

10. Producción y calidad del pastizal mejorado con trébol blanco en sistemas silvopastoriles de ñire en Patagonia

Peri, P.L.^{1,2}, Mayo, J.P.², Christiansen, R.^{1,2}

Resumen

El objetivo fue determinar la productividad y calidad de un pastizal mejorado con *Trifolium repens* (trébol blanco) creciendo en diferentes condiciones de sombra en un SSP de Santa Cruz. Para esto, se instalaron jaulas de clausura en dos situaciones de transmisividad luminosa en sistemas silvopastoriles (SSP) de ñire: 20% (bajo copas) y 70% (entre copas), y en un pastizal puro sin árboles (100% transmisividad), en un diseño de bloques al azar con 2 repeticiones para determinar la respuesta productiva, composición botánica y calidad del pastizal con predominancia de trébol blanco. Para estimar la productividad y la calidad del pastizal (proteína bruta, %PB y la digestibilidad *in vitro*, %DIVMO) se realizaron cortes mensuales durante el periodo de crecimiento (Octubre-Abril) y dos años (2007-2008 y 2008-2009). La producción total de materia seca (MS) varió significativamente con la intensidad de luz siendo mayor en el SSP 70% y en el pastizal puro sin árboles que en el SSP 20%, debido a un mayor contenido de humedad del suelo. La máxima tasa de crecimiento del trébol blanco ocurrió en enero con valores de 7,5, 9,4 y 12,9 Kg MS/ha/día para situaciones de 20, 70 y 100% de transmisividad, respectivamente. Mientras que el valor medio de PB disminuyó significativamente según la reducción de la intensidad lumínica que ingresa al sotobosque, la %DIVMO varió solamente con el contenido volumétrico de agua en los primeros 20 cm de suelo. Estos resultados confirman la adaptación del trébol blanco a los SSP con ñire, mejorando la calidad del pastizal natural.

Palabras clave: digestibilidad; humedad del suelo; proteína bruta; transmisividad.

Pasture production and quality improved with white clover in *Nothofagus antarctica* silvopastoral systems

Abstract

The aim of the present work was to evaluate the production and quality of an understorey pasture improved with *Trifolium repens* (white clover) growing under different light levels in a silvopastoral system (SS) at Santa Cruz province. For this enclosure plots were set up at 20 and 70% transmissivity in the SS and in an adjacent pasture without trees (100% transmissivity) under a randomised block design with 2 replicates to measure pasture production, botanical composition and quality (crude protein, %CP and *in vitro* digestibility) from monthly cuts during the growing season (October-April) and two years (2007-2008 and 2008-2009). Total dry matter production varied according to light level being higher with 70% transmissivity and in the open compared with the pasture grown under 20% transmissivity related to better soil moisture conditions. Maximum white clover growth rate occurred in January with values of 7.5, 9.4 and 12.9 kg DM/ha/day for 20, 70 and 100% transmissivity, respectively. While pasture %CP decreased according to low light intensity, digestibility was influenced only by soil water content at the upper 20 cm depth. These results highlighted the adaptation of white clover to ñire silvopastoral systems improving the quality of natural pastures.

Keywords: digestibility; soil moisture; crude protein; transmissivity

¹EEA INTA Santa Cruz, pperi@correo.inta.gov.ar. ²Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)

Introducción

Los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) son los que ofrecen las mejores alternativas para adaptarse a los sistemas silvopastoriles (SSP) de producción en Patagonia Sur. Una limitante para su utilización inmediata con ganado es el tiempo de respuesta que implica la colonización y producción del estrato herbáceo una vez realizado los raleos para permitir la entrada de luz. En este sentido, se han realizado estudios que demuestran que tras producir la apertura del dosel arbóreo la respuesta de la vegetación herbácea en zonas de calidad intermedia en Santa Cruz es muy lenta, necesitando al menos dos o tres años para obtener un aumento en la producción (Gargaglione *et al.*, 2012). En este contexto, la implantación de especies adaptadas y tolerantes a la sombra podría acelerar el proceso haciendo que el sistema pueda ser utilizado con animales en un período más corto de tiempo. En el sotobosque de los ñirantales predominan como especies nativas o naturalizadas de alto valor forrajero los géneros *Agrostis*, *Holcus*, *Poa*, *Dactylis*, *Carex*, *Taraxacum* y *Trifolium*. En particular el trébol blanco (*Trifolium repens* L.) es una leguminosa perenne que se encuentra en la actualidad

naturalizadas en Patagonia Sur como producto de siembras realizadas hace muchos años por los ganaderos. El trébol blanco beneficia la ganadería por su mayor contenido energético y de proteína bruta, por un aumento de la ingesta voluntaria de pasturas que contienen trébol blanco por parte del ganado y por presentar buena persistencia bajo pastoreo. Además, en regiones de clima templado se sabe que el trébol blanco en asociación con *Rhizobium* puede realizar un aporte importante de nitrógeno a través de la fijación biológica en pasturas mezclas con gramíneas (Ledgard, 1991). La incorporación de este macro nutriente al SSP podría favorecer el desarrollo de otras especies forrajeras y de la masa forestal. Existen escasos antecedentes de producción del pastizal mejorado a través de la introducción de pasturas forrajeras de alto rendimiento en sistemas silvopastoriles de ñire con diferentes niveles de radiación (Peri *et al.*, 2005a). Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la productividad y calidad de un pastizal mejorado con *Trifolium repens* (trébol blanco) creciendo en diferentes condiciones de sombra en un SSP de la provincia de Santa Cruz.

Materiales y Métodos

El sitio de estudio se ubicó en bosques puros de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril ubicados en la zona de Punta Gruesa, Río Turbio, Santa Cruz (51° 33' 10" S, 72° 07' 35" O) donde el pastizal fue mejorado con siembra de trébol blanco al voleo hace aproximadamente 80 años y posee una cobertura superior al 50%. Esto determina que el pastizal sea uno de los sitios con mayor potencial con leguminosas en los ñirantales de la provincia. El bosque tiene una altura media de 7,6 m, cobertura de copas de 52%, 472 árboles/ha y un diámetro medio de 22,5 cm. Las características del suelo (0-30 cm) son: textura franco-limoso, pH de 5,1, 7,3% carbono orgánico, 1,04% nitrógeno total, 27,8 mg/kg de fósforo, 45,2, 13,5, 0,62 cmol(+)/kg de calcio, magnesio y potasio, respectivamente. El sitio se encuentra en una zona cuyo clima es Templado Frío con temperaturas medias anuales cercanas a los 5 °C y precipitaciones que oscilan entre los 400 y 500 mm anuales.

En dos rodales se instalaron jaulas de clausura de 1,5 x 1,2 x 0,6 m en dos situaciones de transmisividad luminosa: bajo copas y entre copas, y en un pastizal adyacente sin árboles (100% transmisividad). El diseño fue de bloques al azar con 2 repeticiones para

determinar la respuesta productiva, composición botánica y calidad del pastizal con predominancia de trébol blanco. Para estimar la productividad en materia seca (MS) y la calidad de las especies forrajeras (proteína bruta, %PB y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, %DVM) se realizaron cortes mensuales utilizando cuadros de 0,1 m² durante el periodo de crecimiento (Octubre-Abril) y dos años (2007-2008 y 2008-2009). Luego, el material se secó en estufa a 65° C hasta peso constante y se separó en sus principales componentes (trébol, gramíneas, latifoliadas y material senescente).

Se realizaron estimaciones de radiación solar total fotosintéticamente activa transmitida al sotobosque en dos situaciones contrastantes de cobertura de copa (bajo y entre copas) a través de toma de fotos hemisféricas (n=3) con lente ojo de pescado para cada situación a 1 m de altura en el momento de máxima expansión foliar. Para el análisis de las fotos se empleó el software Gap Light Analyzer v.2.0 (Frazer *et al.*, 2001). Periódicamente (cada 30 días) se midió la humedad gravimétrica del suelo en sus primeros 20 centímetros (n=5) en cada situación de estudio y se multiplicó por el valor de densidad aparente para

calcular su valor de humedad volumétrica. Los datos de producción y calidad fueron analizados con un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas en el tiempo con la cobertura de copas como factor inter sujetos y cada fecha de muestreo el factor intra-sujetos. Las separaciones de medias se hicieron con un test de Tukey ($p < 0,05$) cuando hubo

diferencias significativas entre tratamientos. Se realizaron análisis de regresión lineal simple entre las variables ambientales radiación y humedad del suelo y la tasa de crecimiento de *MS*, *PB* y *DIVMO* del pastizal.

Resultados

Los porcentajes de transmisividad lumínica en cada posición dentro del bosque bajo uso silvopastoril fueron de 20% (bajo copas) (*SSP* 20%) y 70% (entre copas) (*SSP* 70%), con un promedio de radiación total en el período de crecimiento de 36,3 mol/m²/día para la situación sin árboles (100 % de transmisividad). La humedad del suelo promedio durante el período de crecimiento fue de 29,9, 32,5 y 34,0% para las situaciones bajo copa, área sin árboles y entre copas, respectivamente.

La productividad total de materia seca (*MS*) varió significativamente ($p < 0,05$) con la intensidad de luz, siendo mayor en el *SSP* 70% (Tabla 1). Estas diferencias fueron dadas por las tasas de crecimiento del pastizal durante el período de crecimientos con valores medios de 10,4, 15,1 y 16,0 Kg *MS*/ha/día para las situaciones bajo copa, área sin árboles y entre copas, respectivamente (Fig. 1A). La proporción media de trébol fue superior (40%) en el pastizal sin

árboles e inferior (33%) en el pastizal creciendo bajo una transmisividad luminosa del 20%. La máxima tasa de crecimiento del componente trébol blanco del pastizal ocurrió en enero con valores de 7,5, 9,4 y 12,9 Kg *MS*/ha/día para situaciones de 20, 70 y 100% de transmisividad, respectivamente (Fig. 1B).

Mientras que el valor medio anual de proteína bruta del pastizal disminuyó significativamente ($p < 0,05$) a medida que la intensidad lumínica que ingresa al sotobosque fue menor, no se detectaron diferencias en la digestibilidad (Tabla 1). Se encontraron diferencias en la curva de %*PB* (Fig. 1C) y digestibilidad (Fig. 1D) con valores máximos en primavera y mínimos en verano cuando hubo estrés hídrico.

Mientras que la mayor productividad del pastizal y su contenido de *PB* estuvieron relacionados positivamente con un mayor contenido de humedad del suelo y una mayor radiación, la *DIVMO* estuvo solo asociada con la humedad del suelo (Tabla 2).

Tabla 1. Producción total y por componentes de materia seca (kg *MS*/ha/año) del pastizal con trébol blanco (*Trifolium repens*), y valores medios de proteína bruta (%*PB*) y digestibilidad in vitro (%*DIVMO*) correspondiente al período de crecimiento (Octubre-Mayo) y dos años de medición (2007-2008 y 2008-2009) para un sitio adyacente sin árboles (100% transmisividad luminosa) y para sistemas silvopastoriles en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) con 20 (*SSP* 20%) y 70% de transmisividad (*SSP* 70%).

Tratamiento	Trébol (kg <i>MS</i> /ha)	Latifoliadas (kg <i>MS</i> /ha)	Gramíneas (kg <i>MS</i> /ha)	Material senescente (kg <i>MS</i> /ha)	Producción Total (kg <i>MS</i> /ha)	<i>PB</i> (%)	<i>DIVMO</i> (%)
Pastizal sin árboles	1380 a	620 ab	1020 a	710 a	3730 a	20,9 a	79.2 a
<i>SSP</i> 70% (entre copas)	1360 a	990 a	890 a	830 a	4070 a	20,3 a	80.2 a
<i>SSP</i> 20% (bajo copas)	890 b	480 b	410 b	390 b	2170 b	18,1 b	79.1 a

Letras diferentes indican diferencias significativas (Tukey, $p < 0,05$) entre coberturas (transmisibilidad).

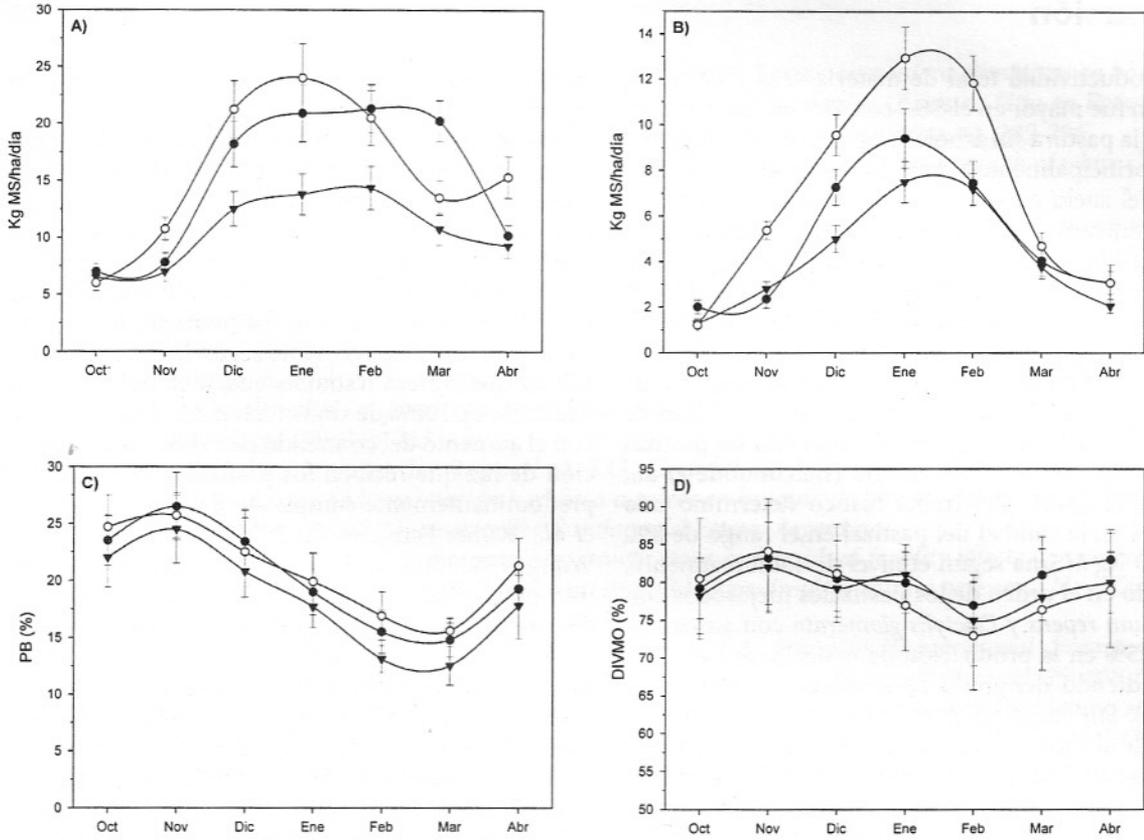


Figura 1. Variación mensual de (A) la tasa de crecimiento total del pastizal, (B) la tasa de crecimiento del componente trébol blanco, (C) de la proteína bruta (%PB) y (D) de la digestibilidad in vitro (%DIVMO) correspondiente al período de crecimiento (Octubre-Abril) de dos años de medición (2007-2008 y 2008-2009) para un sitio adyacente sin árboles (○) (100% transmisividad luminosa) y para sistemas silvopastoriles en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) con 20 (▼) y 70% de transmisividad (●).

Tabla 2. Coeficientes de determinación (R) de regresiones lineales entre distintas variables ambientales y la tasa de crecimiento en materia seca (Kg MS/ha/día) y la calidad de las especies forrajeras (proteína bruta, %PB y la digestibilidad in vitro, %DIVMO) del pastizal mejorado con trébol blanco en bosques de ñire.

Variable	Tasa crecimiento pastizal	%PB	%DIVMO
Radiación Fotosintéticamente activa	0,23 **	0,16 *	0,00005 ns
Humedad volumétrica del suelo	0,20 **	0,65 ***	0,18 *

* ($P < 0,05$); ** ($P < 0,01$); *** ($P < 0,001$); ns (no significativo). El signo indica si la correlación es positiva o negativa

Discusión

La productividad total de materia seca y de trébol blanco fue mayor en el SSP con 70% de transmisividad y la pastura sin árboles respecto al SSP 20%, debido principalmente a mejores contenidos de humedad del suelo en niveles intermedios de radiación. Esto indicaría que los árboles producirían un efecto de "facilitación" de recursos. Se conoce que los SSP de ñire modifican las condiciones microclimáticas a través de la reducción de la velocidad del viento, un régimen más moderado de temperaturas (menores amplitudes térmicas), menores tasas de evapotranspiración y, en algunas ocasiones, mayores niveles de humedad del suelo en comparación con un pastizal creciendo en condición abierta (Bahamonde *et al.*, 2009). El aporte del trébol blanco determinó una mejora en la calidad del pastizal en el rango de 890 a 1380 Kg MS/ha según el nivel de sombreamiento, estando en el orden de los pastizales mejorados con *Trifolium repens* y *Dactylis glomerata* con aumentos 10 y 25% en la producción de materia seca en SSP dependiendo del grado de sombreado (Peri *et al.*, 2005a). Sin embargo, el trébol blanco demostró ser sensible al estrés hídrico (verano) y las bajas temperaturas (inicio de primavera y otoño) con una reducción de la tasa de crecimiento de hasta cuatro veces. En este sentido, ya ha sido demostrado que el trébol blanco posee una baja eficiencia del uso del agua en condiciones de sequía al no poder compensar la tasa de transpiración (Johns y Lazenby, 1973) y que la máxima producción de hojas ocurre entre 17 y 23 °C (Beinhart, 1963). Por otro lado, la producción de trébol blanco se redujo aproximadamente un 35% a niveles de sombreamiento de 20% de transmisividad lumínica. Harris (1972) determinó que una reducción del 75% de la radiación total reduce notable-

mente la producción y la capacidad competitiva del trébol blanco.

El pastizal estudiado con dominancia de trébol blanco mostró altos valores de %PB, lo cual se condice con Lara y Cruz (1987) quienes determinaron que esta especie es la que mayor porcentaje de proteína bruta presentó entre 69 especies nativas y naturalizadas en la XII Región de Chile. Sin embargo, el valor medio anual y estacional de proteína bruta del pastizal varió significativamente según la intensidad lumínica que ingresa al sotobosque, siendo mayor en la situación de 100% de transmisividad. Esto contrasta con el aumento del contenido de PB con la disminución de luz que reciben los pastizales de ñirantales predominantemente compuesto de gramíneas (Peri *et al.*, 2005b; Fertig *et al.*, 2009). En forma similar Wong (1991) informó que mientras el contenido de nitrógeno foliar de gramíneas aumentó con el nivel de sombreamiento no hubo diferencia significativas con especies de leguminosas.

En general los valores de DIVMO encontrados fueron superiores a los informados para pastizales en bosques de ñire de Patagonia Sur (Peri *et al.*, 2005b). En el presente trabajo no se encontró un significativo efecto de los diferentes niveles de radiación sobre DIVMO, lo cual contrasta con Burner y Brauer (2003) quienes determinaron que la digestibilidad del pastizal natural disminuía a medida que aumentaba el espaciamiento entre árboles. Sin embargo, la DIVMO se correlacionó positivamente con la humedad del suelo con valores más bajos en los meses de verano. En este sentido, Jensen *et al.* (2003) encontraron que la digestibilidad *in vitro* de cultivares de ryegrass aumentó cuando se aplicó riego.

Conclusiones

Estos resultados confirman una interacción de factores ambientales (luz y agua en el suelo) sobre la capacidad productiva del pastizal natural, confirmando la adaptación del trébol blanco a los SSP con ñire y mejorando la calidad del sotobosque

Referencias

- Bahamonde, H.A., Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Lencinas, V. 2009. Variaciones micro-climáticas en bosques primarios y bajo uso silvopastoril de *Nothofagus antarctica* en dos Clases de Sitio en Patagonia Sur. I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Misiones, Argentina, pp. 289-296.
- Beinhart, G. 1963. Effects of environment on meristematic development, leaf area, and growth of white clover. *Crop Science*, 3: 209-213.
- Burner, D.M., Brauer, D.K. 2003. Herbage response to spacing of loblolly pine tree in a minimal management silvopasture in southeastern USA. *Agroforestry Systems*, 57: 69-77.
- Fertig, M., Hansen, N., Tejera, L., 2009. Productividad y calidad forrajera en raleos en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*). I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Misiones, Argentina, pp. 358-363.
- Frazer, G.W., Fournier, R.A., Trofymow, J.A., Gall, R.J. 2001. A comparison of digital and film fisheye photography for analysis of forest canopy structure and gap light transmission. *Agricultural and forest meteorology*, 109: 249-263.
- Gargaglione, V., Peri, P.L., Monelos, L., Ormaechea, S.G., Ceccaldi, E., Lencinas, M.V., Martínez Pastur, G. 2012. Respuesta de la vegetación herbácea a raleos en bosques de ñire en Patagonia. II Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles, Santiago del Estero, Argentina.
- Harris, W. 1972. Shading, defoliation, temperature, growth stage and residual fertility effects on competition between *Rumex acetosella*, *Trifolium repens* and *Lolium* (multiflorum x perenne). *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 15: 687-705.
- Jensen, K.B., Waldron, B.L., Asay, K.H., Johnson, D.A., Monaco, T.A. 2003. Forage nutritional characteristics of orchardgrass and perennial ryegrass at five irrigation levels. *Agronomy Journal*, 95: 668-675.
- Johns, G.G., Lazenby, A. 1973. Defoliation, leaf area index, and the water use of four temperate pastures species under irrigated and dryland conditions. *Australian Journal of Agricultural Research*, 24: 783-795.
- Lara, A., Cruz, G. 1987. Vegetación del area de uso agropecuario de la XII Región. Publicaciones INIA, 24 pp, Chile.
- Ledgard, S.F. 1991. Transfer of fixed nitrogen from white clover to associated grasses in swards grazed by dairy cows, estimated using ¹⁵N methods. *Plant and Soil*, 131: 215-223.
- Peri, P.L., Martínez Pastur, G., Monelos, L., Allogia, M., Livraghi, E., Christiansen, R., Sturzenbaum, M.V. 2005a. Sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire: una estrategia para el desarrollo sustentable en la Patagonia Sur. En: *Dinámicas Mundiales, Integración Regional y Patrimonio en Espacios Periféricos* (Eds. Zárate R. y Artesi L.), pp.251-259. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Río Gallegos.
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moretto, A., Mayo, J.P., 2005b. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia Austral. *Actas III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano*, 10 pp, Corrientes.
- Wong, C.C. 1991. Shade tolerance of tropical forage: a review. In: *Forages for Plantation Crops* (ed. Shelton, H.M. and Stur, W.W.). ACIAR Proceedings No 32, 64-69. Canberra.