

59. Digestibilidad de gramíneas creciendo en bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) bajo uso silvopastoril

Peri, P.L.^{1,2}, Bahamonde, H.^{1,2}

Resumen

El presente trabajo evaluó la variación mensual de la digestibilidad del pastizal asociado a un uso silvopastoril de ñire con distinto grado de coberturas y áreas adyacentes sin árboles bajo diferentes condiciones ambientales en cuatro sitios (altura de los árboles dominantes entre 5 y 12 m) de Patagonia Sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego). En cada sitio de estudio se implementó un diseño factorial ($n=3$) con las fechas de muestreo (6-7 niveles) y coberturas de copa (3 niveles) como factores principales. Para cuantificar la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) de las gramíneas del sotobosque se utilizaron jaulas de clausura. Al considerar los valores anuales promedios de DIVMO en cada sitio evaluado, no se encontraron diferencias entre niveles de radiación con valores que fluctuaron desde 49,6 a 71,3%. Sin embargo, la regresión lineal entre la DIVMO y las clases de sitio de los rodales mostró una clara tendencia a valores más altos de digestibilidad en los sitios de mejor calidad forestal. Además, las diferencias estacionales observadas entre coberturas de copa determinaron que en los meses de verano la DIVMO sea más baja en el lugar sin árboles. Esto estaría explicado por las asociaciones encontradas entre la DIVMO y las temperaturas de aire y suelo, y humedad volumétrica del suelo. En conclusión, la interacción de factores ambientales (principalmente temperatura y humedad del suelo) determinaron la variación de la DIVMO del pastizal asociado a los bosques de ñire.

Palabras clave: digestibilidad *in vitro*; calidad pastizal; Patagonia; sistema silvopastoril.

Dry matter digestibility of Nothofagus antarctica understory under silvopastoral use

Abstract

The present work evaluated the monthly variation in understory organic matter digestibility (OMD) under ñire forest silvopastoral use with different crown cover and an adjacent area without trees growing at contrasting environments (dominant tree height from 5 to 12 m) in Southern Patagonia (Santa Cruz and Tierra del Fuego provinces). In each site a factorial design ($n=3$) was established with harvesting date (6-7 levels) and crown cover (3 levels) as main factors. There was no difference between radiation levels with mean annual values fluctuating from 49.6 to 71.3%. However, linear relationship between OMD and site quality indicated highest values in the best forest sites. Also, seasonal differences showed that OMD in summer was lower at the sites without trees. This was due to statistic association between OMD and air and soil temperatures, and soil volumetric content. In conclusion, the interaction of the environmental variables (mainly temperature and soil water content) determined the variation of OMD of the understory grasses in ñire forests.

Keywords: *in vitro* digestibility; pasture quality; Patagonia; silvopastoral system

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

Introducción

El 70% de los bosques de ñire (*Nothofagus antarctica*) en Patagonia Sur (Santa Cruz y Tierra del Fuego) tienen un uso silvopastoril (Peri, 2009) donde la actividad bovina y mixta (bovino+ovino) representa el 78% de la producción ganadera de los establecimientos (Ormáechea *et al.*, 2009). Existen antecedentes en donde se evaluaron la productividad y calidad del pastizal (principalmente el contenido de proteína bruta) de pastizales en sistemas silvopastoriles (SSP) en bosques de ñire, ya sea en un periodo de crecimiento o en un sitio en particular en Patagonia (Fertig *et al.*, 2009; Peri *et al.*, 2005; Peri, 2009). La digestibilidad, como parte del valor nutritivo del pastizal, incide en la producción animal ya que inci-

de en la cantidad de energía consumida. Sin embargo no existen trabajos que evalúen la digestibilidad de gramíneas en sistemas silvopastoriles de bosques de ñire desarrollándose en condiciones ambientales contrastantes y su variación en el tiempo. En este sentido, Dent y Aldrich (1968) informaron que la digestibilidad del pastizal responde a varios factores ambientales, como fertilidad del suelo, longitud del día y humedad del suelo. Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la variación mensual de la digestibilidad del pastizal asociado a SSP de ñire y áreas adyacentes sin árboles bajo diferentes condiciones ambientales en Patagonia Sur.

Materiales y Métodos

Los sitios de estudio fueron cuatro bosques puros de ñire bajo uso silvopastoril localizados en las provincias de Santa Cruz (2) y Tierra del Fuego (2). En Santa Cruz se seleccionaron los siguientes sitios: Sitio 1: Ea. Tres Marías (51° 19' 05"S 72° 10' 47"O), Sitio 2: Ea. Cancha Carrera (51° 13' 21"S 72° 15' 34"O). En Tierra del Fuego: Sitio 3: Ea. Indiana (54° 21' 47"S, 67° 27' 05"O) y Sitio 4: Ea. Catalana (54° 10' 50"S 67° 16' 02"O). Los sitios 3 y 4 se desarrollan en una clase de sitio II (altura de los árboles dominantes entre 10 y 12 m) (CS II), el sitio 2 se desarrolla en clase de sitio IV (altura de los árboles dominantes entre 6 y 8 m) (CS IV) y el sitio 1 corresponde a una clase de sitio V (altura de los árboles dominantes <6 m) (CS

V). Se seleccionaron además en cada sitio áreas adyacentes sin árboles (SA) que representan una situación sin limitación de luz (100 % de trasmisividad). En Santa Cruz, los sitios 1 y 2 se encuentran en una zona cuyo clima es Templado Frío Semiárido de meseta con temperaturas medias anuales cercanas a los 5 °C y precipitaciones anuales que oscilan entre los 200 y 400 mm. Los sitios 3 y 4 se encuentran en un clima Húmedo con 540 mm de precipitación y con temperatura media anual de 5,4 °C, con medias del mes más frío de 0,9 °C (julio) y del mes más cálido (enero) de 9,5 °C. Los suelos de los sitios evaluados corresponden al orden Molisoles, en su mayoría de textura franco-arenosa y con pH ligeramente ácido.

Caracterización de variables ambientales

A fin de evaluar el efecto de distintas estructuras del bosque sobre las intensidades de radiación solar que llega al suelo, se realizaron estimaciones de apertura de canopy, radiación solar total transmitida (directa más difusa) en dos situaciones contrastantes de cobertura de copa (bajo y entre copas). Para ello se tomaron 3 fotos hemisféricas mediante el uso de un lente ojo de pescado del canopy forestal 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). Las temperaturas del aire y humedad

relativa del aire se midieron en forma continua cada 2 horas con un sistema de datalogging (HOBO H8 Family, Onset Computer Corporation, USA), usando un sensor dentro y otro fuera del bosque en todos los sitios estudiados. La temperatura del suelo se midió en sus primeros 3 cm mediante termómetros de suelo (HOBO, TMC50-HA, USA). Periódicamente (cada 30 días) se midió la humedad gravimétrica del suelo en sus primeros 30 centímetros (n=5) en cada situación de estudio y se multiplicó por el valor de densidad aparente para calcular su valor de humedad volumétrica.

Diseño experimental y mediciones biológicas

En cada sitio de estudio se implementó un diseño factorial con las fechas de muestreo (6-7 niveles) y coberturas de copa (3 niveles) como factores principales. Para cuantificar la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (*DIVMO*) de las gramíneas del sotobosque se utilizaron jaulas de clausura de 1,5 x 1,2 x 0,6 m. En cada sitio se instalaron 3 jaulas (repeticiones) por cada cobertura de copas en el bosque (bajo y entre copas) y 3 jaulas en un sector aledaño sin cobertura arbórea para evaluar *DIVMO* durante la temporadas de crecimiento (septiembre-abril) por dos años a través cortes mensuales utilizando cuadros de 0,1 m². El material obtenido en cada corte fue secado en estufa a 65° C hasta peso constante, molido y enviado al laboratorio para la determinación de *DIVMO*. Mayores detalles respecto a las mediciones ambientales y características de los sitios de

este ensayo pueden ser encontrados en Bahamonde (2011). Los datos de *DIVMO* 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 ($P < 0,05$). Se realizaron análisis de regresión lineal simple entre las distintas variables ambientales (radiación, temperaturas de aire y suelo, humedad de aire y suelo) y la *DIVMO* en cada sitio evaluado. Se realizaron análisis de regresión lineal simple entre las distintas variables ambientales (radiación, temperaturas de aire y suelo, humedad de aire y suelo) y la *DIVMO* de las gramíneas en cada sitio evaluado. De manera similar se analizó la relación entre la Clase de Sitio y el *DIVMO* de gramíneas.

Resultados

Al considerar los valores anuales promedios de *DIVMO* en cada sitio evaluado, no se encontraron diferencias entre niveles de radiación, excepto en Tres Marías durante el año 2003-2004 con mayores valores de digestibilidad bajo copas (Cuadro 1). Al comparar cada situación de nivel de radiación y sitio entre años el sitio Tres Marías mostró una significativa ($P < 0,05$) disminución en el segundo año evaluado, mientras que en los sitios restantes no se encontraron diferencias interanuales (Cuadro 1). Se encontraron claras diferencias en la curva de digestibilidad entre los sitios de Tierra del Fuego y Santa Cruz (Fig.

1). En todos los sitios mientras que al comienzo de la temporada de crecimiento no hubo diferencias en el *DIVMO* entre niveles de radiación, en Noviembre los valores fueron más bajos en el lugar bajo copas, y en verano se invirtieron siendo los valores de *DIVMO* menores en los lugares sin árboles (Fig. 1). En todos los sitios las temperaturas del aire y suelo estuvieron asociadas negativamente a la *DIVMO* de las gramíneas, mientras que la humedad volumétrica del suelo se asoció positivamente a la digestibilidad en todos los sitios (Cuadro 2).

Cuadro 1. Valores promedio de *DIVMO* de gramíneas durante las temporadas de crecimiento (septiembre-abril) creciendo bajo distintas coberturas de copa (BC= Bajo copa y EC= entre copas) en cuatro bosques de ñire bajo uso silvopastoril, y un lugar adyacente sin árboles (SA).

Año	Cancha Carrera			Tres Marías			Indiana			Catalana		
	BC	EC	SA	BC	EC	SA	BC	EC	SA	BC	EC	SA
2003-2004	63,5a	62,7a	62,0a	57,8a	56,2ab	54,0b	69,6a	68,7a	68,5a	71,3a	71,0a	70,3a
2004-2005	61,4a	61,1a	60,1a	50,2a	49,9a	49,6a	65,4a	65,9a	65,1a	69,2a	68,9a	68,4a
Sig. año	ns	ns	ns	**	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Letras distintas en un mismo sitio y año indican diferencias significativas ($P < 0,05$) entre coberturas de copa. Sig. Año: indica si hay diferencias (*: $P < 0,05$; **: $P < 0,01$; ***: $P < 0,001$; ns: no significativo) entre años para un mismo sitio y cobertura de copas.

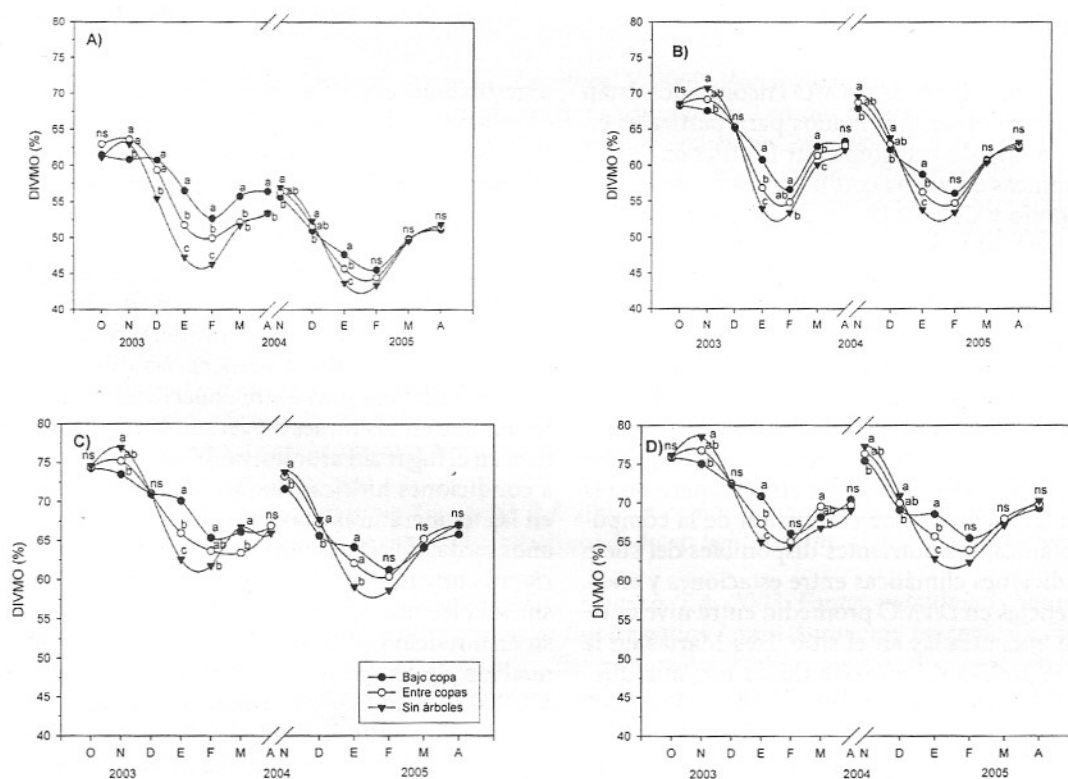


Figura 1. Valores medios digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) del pastizal del sotobosque de bosques de ñire desarrollándose en diferentes sitios de Santa Cruz y Tierra del Fuego y áreas adyacentes sin árboles que representan una situación sin limitación de luz (100 % de trasmisividad). A) Estancia Tres Marías, B) Estancia Cancha Carrera, C) Estancia Indiana, D) Estancia Catalana.

Cuadro 2. Coeficientes de determinación (R²) de regresiones lineales entre distintas variables ambientales y la digestibilidad in Vitro de la materia orgánica de gramíneas creciendo en bosques de ñire.

Sitio	Radiación Foto-sintéticamente activa	Temperatura media del aire	Temperatura media del suelo	Humedad relativa del aire	Humedad volumétrica del suelo
Cancha Carrera	0,002 ns	- 0,46 ***	- 0,48 ***	0,130 *	0,61 ***
Tres Marías	0,001 ns	- 0,30 ***	- 0,43 ***	0,040 ns	0,39 ***
Catalana	0,002 ns	- 0,33 ***	- 0,30 ***	0,012 ns	0,19 **
Indiana	0,005 ns	- 0,24 **	- 0,25 **	0,001 ns	0,20 **

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

La regresión lineal entre la DIVMO y las clases de sitio de los rodales mostró una clara tendencia a valores más altos de digestibilidad en los sitios de mejor calidad forestal (Ecuación 1)

$$y = -4,8x + 78,5 \quad (P < 0,001; R^2 = 0,84; n = 24) \quad \text{Ec. 1}$$

Donde y es el % de DIVMO, x representa la Clase de Sitio del bosque de ñire (1-5).

Discusión

En general los valores de *DIVMO* encontrados están en el rango de otros informados para pastizales en bosques de ñire de Patagonia Sur (Peri *et al.*, 2005) y de gramíneas en zonas cordilleranas de Patagonia Norte (Somlo y Cohen, 1997). En el presente trabajo no se encontró un significativo efecto de los diferentes niveles de radiación sobre *DIVMO*, lo cual contrasta con lo hallado por Lin *et al.* (2001) quienes determinaron que la digestibilidad de 15 especies de gramíneas y leguminosas no variaba o disminuía a los niveles de 50% y 80% de sombra y con Burner y Brauer (2003) quienes hallaron que la digestibilidad del pastizal natural disminuía a medida que aumentaba el espaciamiento entre árboles, pero que la respuesta también variaba en función de la composición botánica, los nutrientes disponibles del suelo y las condiciones climáticas entre estaciones y años. Las diferencias en *DIVMO* promedio entre niveles de radiación encontradas en el sitio Tres Marías en la temporada 2003-2004 estarían dadas por una diferencia en las condiciones ambientales. Los datos encontrados en Bahamonde (2011) sugiere que las condiciones hídricas para el mismo sitio y año fueron claramente más favorables dentro del bosque. En la bibliografía se informan distintos resultados respecto al efecto de la humedad del suelo sobre la digestibilidad del pastizal. Por ejemplo, Jensen *et al.* (2003) encontraron que en 2 cultivares de ryegrass la digestibilidad *in vitro* aumentó cuando pasaron de recibir 2,3 a 2,8 mm de agua por día, sin embargo algunos cultivares de *Dactylis glomerata* no variaron su

digestibilidad entre distintos niveles de riego. En este estudio la posible asociación entre humedad y digestibilidad podría ser indirecta a través de un aumento en la absorción de nutrientes, ya que en Bahamonde (2011) también se detectó mayores concentraciones de N en la situación analizada. En este sentido, existen antecedentes que indican que un aumento en la concentración de N se condice con un aumento en la digestibilidad del forraje (Rodríguez-Romero *et al.*, 2004). De la misma manera, las diferencias estacionales observadas entre coberturas de copa que hacen que en los meses de verano la *DIVMO* sea más baja en el lugar sin árboles, podrían deberse también a condiciones hídricas desfavorables, y un aumento en las temperaturas máximas del suelo en los sitios y años evaluados (Bahamonde, 2011), lo cual implicaría un aumento en la evapotranspiración en el lugar sin árboles que no se repite dentro del bosque por su disminución de la velocidad del viento y una atenuación de temperaturas máximas (Bahamonde *et al.*, 2009). Esto explicaría también las asociaciones encontradas entre la *DIVMO* y las temperaturas de aire y suelo, y humedad volumétrica del suelo. Por último, la asociación positiva entre calidad de sitio de los rodales evaluados y la *DIVMO* también fue encontrada para la productividad de materia seca de las gramíneas (Peri, 2009) y estaría indicando que la interacción de factores ambientales que determinan la capacidad productiva del bosque (clima, suelo) incidiría también en la *DIVMO* del pastizal asociado a estos bosques.

Conclusiones

Las variaciones encontradas en la *DIVMO* del pastizal asociado a los diferentes SSP en ñirantales de Patagonia Sur, y sus correspondientes sitios adyacentes sin árboles, fueron determinadas por una fuerte

interacción entre las variables ambientales de los sistemas, siendo la temperatura del aire y suelo y la humedad del suelo los principales factores que determinaron su variación.

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 Nac. de Sistemas Silvopastoriles. Misiones, pp. 289-296.
- Bahamonde, H.A. 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 Maestría en Recursos Naturales, Universidad de Buenos Aires (UBA). 213 pp.
- 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.
- Dent, J.W., Aldrich, D.T. 1968. Systematic Testing of quality in grass varieties 2. The effect of cutting dates, season and environment. *Journal of the British Grassland Society*, 23: 13-19.
- 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.
- 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.
- Lin, C.H., McGraw, R.L, George, M.F., Garrett, H.E. 2001. Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. *Agroforestry Systems*, 53: 269-281.
- Ormaechea, S., Peri, P.L., Molina, R., Mayo, J.P. 2009. Situación y manejo actual del sector ganadero en establecimientos con bosque de ñire (*Nothofagus antarctica*) de Patagonia sur. I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Misiones, Argentina, pp. 385-393.
- Peri, P.L., Sturzenbaum, M.V., Monelos, L., Livraghi, E., Christiansen, R., Moretto, A., Mayo, J.P., 2005. Productividad de sistemas silvopastoriles en bosques nativos de ñire (*N. antarctica*) de Patagonia Austral. III Congreso Forestal Argentino y Latinoamericano. Corrientes, 10 pp.
- Peri, P.L. 2009. Sistemas silvopastoriles en Patagonia: revisión del conocimiento actual. I Congreso Nacional de Sistemas Silvopastoriles. Misiones, Argentina, pp. 10-26.
- Rodríguez-Romero, N., Araujo-Febres, O., González, B. 2004. Efecto de la adición de urea sobre la composición química y digestibilidad in vitro de la materia seca de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) cosechado a diferentes edades. *Asoc. Lat. de Prod. Animal*, 12: 52-58.
- Somlo, R., Cohen, L. 1997. Tablas de valor nutritivo de especies forrajeras patagónicas. 1-Cordillera-Precordillera. Comunicación Técnica Área Recursos Naturales N° 5. INTA Bariloche, 13 pp.