

Heterogeneidad vertical del canopeo y utilización de pasturas diferidas de mijo perenne por ovinos

Canopy vertical heterogeneity and use of stockpiling kleingrass by rams

Ferri¹, C.M., Stritzler^{1,2}, N.P. y Brizuela^{3,4}, M.A.

Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa
Centro Regional La Pampa - San Luis, INTA
Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata

Resumen

Los objetivos fueron evaluar, en una pastura diferida de mijo perenne (*Panicum coloratum* L.) cv Verde con diferentes fechas de inicio del período de acumulación de forraje, la heterogeneidad vertical en composición morfológica y química, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica y consumo diario de materia orgánica de ovinos en pastoreo. Los tratamientos se generaron mediante diferentes períodos de acumulación de forraje, durante dos estaciones de crecimiento. En la primera estación, éstos se establecieron permitiendo la acumulación de forraje hasta la dormancia invernal, luego de cosechas mecánicas realizadas a mediados de Octubre, de Enero y de Febrero. En la segunda, los tratamientos se generaron luego de cosechas realizadas a mediados de Diciembre, principios de Enero y de Febrero. En cada estación los tratamientos se asignaron al azar en parcelas de 0,5 ha con dos repeticiones. El pastoreo se efectuó en franjas diarias con cinco ovinos, durante un período de medición de ocho días y una asignación de forraje de 40 g de MS por kg.PV⁻¹.día⁻¹. Para caracterizar la heterogeneidad vertical en composición morfológica y química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO), al inicio y fin de cada período de medición se cosechó el forraje en estratos verticales de 10 cm, en cinco áreas seleccionadas al azar en cada parcela. El consumo de materia orgánica (CMO) se determinó por recolección total de heces y DIVMO de la dieta. Los datos se analizaron mediante ANOVA y regresión lineal. Las concentraciones de lámina, proteína bruta, fracción fibrosa y DIVMO presentaron una importante variación tanto entre tratamientos como en el plano vertical. Aumentos en la duración del período de acumulación produjeron disminuciones ($p < 0,001$) en el CMO de 6,8 y 13,3 g.kg.PV^{-0,75} en la primera y segunda estación de crecimiento, respectivamente. El manejo del período de acumulación de forraje permitiría modificar la relación funcional entre consumo y asignación de forraje y, la fermentación ruminal.

Palabras clave: *Panicum coloratum* L., consumo, forraje diferido, estructura de canopeo, composición química y digestibilidad.

Recibido: octubre de 2010

Aceptado: febrero de 2011

1. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa, CC 300, L-6300, Santa Rosa, La Pampa. E-mail: ferri@agro.unlpam.edu.ar

2. Centro Regional La Pampa - San Luis, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Av. Spinetto N° 785, L-6300, Santa Rosa, La Pampa.

3. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata.

4. CIC Bs. As., CC 276, B-7620, Balcarce, Buenos Aires.

Summary

The study goals were to evaluate, in kleingrass (*Panicum coloratum* L.) cv Verde pasture with different stockpiling initiation date, the vertical heterogeneity in morphological and chemical components, *in vitro* organic matter digestibility and daily organic matter intake of grazing rams. The experiment was carried out on a kleingrass pasture during two growing seasons. The treatments for the first season comprised standing forage mass accumulated after mid-October, mid-January and mid-February mechanical harvests. In the second season, the treatments were the results of forage mass accumulated after mid-December, early January and February cuttings. Treatments were assigned at random to 0.5 ha plots in two replicates. Grazing was conducted in daily strips with five rams given a forage allowance of 40 g of DM kg⁻¹.LW.day⁻¹, during a measurement period of eight days. Organic matter intake (OMI) was calculated from data of faeces total daily collection and diet *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD). Data were analyzed by ANOVA and linear regression analysis. Leaf blade, crude protein and fiber fraction concentrations, and IVOMD showed an important variation between treatments and vertical plane. Increases in the duration of the accumulation period determined a decrease ($p < 0.001$) in the OMI of 6.8 and 13.3 g.kg.PV^{-0.75} in the first and second growing season, respectively. The management of forage accumulation period could alter the functional relationship between intake and forage allowance and the rumen fermentation.

Key words: *Panicum coloratum* L., grazing intake, stockpiling, sward structure, chemical composition and digestibility.

Introducción

Los sistemas de pastoreo complementarios, involucran la combinación de recursos forrajeros con diferentes patrones estacionales de crecimiento (Moore et al., 2004). Siendo estos utilizados con la finalidad de equilibrar la producción de forraje con los requerimientos de nutrientes del ganado. Las ventajas del pastoreo complementario incluyen el uso más eficiente de cada uno de los recursos y el incremento tanto en la respuesta individual, como en la receptividad animal del sistema productivo (Cairnie, 1991; Bowman y Sowell, 2003).

Las investigaciones desarrolladas con mijo perenne han evaluado los efectos del manejo sobre la acumulación de materia seca, valor nutritivo y consumo voluntario (Ferri et al., 1998; 2006; 2008). Sin embargo, es escasa la información disponible a nivel local sobre el consumo de forraje diferido logrado por los animales en pastoreo. Así también, como la relacionada con el manejo de prácticas agronómicas que permitan maximizar la respuesta animal. El estado de madurez de la pastura, alcanzado en el inicio de la dormancia, puede ser un factor importante en

la determinación del valor nutritivo y consumo animal de forraje diferido de mijo perenne.

Los objetivos del presente estudio fueron evaluar, en una pastura diferida de mijo perenne cv Verde con diferentes fechas de inicio del período de acumulación de forraje, la heterogeneidad vertical en componentes morfológicos, composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, y el consumo diario de materia orgánica (CMO) de ovinos en pastoreo.

Materiales y Métodos

Sitio y diseño experimental

Se utilizó una pastura de mijo perenne cv. Verde, establecida en la primavera de 1994, en el Campo de Enseñanza de la Facultad de Agronomía, UNLPam, La Pampa, Argentina (36°46' S, 64°16' O, 210 m.s.n.m.), cubriendo dos estaciones de crecimiento, 1996-1997 (E₁) y 1997-1998 (E₂). Al comienzo de cada estación (principios de Octubre), la pastura se cosechó en forma mecánica a una altura de 8 cm sobre el nivel del suelo, para eliminar el forraje remanente de la estación anterior. Luego, fue fertilizada al voleo con 60 kg.ha⁻¹ de urea.

Los tratamientos se generaron mediante diferentes extensiones de los períodos de acumulación de forraje, en función de la duración de la estación de crecimiento de la especie en la región (Cuadro 1). En E₁, éstos se establecieron permitiendo la acumulación de forraje hasta el inicio de la dormancia por bajas temperaturas (primera helada), luego de cosechas mecánicas a 8 cm de altura, realizadas a mediados de Octubre (T₁270), de Enero (T₁175) y de Febrero (T₁145). En E₂, los tratamientos se generaron luego de cosechas realizadas a mediados de Diciembre (T₂215), principios de Enero (T₂195) y de Febrero (T₂165). El subíndice de cada tratamiento indica la estación de crecimiento, y el número siguiente la duración en días de cada período de acumulación de forraje contados desde el día de corte hasta el próximo pastoreo (primer día del ensayo). Los tratamientos se asignaron al azar en parcelas de 0,5 ha con dos repeticiones. Para cada tratamiento y repetición se utilizaron 22 subparcelas (franjas diarias), de las cuales 14 correspondieron al período de adaptación a la dieta y ocho al período de medición. Los períodos de pastoreo comenzaron el 12 de Julio de 1997 y 16 de Julio de 1998.

Los pastoreos se efectuaron en franjas diarias con cinco ovinos machos sin castrar de la raza Pampinta, peso vivo (PV) inicial de $49,6 \pm 5,1$ kg en 1997, y $45,4 \pm 5,2$ kg en 1998, de los cuales tres portaban bolsas recolectoras de heces sujetas mediante arneses. Los animales se pesaron cada siete días y el PV medio se utilizó para calcular el consumo individual por unidad de peso vivo metabólico ($PV^{0,75}$). La asignación de forraje se estableció en 40 g de MS por $kg^{-1}.PV.día^{-1}$. Dicha asignación permitiría una eficiencia de cosecha de alrededor del 50%, según determinaciones realizadas en la misma pastura, bajo condiciones de acumulación del forraje producido desde fines de Febrero (Ferri et al., 2001). El área necesaria para proveer la asignación establecida para cada franja diaria (rango: 29 a 60 m² en 1997 y 37 a 53 m² en 1998) se determinó el día anterior al inicio del pastoreo (pre-P), evaluando la biomasa a partir de tres cortes (1,0 m²) a nivel del suelo. Para determinar el forraje residual (post-pastoreo: pos-P) se realizaron tres mediciones localizadas en forma adyacente (apareadas) a las anteriores.

Cuadro 1: Detalle de los tratamientos aplicados a una pastura de mijo perenne, durante dos estaciones de crecimiento (1996-1997 y 1997-1998).

Table 1: Details of the treatments applied to a kleingrass pasture, during two growing seasons (1996-1997 and 1997-1998).

Estación de crecimiento	Tratamiento [†]	Fecha inicio tratamiento	Fecha inicio pastoreo	Período acumulación de forraje (días)
1996-1997	T ₁ 270	17/10/1996		268
	T ₁ 175	16/01/1997	12/07/1997	177
	T ₁ 145	14/02/1997		148
1997-1998	T ₂ 215	11/12/1997		216
	T ₂ 195	02/01/1998	16/07/1998	195
	T ₂ 165	02/02/1998		164

[†] El subíndice indica la estación de crecimiento, y el número siguiente la duración en días de cada período de acumulación de forraje.

Variables estructurales, análisis químico y digestibilidad in vitro de la materia orgánica

En cada período de medición, se constituyó una muestra compuesta por cada parcela, teniendo en cuenta la proporción en peso correspondiente a cada una de las tres áreas cosechadas. A partir de las muestras obtenidas en pre-P se cuantificó la composición química y la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) del forraje. Mientras que, en las muestras correspondientes a pos-P sólo se determinó DIVMO, con el fin de estimar la digestibilidad de la dieta.

Al inicio y fin de cada período experimental en pre-P y pos-P, se cosechó el forraje en estratos verticales de 10 cm en cinco áreas (de 0,5 m² cada una) seleccionadas al azar en cada franja. El forraje cosechado en cada estrato fue separado en las fracciones lámina (L) y tallo (T; incluyó vaina y panoja) y se determinó la biomasa (g de MO.m⁻².10 cm⁻¹) de lámina (B_L), tallo (B_T), lámina + tallo (B_{L+T}; total) y concentración de lámina (cL; g.100 g⁻¹ de MO). La panoja se incluyó junto con el tallo y la vaina, dado que presentó un estrecho rango de variación entre tratamientos y valores bajos en biomasa (1,0±0,06 (T₁145) a 12,8±0,5 (T₁270) g de MS.m⁻²) y proporción (0,5 a 3,7%). Luego, para efectuar los análisis de laboratorio, se conformó una muestra por estrato, agrupando las diferentes fracciones morfológicas (L y T) correspondientes a las cinco áreas cosechadas por repetición en pre-P.

Las muestras de forraje fueron secadas en estufa (55 °C, 72 h) y molidas en molino Wiley (malla 1 mm). La MS se determinó a 105 °C por 48 h, y el contenido de ceniza se midió gravimétricamente luego de la ignición de la muestra en una mufla a 550 °C durante 12 h. La concentración de proteína bruta (PB; N x 6,25) se determinó por el procedimiento semi-micro Kjeldahl (Unidad de Digestión 2040 y Unidad de Destilación 1026, Tecator, Höganäs, Suecia) y las concentraciones de fibra en detergentes neutro (FDN) y ácido (FDA) y lignina en detergente ácido (LDA) por el procedimiento descrito por Van Soest y Robertson (1985). La digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) se determinó de

acuerdo a Alexander y McGowan (1966). Las muestras se incubaron a 39 °C por 72 h en una solución de saliva artificial y licor ruminal, seguido por un período adicional de 24 h en una solución de ácido clorhídrico y pepsina. El inóculo para el procedimiento se obtuvo de un novillo preparado con fistula de rumen y alimentado *ad libitum* con heno de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Las estimaciones de DIVMO se corrigieron utilizando la relación de las digestibilidades *in vitro:in vivo* de un forraje estándar (forraje diferido de *P. coloratum* con una digestibilidad *in vivo* de la MS de 509 g.kg⁻¹ de MS).

Estimación de la remoción de lámina y del consumo diario animal

La biomasa de lámina removida (g de MO.m⁻²) se determinó por la diferencia entre las biomásas medidas en pre-P y pos-P. El consumo de materia orgánica (CMO) individual de los animales fue estimado por recolección total de heces fecales a partir de la siguiente ecuación:

$$CMO = H / [1 - (\text{digestibilidad de la dieta} / 1000)]$$

donde, H es la excreción diaria de MO en las heces (g.día⁻¹). Las heces excretadas por animal se recolectaron y pesaron dos veces al día (08:00 y 17:30 h). Luego se tomaron muestras de 250 g que se sometieron a procesos de secado y molienda, iguales a los descritos para el forraje, para la posterior determinación de la concentración de MS y ceniza. Mientras que, la digestibilidad de la dieta seleccionada por los ovinos fue estimada en forma indirecta según Meijs et al. (1982) de la siguiente manera:

$$\text{Digestibilidad de la dieta} = [(B_{pre} \times DIVMO_{pre}) - (B_{pos} \times DIVMO_{pos})] / (DIVMO_{pre} - DIVMO_{pos})$$

donde, B_{pre} y B_{pos} es la biomasa medida en pre- y post-pastoreo, y DIVMO_{pre} y DIVMO_{pos} es la digestibilidad *in vitro* de la MO en pre- y post-pastoreo.

Análisis estadístico

El análisis de los datos se realizó mediante el programa estadístico InfoStat (2008). El efecto de estación de crecimiento e inicio del período de acumulación de materia seca sobre la biomasa acumulada, composición química, DIVMO y remoción de lámina fue evaluado mediante análisis de la variancia a partir del siguiente modelo, $Y_{ijk} = m + a_i + b_j(a_i) + t_k(a_i) + e_{ijk}$, donde m es la media general, a , b y t son los efectos de estación, repetición y tratamiento y e_{ijk} es el término de error aleatorio. Para caracterizar la heterogeneidad vertical de la pastura se analizó la correlación entre la concentración de lámina, composición química y DIVMO. Mientras que, el efecto del inicio del período (t ; días) de acumulación de materia seca sobre el CMO fue analizado por regresión lineal múltiple utilizando pseudovariables (Berenson et al., 1983) para diferenciar entre estaciones de crecimiento ($E1 = 0$; $E2 = 1$), a partir del siguiente modelo: $y_{ij} = b_0 + b_1t - b_2t^2 + e_{ij}$, donde, b_0 = intercepto, b_1 y b_2 =

constantes y e_{ij} = variable aleatoria del error. El término cuadrático fue incluido para evaluar la curvilinealidad. Una variable dada fue incluida en la regresión únicamente cuando su aporte fue significativo ($p < 0,05$). Todas las diferencias que se presentan son para un $\alpha = 0,05$, excepto que se indique otro valor.

Lluvias y temperaturas medias mensuales

Las lluvias registradas durante el semestre cálido (Octubre a Marzo) fueron superiores (43%) en 1996-1997 y cercanas al promedio histórico en 1997-1998 (Cuadro 2). Mientras que, desde el 1 de Abril hasta el 31 de Julio las lluvias fueron un 61% y 17% superiores al promedio en 1997 y 1998, respectivamente. En términos generales, la temperatura mensual media durante el semestre cálido fue superior (1,6°C) en 1996-1997 e inferior (1,5°C) en 1997-1998 al promedio histórico. Luego, en otoño y principios de invierno, fueron en ambos años similares al promedio.

Cuadro 2: Lluvias y temperaturas medias mensuales durante los períodos experimentales 1996-1997 y 1997-1998, y promedios de largo plazo de lluvias y temperaturas en Santa Rosa, La Pampa.

Table 2: Monthly rainfall and mean temperatures during 1996-1997 and 1997-1998 experimental periods, and long-term average precipitations and monthly temperatures in Santa Rosa, La Pampa.

Mes	Lluvias mensuales			Temperatura media mensual		
	1996-97	1997-98	Prom.*	1996-97	1997-98	Prom.
	----- (mm) -----			----- (°C) -----		
Octubre	63,0	95,3	73,0	16,3	14,7	15,8
Noviembre	117,9	50,0	92,1	20,2	18,0	19,0
Diciembre	388,0	88,7	118,5	20,4	20,4	22,1
Enero	67,7	99,7	92,9	23,3	21,4	23,0
Febrero	13,1	176,7	77,7	21,2	18,9	22,1
Marzo	136,5	7,0	95,5	19,8	18,4	19,5
Abril	42,8	112,4	63,0	16,9	15,1	15,3
Mayo	92,0	31,7	40,3	13,8	12,7	11,5
Junio	81,0	14,0	18,0	9,0	9,2	8,1
Julio	55,0	9,9	22,3	10,3	9,9	7,6
Total	1057	685,4	693,3			

*Promedio de 25 años.

Resultados y Discusión

Biomasa forrajera, composición química y digestibilidad in vitro de la pastura

En ambas estaciones de crecimiento, el acortamiento de los períodos de acumulación de forraje determinó aumentos en la concentración de ceniza y PB, y disminuciones en la concentración de FDN y biomasa forrajera. La concentración de FDA no varió entre períodos de acumulación; mientras que, la variación de LDA fue de 19 g.kg⁻¹ de MO. En E1, la mayor DIVMO se correspondió con el período de acumulación intermedio (T₁175). En E2, no se detectaron diferencias entre períodos de acumulación en esta última variable (Cuadro 3).

La acumulación de materia seca disminuyó y la calidad nutricional del forraje aumentó con el acortamiento de los períodos de acumulación. Varios autores encontraron una respuesta similar tanto en gramíneas C₃ como C₄ (Cuomo et al., 2005; Scarbough et al.,

2006). Los valores de biomasa acumulada fueron, aún en las fechas tardías de inicio del período de acumulación, cercanos o superiores a las 2,0 t de MS.ha⁻¹. Esto sugiere que el mijo perenne presenta un buen comportamiento en cuanto a crecimiento, aún cuando la temperatura decline con la finalización del verano e inicio del otoño.

Heterogeneidad vertical en componentes morfológicos y químicos, y digestibilidad in vitro de la materia orgánica

Las relaciones entre concentración de lámina y fracción fibrosa fueron estrechas y negativas ($r \geq 0,70$), con la excepción de LDA ($r = -0,27$). Mientras que, las relaciones entre las variables de composición química fueron moderadas a pequeñas ($r < 0,60$), aunque algunas estadísticamente significativas. Por otro lado, la concentración de FDA fue la variable relacionada ($r = -0,49$) en forma más estrecha con la DIVMO (Cuadro 4).

Cuadro 3: Biomasa forrajera, composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica en pasturas de mijo perenne diferido.

Table 3: Forage biomass, chemical composition and *in vitro* organic matter digestibility of stockpiled kleingrass pastures.

Variables	Tratamientos [†]						EE
	T ₁ 270	T ₁ 175	T ₁ 145	T ₂ 215	T ₂ 195	T ₂ 160	
	----- (t MS.ha ⁻¹) -----						
Biomasa forrajera	3,64 ^a	2,85 ^{ab}	2,38 ^{bc}	2,81 ^{abc}	2,56 ^{bc}	1,99 ^c	0,1
	----- (g.kg ⁻¹ MO) -----						
Ceniza	73 ^b	93 ^{ab}	120 ^a	73 ^b	81 ^{ab}	88 ^{ab}	7
Proteína bruta	26 ^{cd}	29 ^c	34 ^b	24 ^d	27 ^{cd}	37 ^a	1
Fibra detergente neutro	815 ^{ab}	806 ^{ab}	792 ^b	821 ^a	815 ^{ab}	801 ^{ab}	5
Fibra detergente ácido	500 ^a	492 ^a	502 ^a	482 ^a	482 ^a	485 ^a	8
Lignina detergente ácido	75 ^a	73 ^a	73 ^a	62 ^{ab}	56 ^b	63 ^{ab}	2
Digestibilidad <i>in vitro</i>	385 ^b	401 ^a	361 ^d	381 ^{bc}	381 ^{bc}	367 ^{cd}	3

En cada fila, medias con diferentes letras difieren ($p < 0,05$) entre sí.

[†]Acumulación de forraje hasta el inicio de la dormancia por bajas temperaturas (primera helada), luego de cosechas realizadas a mediados de Octubre (T₁270), Enero (T₁175) y Febrero (T₁145) en 1996-1997. En 1997-1998, los tratamientos se generaron luego de cosechas realizadas a mediados de Diciembre (T₂215), principios de Enero (T₂195) y Febrero (T₂165). El subíndice indica la estación de crecimiento, y el número siguiente la duración en días de cada período de acumulación de forraje.

EE: error estándar de la media.

Cuadro 4: Correlaciones entre la concentración de lámina, composición química y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica, en estratos de 10 cm de pasturas diferidas de mijo perenne (n=74).

Table 4: Correlations among leaf blade concentration, chemical composition and *in vitro* organic matter digestibility in 10 cm layers of stockpiled kleingrass pastures (n=74).

	cL	PB	FDN	FDA	LDA
PB	0,36**	----			
FDN	-0,75***	-0,59***	----		
FDA	-0,70***	-0,16 ^{NS}	0,48***	----	
LDA	-0,27*	-0,13 ^{NS}	-0,00 ^{NS}	0,43***	----
DIVMO	0,23*	0,21 ^a	-0,06 ^{NS}	-0,49***	-0,13 ^{NS}

^{NS}p>0,10; ^ap<0,10; *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001

cL, concentración de lámina; PB, proteína bruta; FDN, fibra en detergente neutro; FDA, fibra en detergente ácido; LDA, lignina en detergente ácido; DIVMO, digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica.

El porcentaje de lámina en la cubierta vegetal varió en pre-P entre el 28 (T₁270) y 42% (T₂160), y en pos-P entre el 12 (T₁270) y 24 (T₂190) %. En pre-P los primeros dos estratos desde la superficie del suelo (0 – 10 y 10 – 20 cm) concentraron entre un 63 (T₁270) y 95% (T₂160) de la biomasa total de lámina. La relación porcentual de la biomasa de lámina de los dos primeros estratos con la biomasa total varió entre 18 (T₁270) y 40% (T₂160), y entre 9 (T₁270) y 23 % (T₂160) en pre-P y pos-P, respectivamente. Los resultados precedentes indicarían que los ovinos realizaron una fuerte remoción de lámina con relación a tallo, y que el pastoreo se efectuó preferentemente en los estratos profundos de la cubierta vegetal. Esto último fue descrito por otros autores, tanto para pasturas en estado vegetativo como reproductivo (Gong et al., 1996; Animut y Goetsch 2008).

En la Figura 1 se presentan las concentraciones de lámina, PB, FDN y DIVMO por estratos, correspondientes a cada estación de crecimiento y en dos períodos contrastantes de acumulación de forraje. Se omite en cada estación de crecimiento el período de acumulación intermedio, dado que los valores para las variables se sitúan, en el plano vertical, dentro del rango de variación mostrado.

En el estudio, se observaron variaciones en las concentraciones de lámina, composición química y DIVMO, tanto entre los trata-

mientos como en el plano vertical. Uno de los efectos de la menor duración en el período de acumulación fue el incremento en las concentraciones de lámina y proteína bruta. Laredo y Minson (1973) demostraron, en 26 comparaciones con gramíneas C₄, que el consumo voluntario de lámina es un 42% mayor que el de tallo. En este sentido, una contribución mayor de la fracción lámina en la MS, en los tratamientos con períodos de acumulación menos prolongados, podría inducir una mejor respuesta animal al favorecer tanto la tasa de ingestión como las tasas de digestión y pasaje.

La heterogeneidad en el plano vertical en fracciones morfológicas y en valor nutritivo, coincide con lo encontrado en otras gramíneas C₄ por otros autores (Stobbs, 1975; Burns et al., 1991; Fisher et al., 1991; Holdbaum et al., 1992). En general, la cubierta vegetal de gramíneas C₄ es más heterogénea que en C₃, en términos de fracciones morfológicas y en valor nutritivo (Sollenberger y Burns, 2001). Las diferencias entre estratos en la estructura anatómica de las hojas con diferente nivel de inserción (Wilson, 1976; Wilson et al., 1989), en el estado de madurez (Buxton y Marten, 1989) y en la proporción de las fracciones morfológicas podrían ser algunas de las determinantes de la heterogeneidad vertical en composición química y DIVMO.

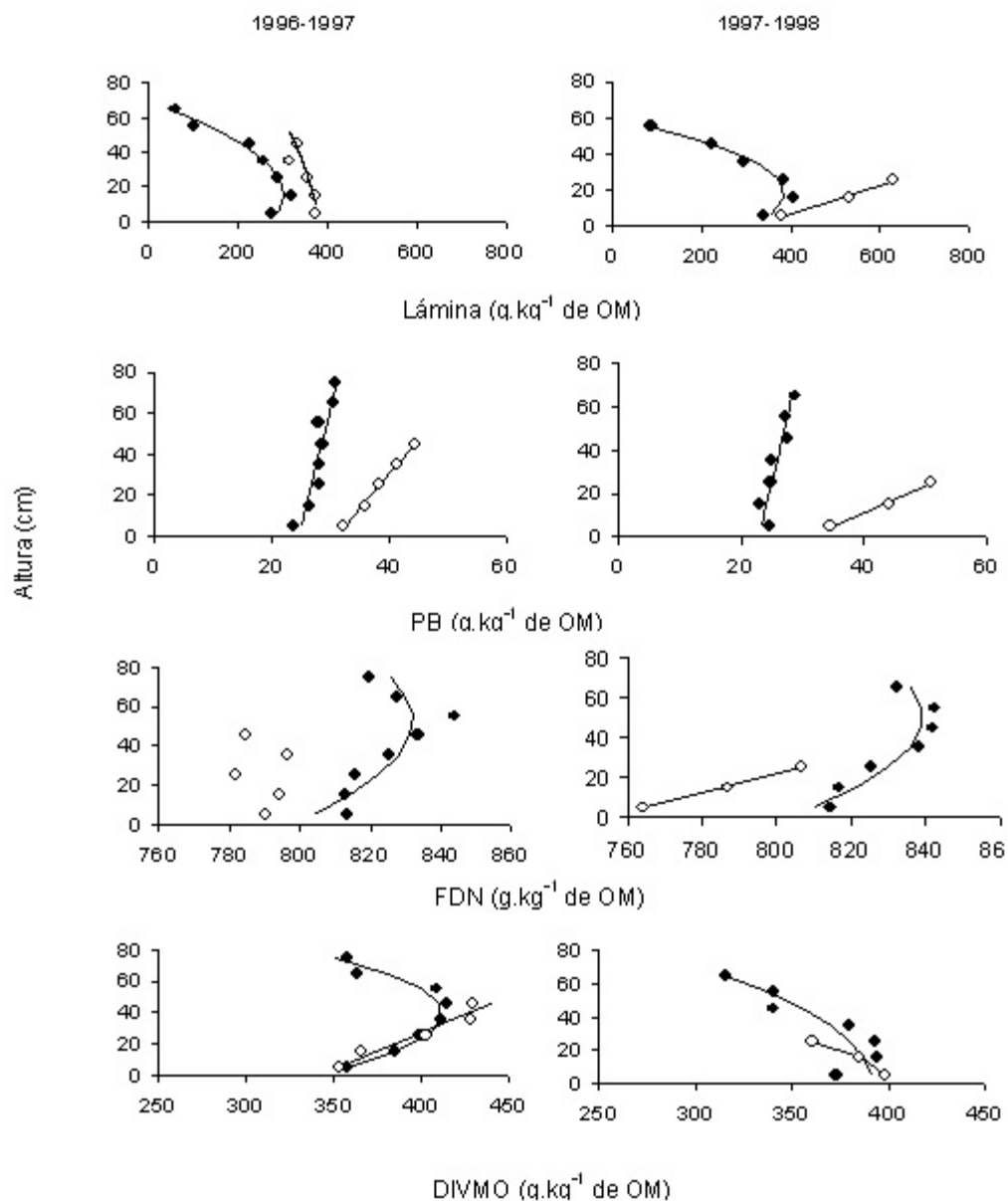


Figura 1: Concentraciones de lámina, proteína bruta (PB), fibra en detergente neutro (FDN), y digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica (DIVMO) en estratos verticales de 10 cm, en pasturas diferidas de mijo perenne, en dos periodos contrastantes de acumulación de forraje y dos estaciones de crecimiento, 1996-1997: ●, T₂₇₀; ○, T₁₄₅; 1997-1998: ●, T₂₁₅; ○, T₁₆₀.

Figure 1: Blade, crude protein (CP) and neutral detergent fibre (NDF) concentrations, and *in vitro* organic matter digestibility (IVOMD) in 10-cm vertical layers from ground, of stockpiled kleingrass pastures for two contrasting forage accumulation periods in two growing seasons, 1996-1997: ●, T₂₇₀; ○, T₁₄₅; 1997-1998: ●, T₂₁₅; ○, T₁₆₀.

La disminución de la PB desde estratos superiores a inferiores de la pastura (Figura 1), también fue informada en otros trabajos (Herrera et al., 1984; Griggs et al., 2007), circunstancia que estaría relacionada con la distribución de la edad de los tejidos. Varios autores, informaron que la concentración proteica de los tejidos senescentes permanece relativamente constante durante el invierno (Ocumpag y Matches, 1977; Burns y Chamberlee, 2000). Sin embargo, Taylor y Templeton (1976) observaron que la concentración de PB incrementó con el avance del invierno. Este incremento podría ser explicado debido a la lixiviación diferencial de los materiales desde las hojas senescente, donde la proteína sería resistente a este lixiviado. Por el contrario, los carbohidratos no estructurales contenidos en el material senescente se pierden con facilidad (Ocumpag y Matches, 1977). La disminución en la concentración de azúcares deprime la DIVMO dado que ambas se relacionan con el material celular soluble (Griggs et al., 2007). En el presente estudio, la pérdida de material soluble podría explicar la alta concentración de material fibroso en el forraje diferido y la consecuente baja DIVMO.

La naturaleza compleja del crecimiento del tallo en gramíneas puede afectar la digestibilidad a lo largo del tallo. La elongación de los entrenudos es el resultado de la división y

elongación celular en los meristemas intercalares en la parte inferior de cada entrenudo. El resultado es que, durante la elongación, la porción inferior de un entrenudo es más digestible que la superior. Dado que, se elonga más de un entrenudo a un mismo tiempo, esto determina un patrón complejo de tejidos jóvenes y viejos a lo largo del tallo (Hacker y Minson, 1981). Estudios detallados de la digestibilidad del tallo, a diferentes niveles en la cubierta vegetal de *Setaria anceps* y *Chloris gayana*, indicaron que las mayores digestibilidades ocurren a niveles intermedios de la misma (Stobbs, 1973; 1975). La información del presente estudio coincide con lo anterior (Figura 1), en particular en aquellos tratamientos con mayor duración en el período de acumulación.

Remoción de lámina y consumo diario de materia orgánica

El rango de variación en la remoción de biomasa de lámina por unidad de área y la relación de esta variable con otras se presentan en el Cuadro 5. La remoción de biomasa de lámina en relación con la biomasa total removida varió ($p < 0,01$) entre 41 y 64%. Esto sugiere que la estructura de la pastura afectaría la facilidad de aprehensión de lámina y por lo tanto la tasa de ingestión de nutrientes por los ovinos en pastoreo.

Cuadro 5: Rango de variación para la remoción de biomasa de lámina por unidad de superficie por ovinos en pastoreo y su relación con otras variables.

Table 5: Range of variation for leaf blade mass removal by surface unit and leaf blade by grazing rams and its relationship with other variables.

Variable	Rango de variación [†]	Unidad	Valor F (Signif.)
Remoción de biomasa de lámina (1)	73 (T ₁ 270) y 46 (T ₂ 190)	g MO.m ⁻²	4,67 (0,058)
Relación porcentual de (1) con biomasa de lámina en pre-pastoreo	82 (T ₁ 270) y 59 (T ₂ 190)	g.100 g ⁻¹ MO lámina	4,46 (0,063)
Relación porcentual de (1) con biomasa total en pre-pastoreo	21 (T ₂ 215) y 30 (T ₂ 160)	g.100 g ⁻¹ MO biomasa total	4,34 (0,066)
Relación porcentual de (1) con biomasa total removida	41 (T ₁ 270) y 64 (T ₂ 190)	g.100 g ⁻¹ MO biomasa total removida	20,39 (0,002)

[†]Acumulación de forraje luego de cosechas realizadas a mediados de Octubre (T₁270) y de Diciembre (T₂215), principios de Enero (T₂190) y de Febrero (T₂160). Los valores de los tratamientos T₁145 y T₁175 se sitúan dentro del rango de variación mostrado.

El consumo de materia orgánica se relacionó ($p < 0,001$; Figura 2) en forma cuadrática con la duración en el periodo de acumulación de biomasa. Aumentos en el período de acumulación produjeron una disminución ($p < 0,001$) en el consumo de 6,8 y 13,3 g de MO por $\text{kg.PV}^{-0,75}$ en E1 y E2, respectivamente. Además, se correlacionó ($r = 0,74$; $p < 0,01$) con la biomasa de lámina removida expresada como proporción de la biomasa total en pre-pastoreo.

El consumo de forraje diferido de mijo perenne cv Verde alcanzado por los ovinos, en este estudio, fue superior al registrado por bovinos alimentados con cultivares de pasto llorón difundidos en la región Pampeana Semiárida (Marchi y Giraudo, 1973; Castro y Gallardo, 1984; Laborde et al., 1985). El consumo para un mismo forraje, expresado en base a la potencia 0,75 del peso vivo, es menor en ovinos respecto a bovinos (Sauvant et al., 2006). Lo precedente, entonces, refuerza

las diferencias en el consumo alcanzado por ovinos a favor de mijo perenne.

Conclusiones

La variabilidad vertical en la cubierta vegetal, en fracciones morfológicas, composición química y digestibilidad *in vitro* de la MO relacionadas a los diferentes periodos de acumulación de forraje, afectaría tanto la relación funcional entre consumo y asignación de forraje como a la fermentación ruminal. Podría pensarse así, en la posibilidad de lograr, mediante el manejo del inicio del período de acumulación, estructuras de la cubierta vegetal que permitan obtener mayores consumos diarios de forraje, conjuntamente con una menor biomasa residual. Surge, además, la necesidad de profundizar el estudio de aspectos relacionados con la corrección de deficiencias nutricionales, en particular las nitrogenadas.

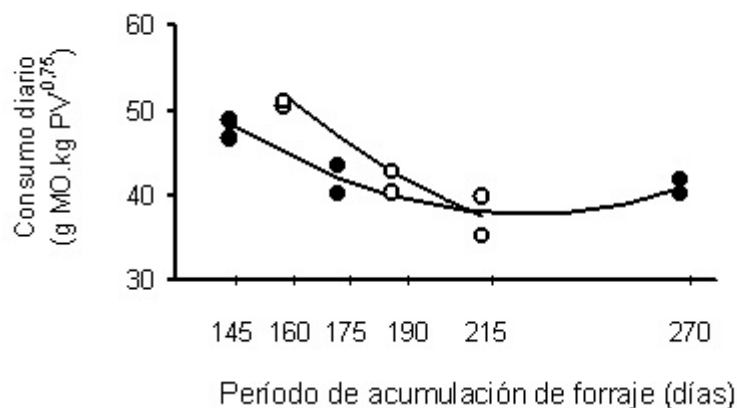


Figura 2: Relación entre el período de acumulación de forraje y consumo de materia orgánica (CMO) de ovinos pastoreando mijo perenne diferido, durante dos estaciones de crecimiento, ●, 1996-1997 y ○, 1997-1998.

Figure 2: Relationship between forage accumulation period and organic matter intake (OMI) of rams grazing stockpiled kleingrass, during two growing seasons, ●, 1996-1997 and ○, 1997-1998.

Bibliografía

- Alexander, R.H. and McGowan, M. 1966. The routine determination of *in vitro* digestibility of organic matter in forages. An investigation of the problems associated with continuous large scale operation. J. Br. Grassl. Soc. 21:140-147.
- Animut, G. and Goetsch, A.L. 2008. Co-grazing of sheep and goats: benefits and constraint. Small Ruminant Res. 77:127-145.
- Berenson, M.L., Levine, D.M. and Goldztein, M. 1983. Intermediate statistical methods and applications. Prentice-Hall, New Jersey, 576 p.
- Bowman, J.G.P. and Sowell, B.F. 2003. Technology to complement forage-based beef production systems in the West. J. Anim. Sci. 81:18-23.
- Burns, J.C. and Chamblee D.S. 2000. Summer Accumulation of Tall Fescue at Low Elevations in the Piedmont: I. Fall Yield and Nutritive Value. Agron. J. 92:211-216.
- Burns, J.C., Pond, K.R. and Fisher, D.S. 1991. Effect of grasses species on grazing steers: II. Dry matter intake and digesta kinetics. J. Anim. Sci. 69:1199-1204.
- Buxton, D.R. and Marten, D.R. 1989. Forage quality of plant parts of perennial grasses and relationship to phenology. Crop Sci. 29:429-435.
- Cairnie, A.G. 1991. El pasto llorón en los sistemas de producción ganadera. In: O.A. Fernández, R.E. Bredad y O.A. Gargano (eds.). El pasto llorón su biología y manejo. CERZOS y Depto. Agron. UNS. pp. 349-366.
- Castro, H.C. y Gallardo, M.R.A. 1984. Evaluación comparativa del valor nutritivo en invierno de cuatro cultivares de pasto llorón (*Eragrostis curvula* (Schrader) Nees). Rev. Arg. Prod. Anim. 4:1015-1018.
- Cuomo, G.J., Rudstrom, M.V., Peterson, P.R., Johnson, D.G., Singh, V. and Sheaffer, C.C. 2005. Initiation date and nitrogen rate for stockpiling smooth brome grass in the north-central USA. Agron. J. 97:1194-1201.
- Ferri, C.M., Brizuela, M.A., Cid, M.S. y Stritzler N.P. 2006. Dinámica de acumulación de laminas foliares y estructura de forraje diferido de *Panicum coloratum* L. Agric. Téc. (Chile): 66:376-384.
- Ferri, C.M., Petrucci, H.J., Stritzler, N.P. y Jouve, V.V. 1998. Consumo voluntario, digestibilidad *in vivo* y proteína bruta dietaria en distintas épocas de utilización de *Panicum coloratum* diferido. Rev. Arg. Prod. Anim. 18:163-170.
- Ferri, C.M., Stritzler, N.P., Brizuela, M.A., Piper, F.I. y Petrucci, H.J. 2001. Efecto de la oferta de pasto sobre la ingestión de ovinos en pastoreo de *Panicum coloratum* L. diferido. Invest. Agr. Prod. y Sanid. Anim. 16:256-267.
- Ferri, C.M., Stritzler, N.P. y Pagella, J.H. 2008. Tasa de aparición de hojas durante tres temporadas de crecimiento en *Panicum coloratum* L. cv Verde. Rev. Arg. Prod. Anim. 28:193-200.
- Fisher, D.S., Burns, J.C., Pond, K.R., Mochrie, R.D. and Timothy, D.H. 1991. Effects of grass species on grazing steers. 1. Diet composition and ingestive mastication. J. Anim. Sci. 69:1188-1198.
- Gong, Y., Hodgson, J., Lambert, M.G. and Gordon, I.L. 1996. Short-term ingestive behaviour of sheep and goats grazing grasses and legumes. 1. Comparison of bite weight, bite rate, and bite dimensions for forages at two stages of maturity. N. Z. J. Agr. Res. 39:63-73.
- Griggs, T.C., MacAdam, J.W., Mayland, H.F. and Burns, J.C. 2007. Temporal and vertical distribution of nonstructural carbohydrate, fiber, protein, and digestibility levels in orchardgrass swards. Agron. J. 99:755-763.
- Hacker, J.B. and Minson, D.J. 1981. The digestibility of plants parts. Herbage Abstracts 51: 459-482.
- Herrera, R.S., Martínez, R.O., Ruiz, R. and Hernández, Y. 1984. Milk production of cows grazing coast cross 1 Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) 3. Vertical distribution of pasture soluble components. Cuban J. Agric. Sci. 18:185-194.
- Holderbaum, J.F., Sollenberger, L.E., Quesenberry, K.H., Moore, J.E. and Jones, C.S. Jr. 1992. Canopy structure and nutritive value of rotationally-grazed limpgrass pastures during mid-summer to early autumn. Agron. J. 84:11-16.
- InfoStat. 2008. InfoStat versión 2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Laborde, H.E., Degiorgi, I.E., Boo, R.M. y Nizoboy, D.E. 1985. Tratamiento *in situ* con hidróxido de sodio en pasto llorón diferido. I. Efecto sobre la digestibilidad y consumo voluntario. Rev. Arg. Prod. Anim. 5:139-144.
- Laredo, M.A. and Minson, D.J. 1973. The voluntary intake, digestibility, and retention time by sheep of leaf and stem fractions of five grasses. Aust. J. Agric. Res. 24:875-888.

- Marchi, A. y Giraudo, C.G. 1973. Digestibilidad *in vivo*, consumo y efecto de la suplementación con urea de *Eragrostis curvula* cv Tanganyika diferido en novillos. Rev. Invest. Agrop. INTA. Serie 1, Biol. Prod. Animal 10:143-151.
- Meijs, J.A.C., Walters, R.J.K. and Keen, A. 1982. Swards methods. In: J.D. Leaver (ed.). Herbage intake handbook. The British Grassland Society, Hurley, UK, pp. 11-36.
- Moore, K.J., White, T.A., Hintz, R.L., Patrick P.K. and Brummer, E.C. 2004. Sequential grazing of cool- and warm-season pastures. Agron. J. 96:1103-1111.
- Ocuppaugh, W. and Matches, A.G. 1977. Autumn-winter yield and quality of tall fescue. Agron. J. 69:639-643.
- Sauvant, D., Assoumaya, C., Giger-Reverdin, S. and Archimède H., 2006. Étude comparative du mode d'expression du niveau d'alimentation chez les ruminants. In: Actes des 13^e Journées autour des Recherches sur les Ruminants, Rencontres Recherches Ruminants, 6-7.12.2006, Paris, Francia. Paris, INRA Éditions, 103.
- Scarbrough, D.A., Coblenz, W.K., Coffey, K.P., Hubell III, D.S., Smith, T.F., Humphry, J.B., Jennings, J.A., Ogden, P.K. and Turner, J.E. 2006. Effects of forage management on the nutritive value of stockpiled bermudagrass. Agron. J. 98:1280-1289.
- Sollenberger, R.H. and Burns, J.C. 2001. Canopy characteristics, ingestive behaviour and herbage intake in cultivated tropical grassland. Proc. XIX Int. Grassl. Cong. Sao Paulo, Brasil, pp. 321-327.
- Stobbs, T.H. 1973. The effect of plant structure on the voluntary intake of tropical pastures. II. Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animals grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. Aust. J. Agr. Res. 24:809-819.
- Stobbs, T.H. 1975. The effect of plant structure on intake of tropical pastures: III. Influence of fertilizer nitrogen on the size of bite harvested by Jersey cows grazing *Setaria anceps* cv. Kazungula swards. Aust. J. Agric. Res. 26:997-1007.
- Taylor, T. H. and Templeton, W.C. 1976. Stockpiling Kentucky bluegrass and tall fescue forage for winter pasturage. Agron. J. 68:235-239.
- Van Soest, P. and Robertson, J.B. 1985. Analysis of forages and fibrous foods. Cornell Univ. Press, Ithaca, New York, USA, 165 p.
- Wilson, J.R. 1976. Variation of leaf characteristics with level of insertion on grass tiller. I. Development rate, chemical composition and dry matter digestibility. Aust. J. Agric. Res. 27:343-354.
- Wilson, J.R., Anderson, K.L. and Hacker, J.B. 1989. Dry matter digestibility *in vitro* on leaf and stem of buffel grass (*Cenchrus ciliaris*) and related species and its relation to plant morphology and anatomy. Aust. J. Agric. Res. 40:281.