-511.
- Thevathasan NV, Gordon AM. 2004. Ecology of tree intercropping systems in the north temperate region: experiences from southern Ontario, Canada. *Agroforestry Systems*: 61: 257-258.
- Weigandt M, Gyenge J, Fernández ME, Varela S, Schlichter T. 2015. Afforestations and wetlands, are they a good combination? Study of water fluxes in two cases of Patagonian wetlands. *Ecohydrology*, 8(3): 416-425.