

Degradación ruminal en bovinos de la proteína cruda de la paja amarilla (*Sorghastrum setosum*) a diferentes edades de rebrote y estaciones del año

Alcides L. Slanac^{1*}, César D. Kucseva², Osvaldo Balbuena^{2,3}, Diego Rochinotti⁴

¹Cátedra de Fisiología, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE, Sargento Cabral 2139, Corrientes (3400), Argentina. ²INTA, Colonia Benítez (Chaco). ³Cátedra de Nutrición y Alimentación, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNNE, Sargento Cabral 2139, Corrientes (3400), Argentina. ⁴INTA (Mercedes, Corrientes). *Correo electrónico: alslanac@vet.unne.edu.ar.

RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la degradación en rumen de bovinos de la proteína cruda (PC) de *Sorghastrum setosum* (paja amarilla) en distintas épocas del año, se recolectaron muestras a 5 cm de altura, correspondientes a los 15, 30 y 45 días de rebrote, y se utilizó la técnica de suspensión *in situ* de bolsas de dacrón en el rumen de novillos cruza cebú de 550 kg de peso vivo, provistos de fístula ruminal, las bolsas fueron incubadas durante 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 y 120 horas. Los datos se ajustaron con el modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979). Los parámetros de la curva de degradación y la degradabilidad efectiva fueron analizados mediante el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS. Los resultados obtenidos de la degradabilidad ruminal de la PC para el rebrote de 15 y 45 días, muestran que la fracción soluble (a) tuvo una tendencia a ser diferente entre las diferentes estaciones ($P = 0,06$ y $0,08$) respectivamente, no así el rebrote de 30 días. La fracción potencialmente degradable (b) y su tasa de degradación (c) solo fue diferente para el rebrote de 15 días ($P < 0,01$), la degradabilidad ruminal efectiva (DR) solo se diferenció ($P < 0,05$) en el corte de 15 días. No se encontraron diferencias en los demás parámetros de la cinética, esto sugiere que la técnica utilizada no fue sensible para diferenciar el efecto de los tiempos de rebrote y las estaciones del año.

Palabras clave: bovinos, degradabilidad ruminal, proteína cruda, *Sorghastrum setosum*

Ruminal degradation in cattle of crude protein from yellow straw (*Sorghastrum setosum*) of different age of regrowth and seasons of the year

ABSTRACT

In order to evaluate the degradation of the crude protein (PC) of *Sorghastrum setosum* (yellow straw) at different times of the year, samples were collected at 5 cm high, corresponding to 15, 30 and 45 days of regrowth and the technique of *in situ* suspension of dacron bags was used in the rumen of zebu steers of 550 kg liveweight, provided with ruminal fistula, the bags were incubated for 0, 3, 6, 12, 24, 48, 72 and 120 hours. The data were adjusted with the model proposed by Ørskov and McDonald (1979). The parameters of the degradation curve and the effective degradability were analyzed using the GLM procedure of the SAS statistical package. The results obtained from the ruminal degradability of the PC for the regrowth 15 and 45 days, show that the soluble fraction (a) had a tendency to be different between the different stations ($P = 0.06$ and 0.08) respectively, not so the regrowth 30 days. The potentially degradable fraction (b) and its degradation rate (c) was only different for the 15-day regrowth ($P < 0.01$), the effective ruminal degradability (DR) only differed ($P < 0.05$) in the cut of 15 days. No differences were found in the other parameters of kinetics, this suggests that the technique used was not sensitive to differentiate the effect of regrowth times and seasons.

Key words: bovines, rumen degradability, crude protein, *Sorghastrum setosum*

Aprobado: junio 2018

INTRODUCCIÓN

La cantidad y calidad de los pastos tropicales depende de diferentes factores, que pueden ser inherentes al ambiente y/o la especie (Lemaire *et al.* 2000). Por otra parte, las evaluaciones de forrajes tropicales consideran diversas variables de producción y nutrición, especialmente en la época de sequía, cuando disminuyen de manera drástica la disponibilidad y la calidad de los forrajes (Cuartas *et al.* 2014), pero cada variable es analizada de forma independiente (Gates *et al.* 2001). La edad de corte, es un factor determinante para la producción y calidad del forraje, se sabe que, con el envejecimiento de la planta, el tenor de humedad se reduce y por lo tanto aumenta la producción de materia seca (Sa *et al.* 2010).

La interpretación de la cinética de degradación de los alimentos para rumiantes ha tomado especial importancia en los sistemas de suplementación y un ejemplo específico se tiene con la proteína. Para hacer un uso adecuado de los sistemas de suplementación proteica, es necesario tener información acerca de la degradación ruminal de la proteína presente tanto en el forraje como en el suplemento. Los sistemas propuestos para calcular los requerimientos proteicos en rumiantes han reconocido la importancia de la degradación proteica en el rumen, como el principal factor que determina la cantidad de proteína que se absorbe en el intestino delgado (Naranjo y Cuartas 2011).

Los métodos utilizados para estimar el valor de proteína del alimento para rumiantes se basan en la caracterización de las fracciones nitrogenadas del alimento y consideran el proceso de fermentación del rumen. Los valores de la fracción de proteínas permiten estimar la cantidad de nitrógeno (N) en la dieta disponible para la síntesis de proteínas microbianas y la cantidad de (N) que escapa a la degradación en el rumen. Por lo tanto, la proteína real digerida y absorbida enzimáticamente en el intestino delgado dependerá de la fuente dietética y la fermentabilidad del rumen del alimento (Valderrama y Anrique 2011).

De acuerdo con Salcedo (2000), son varios los factores que intervienen en la degradabilidad de

la proteína, así como también el tipo de pastoreo y la altura de pasto inciden sobre la degradación ruminal. Considerando que el pasto no es estático a lo largo de su ciclo productivo, esto dificulta aún más la degradación, posterior utilización y por añadidura su predicción. Otros factores importantes que influyen en la concentración de proteína en el vegetal es la época del año, días fríos provocan mayor síntesis de carbohidratos solubles e incremento de la proteína (Vaz Martins y Messa 2007).

Las condiciones climáticas, influencias de lluvias y distribución anual de estas (Ramirez *et al.* 2010), atentan contra la calidad del forraje ya que el verano con elevada temperatura y alta humedad por mayores precipitaciones produce rápido desarrollo de las plantas y en invierno estas son quemadas por las heladas (Arias 2006). También las diferencias entre hábitos de crecimiento, morfología, metabolismo (Juárez-Hernández y Bolaños-Aguilar 2007), digestibilidad acompañada de mayor desarrollo y vigor, por ende, mayor disponibilidad de proteína (Ortega *et al.* 2011), desde el punto de vista fisiológico las gramíneas presentan una tasa de fotosíntesis más elevada y tolerancia superior a altas temperaturas (Del Pozo *et al.* 2011).

La fuente más importante de nitrógeno para los microorganismos ruminales procede normalmente de la proteína de la ración y del nitrógeno no proteico (NNP). La microflora ruminal es altamente proteolítica, por lo que gran parte de la proteína que llega al rumen es degradada hasta péptidos y aminoácidos (AA), la mayoría de los cuales son posteriormente desaminados (Ørskov 1988).

Los pastos con rápida degradación de la fibra son requeridos por los sistemas intensivos de producción animal basados en pasturas para maximizar el consumo y la productividad. Para seleccionar los cultivares que se degradan rápidamente, se debe utilizar un método de detección repetible, rápido y barato, de modo que se puedan evaluar grandes cantidades de muestras (Sun y Waghorn 2012). La desaparición *in sacco* es usada frecuentemente para estimar la proteína no degradable, pero el mayor problema es la

influencia de la contaminación provocada por la proteína microbiana. El nitrógeno proporcionado por las bacterias debería ser restado como nitrógeno residual o no degradable (Michalet-Doreau y Ould-Bah 1992). La técnica *in situ*, es fácil y de rápida ejecución, requiere pequeña cantidad de muestra, permite el contacto íntimo con el ambiente ruminal, no existiendo una mejor forma de simulación del rumen (Evangelista *et al.* 2002), a pesar de ello, el alimento no está sujeto a todos los eventos digestivos, como la masticación, rumiación y tasa de pasaje (Vieira 1995).

Otro problema potencial que se debería tener en cuenta en el procedimiento *in sacco* es la suposición que la proteína es soluble y pasa afuera de la bolsa y es degradada instantáneamente (Spencer *et al.* 1988). A pesar de que existen varios métodos para estimar la degradabilidad ruminal de la proteína de los forrajes, el método más popular es el de la bolsa *in situ* (Olaisen *et al.* 2003). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la cinética de la degradación ruminal de la proteína cruda (PC) de *Sorghastrum setosum* (paja amarilla) en rumen de bovinos alimentados con pastura natural en distintas épocas del año.

MATERIALES Y MÉTODOS

El material vegetal evaluado, fue recolectado en la Estación Experimental Colonia Benítez del INTA (Chaco, región noreste Argentina). Antes de la colecta se realizó un corte de limpieza con guadañadora mecánica y se retiró el material cortado, las muestras de *Sorghastrum setosum* fueron tomadas por medio de cortes con tijeras a 5 cm de altura de todo el material disponible en condición de pastoreo, dentro de un marco de 50 x 50 cm, con cortes a los 15, 30 y 45 días de rebrote.

Una vez pesadas, las muestras se colocaron en bolsas de papel y secadas en estufa de aire forzado a 55°C durante 72 horas, posteriormente fueron pesadas y molidas con molino de cuchillas con mallas de 2 mm. Para medir la desaparición de PC se utilizaron dos novillos cruzados de 550 kg de peso vivo (PV) provistos de fístula ruminal, que fueron mantenidos en potreros con pastura natural. Los animales recibieron *ad*

libitum un suplemento mineral que contenía Ca (12 %), P (8 %) y microelementos vehiculizados en sal común.

Para la medición de la degradabilidad ruminal se utilizó la técnica de suspensión *in situ* de bolsas de dacrón (Ørskov *et al.* 1980). En cada bolsa de 9,5 x 18 cm, con una porosidad de 50 µm, se colocaron 5 gramos de material seco de la pastura, que fueron introducidas en el rumen en forma secuencial con los siguientes tiempos: 120; 72; 48; 24; 12; 6; 3 y 0 horas. Transcurrido el tiempo de incubación correspondiente, las bolsas fueron retiradas del rumen, sumergidas en agua fría por 5 min y lavadas bajo agua corriente. Por último, las bolsas fueron secadas en horno a 55°C durante 72 h y posteriormente pesadas.

Los datos obtenidos en degradación de la proteína cruda (PB%) fueron ajustados al modelo propuesto por Ørskov y McDonald (1979):

$$PB\% = a + b(1 - e^{-ct})$$

donde PB% es la degradabilidad de la PB al tiempo "t"; "a" es la fracción soluble; "b" es la fracción de degradación lenta; "c" es la tasa de degradación de "b", en horas; "t" es el tiempo de incubación en el rumen, en horas y "e" es la base de los logaritmos naturales. De igual forma, se calculó la degradabilidad efectiva (DE%) de acuerdo a la ecuación de los mismos autores:

$$DE\% = a + \left[\frac{(b \times c)}{(c + kp)} \right]$$

donde DE% es la degradabilidad efectiva; "a", "b" y "c" son los mismos parámetros de la ecuación anterior y "kp", es la tasa de pasaje (entre 2 y 4 %/hora).

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con un arreglo factorial de tratamientos, 1 (pastura) x 3 (cortes) por 4 (estaciones) con 2 repeticiones en dos animales. Se estimó la varianza de los parámetros de degradación "a", "b", "c", la degradación efectiva (sumatoria de "a" + "b") y la tasa de degradación "kd".

Se analizó el efecto de la edad de rebrote sobre la degradabilidad, mediante un análisis de varianza (ANOVA) y el procedimiento de modelos lineales

generales (GLM) del paquete estadístico SAS (2010). Para la comparación múltiple de medias se efectuó una prueba de Tukey. Se estipuló un riesgo alfa de 5 %.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los porcentajes de proteína bruta en promedio de las edades de corte de esta gramínea, medidos en las distintas estaciones del año, muestran diferencias ($P < 0,05$) en cuanto al contenido (10,8; 9,6; 7,00 y 6,8 %) para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente, proporciones que fueron declinando a medida que maduraba la planta, a excepción del verano, donde los valores fueron menores, que se corresponderían con los altos rendimientos del forraje para esta época del año.

La degradabilidad ruminal para los rebrotes de 15 días en las distintas estaciones del año (Cuadro 1), mostraron diferencias ($P < 0,05$), para la fracción de degradación lenta "b", donde el mayor porcentaje de degradación lo presentó la época otoñal, con valores similares para la primavera, diferenciándose del periodo invernal que tuvo un comportamiento semejante a la primavera y al verano, época esta que mostró un valor de degradación muy bajo (7,97 %). La tasa de degradación de "b", en cambio mostró el valor más alto para la época del verano (63,53 %), similar a la primavera (48,25 %). En esta época se obtuvieron valores similares al invierno (44,32 %), los cuales se diferencian a los observados en otoño (21,57 %).

La degradabilidad ruminal (DR) con tasas de pasaje al 2 y 4 % fueron estadísticamente diferentes ($P < 0,05$), la tasa de pasaje al 2 % mostró mayor degradación (58,99; 50,49; 41,85 y 34,58 %) para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente. Comparados con la tasa de pasaje del 4 %, en cambio los valores muestran semejanza entre las épocas de verano (33,65 %), primavera (36,26 %) e invierno (47,55 %), siendo diferente a los valores mostrados por el otoño (51,99 %), y a su vez este no fue diferente a invierno.

La cinética de degradación ruminal de la PC para el rebrote de 15 días en los distintos tiempos de incubación (Cuadro 2), no mostró efecto para las 0, 3, 12, 24 y 48 horas. Se observaron efectos para la muestra que tuvo 6 horas de incubación, donde el porcentaje de degradación fue similar para otoño (45,03 %), invierno (39,13 %) y verano (31,98 %), pero difiere de los valores observados para la primavera (14,24 %; $P < 0,05$). La muestra que se mantuvo dentro del rumen durante 72 horas, presentó valores de degradación de PC similares para el otoño (71,29 %) y el invierno (57,01 %), de igual manera, los resultados obtenidos en invierno fueron similares a los alcanzados en la primavera (50,92 %), los resultados anteriores difieren de los alcanzados durante el verano (22,06 %; $P < 0,05$). A las 120 horas de incubación, se detectaron diferencias ($P < 0,05$), entre la degradación ruminal de la PC en otoño (75,17 %); invierno (55,65 %); primavera (51,94 %) y el verano (7,42 %).

La degradabilidad ruminal de la PB de la paja amarilla a los 30 días no presentó diferencias

Cuadro 1. Parámetros de degradabilidad ruminal *in situ* de PB de *S. setosum* a 15 días de rebrote en distintas estaciones del año.

Parámetros de cinética ruminal	Época del año				EE	P
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano		
a (%)	37,06	35,17	14,91	28,50	4,08	0,06
b (%)	41,37 ^a	20,50 ^{bc}	36,84 ^{ab}	7,97 ^c	3,32	0,01
c (%)	21,57 ^a	44,32 ^b	48,25 ^{bc}	63,53 ^c	3,26	0,01
kd (%h ⁻¹)	0,022	0,081	0,057	0,037	0,004	0,50
DR2 (%)	58,99 ^a	50,49 ^{ab}	41,85 ^{bc}	34,58 ^c	2,63	0,01
DR4 (%)	51,99 ^a	47,55 ^{ab}	36,26 ^b	33,65 ^b	2,71	0,02

EE: error estándar; p: probabilidad; a: fracción soluble; b: fracción de degradación lenta; c: tasa de degradación de b; kd: tasa de degradación; DR: degradación ruminal. Medias en filas seguidas de letras distintas difieren entre sí ($P < 0,05$) por el test de Tukey.

significativas entre estaciones para los parámetros evaluados.

La cinética de degradación *in situ* de la PC de la paja amarilla para el rebrote de 30 días, mostró que para la hora 0 fue diferente entre las distintas estaciones de corte ($P < 0,05$), revelando que otoño, primavera y verano tuvieron una solubilidad parecida (31,93; 30,98 y 32,36 %), la que se diferencia de invierno que mostró valores de 27,51 %. Todos los demás horarios no mostraron diferencias ($P > 0,05$). Se puede afirmar que tomando valores del ensayo *in situ* para el horario de mayor permanencia en el rumen (120 h), la estación que mostró mayor degradabilidad fue el verano (58,09 %), seguidas por primavera (57,63 %), otoño (56,47 %) y la de menor valor fue invierno (54,47 %).

Para la degradabilidad ruminal de la PB en el rebrote de 45 días, no se observaron diferencias ($P > 0,05$). La fracción altamente soluble "a", con valores que oscilaron entre 31 y 39 % para las épocas de otoño, invierno y verano presentó una leve tendencia a ser diferente de la mostrada por primavera 26,53 % ($P = 0,0832$), este comportamiento es semejante a lo observado por otros autores, lo cual explica en base a que los follajes jóvenes tienden a poseer mayores valores de PC en comparación con los de edades superiores (Lara Mantilla 2010).

La cinética de degradación de la PC de este forraje para el rebrote de 45 días, mostró ser diferente solamente en dos horarios del ensayo *in*

situ. La hora 3 ($P = 0,0472$), resultó ser más degradable para el invierno (45,00 %), un comportamiento parecido lo presentó el verano (41,77 %) y otoño (35,85 %) que fueron diferentes a primavera con una degradabilidad del 32,18 %, a su vez esta resultó ser semejante a verano y otoño. Para la hora 120 ($P = 0,0335$), el verano resultó ser más degradable (66,23 %), con un comportamiento semejante se observó a el otoño (64,18 %), que se diferenciaron de invierno (54,86 %) y primavera (40,32 %). A su vez la estación invernal tuvo un comportamiento semejante a otoño y primavera. La hora 24, con una mayor degradabilidad para el otoño (52,20 %), seguida por invierno (51,15 %), verano (48,66 %) y primavera (42,56 %), muestran una leve tendencia a ser diferentes ($P = 0,0604$).

Numerosos factores afectan la proporción de PC degradada en el rumen en relación a la contenida en los alimentos. Las dos consideraciones más importantes de la química de la PC son: 1) las concentraciones proporcionales de nitrógeno no proteico (NNP) y la proteína verdadera (PV) y 2) las características físico-químicas de la proteína que comprende la fracción de proteína verdadera del alimento (Barrera *et al.* 2015, Nolan y Dobos 2005).

El valor nutritivo de un pastizal depende principalmente de las especies que lo componen; además es de esperar que en primavera muestre los mayores niveles de proteína y digestibilidad de la MS (Sampedro *et al.* 2004, Sun y Waghorn 2012).

Cuadro 2. Degradabilidad ruminal de la PB de *S.setosum* a los 15 días de rebrote en distintos horarios de incubación y diferentes estaciones del año

Incubación ruminal (h)	Época del año				EE	P
	Otoño	Invierno	Primavera	Verano		
0	35,09	37,95	17,31	30,63	5,76	0,197
3	39,94	38,08	26,80	32,15	5,30	0,397
6	45,03 ^a	39,13 ^a	14,24 ^b	31,98 ^a	2,90	0,006
12	47,69	47,95	32,05	42,55	5,49	0,281
24	52,04	45,94	46,72	38,85	3,10	0,154
48	64,40	55,99	47,19	22,49	9,78	0,133
72	71,29 ^a	57,0 ^{ab}	50,92 ^b	22,06 ^c	3,45	0,002
120	75,17 ^a	55,65 ^a	51,94 ^a	7,42 ^b	4,12	0,001

EE: error estándar; P: probabilidad. Medias en filas seguidas de letras distintas difieren entre sí ($P < 0,05$) por el Test de Tukey.

En nuestro ensayo los valores de PC obtenidos oscilaron entre un 5 y 12,9 %, estos valores son comparables con lo reportados por Arthington y Brown (2005), quienes trabajando con *P. notatum*, *Hemarthria altissima* y *Cynodon dactylon*, observaron que en verano el valor de PB disminuye por debajo del 9 %. Sin embargo, los resultados de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) son semejantes en el caso de pasto horqueta e inferiores respecto a los observados en nuestro trabajo en paja amarilla. Diferentes estudios han ratificado que los contenidos de FDN de los forrajes, están afectados significativamente por la edad de cosecha de las plantas (Barahona y Sánchez 2005).

Peruchena (2012), reporta valores coincidentes con nuestro trabajo, en ensayos realizados con *Digitaria decumbens* (5 a 12 %), *Dichantium aristatum* (8,2 %), *Setaria narok* (5 a 10 %), *Panicum maximum* (8 a 16 %) y *Hemarthria altissima* (5 a 10 %). Este autor observó los menores porcentajes de PC principalmente en verano, donde la alta velocidad de crecimiento se contrasta con la carga animal, expresada en equivalente vaca por hectárea, que presentan los sistemas extensivos (0,2 - 0,7 EV/ha), que provoca una baja utilización del forraje producido y una madurez acelerada, aumentando rápidamente el contenido de fibra y lignina, consecuentemente disminuye la concentración de PC y la digestibilidad de la materia orgánica.

De acuerdo con los resultados obtenidos para la PC, observamos valores por debajo del 7 % para los cortes de 15 y 45 días en la estación del verano (6; 6,2; 5 y 6 % respectivamente), siendo este un factor limitante en el consumo del pasto, según lo reportado para forrajes tropicales por Minson y Milford (1967). Además, este valor de PC (7 %) es aproximadamente el nivel mínimo requerido para obtener un balance de nitrógeno positivo, lo que sugiere que el control de la ingesta de N en la dieta debe ser la primera prioridad cuando se intenta mejorar la utilización de N en las vacas en pastoreo (Higgs *et al.* 2013); estos resultados concuerdan con los reportados por otros investigadores (Caro-Costas *et al.* 1978, Mendez-Cruz 1981).

En términos generales esta pastura presentó un valor nutritivo aceptable, con valores de PC que oscilaron entre el 5 y 12,9 %, comparándolo con los reportes de Bernal *et al.* (2008) quienes trabajaron con *P. notatum* en época de sequía y obtuvieron valores de 4 a 6 % para PC, y que también coinciden con los reportes de Maldonado y Velázquez (1994), mencionados por Bernal *et al.* (2008). Soto y Reinoso (2007), reportan para campo natural un nivel de PC con valores de adecuados a marginales (otoño 9,22 %; invierno 9,15 %; primavera 10,75 % y verano 8,63 %).

Principalmente los factores que afectan tanto la calidad como el crecimiento de los pastos, son las altas temperaturas sumado a la falta de lluvias. En las especies en las que la fijación de carbono ocurre en las células externas del mesófilo y el ciclo de Calvin se produce en las células internas de la vaina (C4), es de esperar que al aumentar la temperatura de la tierra disminuyan su calidad; este efecto tiende a ser pronunciado en pasturas monofíticas (compuestas por una sola especie) debido a la poca plasticidad que tienen frente a condiciones de estrés. En cambio, las praderas naturales al presentar una biodiversidad más grande tienen una mayor plasticidad para tolerar condiciones de este tipo, pero esto se traduce en una producción estacional (Patiño Ospina, 2010). Luego a partir de otoño, la falta de lluvias que puede extenderse durante el invierno y parte del inicio de la primavera, donde por efecto de las bajas temperaturas la calidad forrajera de los pastos presenta niveles muy bajos de PC, cuyos porcentajes no superan el 5 % (Rossi *et al.* 2002).

La degradabilidad de la proteína observada para paja amarilla varió entre un 36,47 y 78,43 %, posesionándola en un mejor nivel si la comparamos con estudios realizados por Bolívar e Ibrahim (1999), con *Brachiaria humidicola*, donde se observaron valores de PC menores al 5 % y altos contenidos de fibra; también son similares a otros resultados reportados para esta especie (Santana *et al.* 1993), *Pennisetum purpureum* (Soarez *et al.* 2009) o *Pennisetum clandestinum* (Ramirez *et al.* 2015).

La degradación de la fracción soluble y potencialmente degradable (“a”+“b”) de la PC, para *S. setosum*, en el corte de mayor edad ensayado (45 días) mostró valores de 59,89; 54,56; 42,78; 73,7 % para otoño, invierno, primavera y verano respectivamente; donde se puede apreciar que los mayores valores de degradación se presentan en las épocas de otoño y verano. Se reporta una estrecha relación entre la solubilidad de la PC y su degradabilidad (All y Stobbs 1980). La mayor solubilidad y degradabilidad de la PC están asociadas, en general, con un mayor nivel de amonio en el rumen y este puede contribuir en el incremento de la actividad de las bacterias ruminales, maximizando el consumo de dietas altas en fibra

La degradabilidad de la PC de la paja amarilla mostró diferencias significativas entre las distintas épocas y edades de corte, encontrándose la mayor a los 15 días de rebrote y para otoño (78,43 %) y para el corte de 45 días en verano (73,70 %). Esto permite inferir que para *S. setosum*, a partir de los 30 días de rebrote la degradabilidad de la PC disminuye con el estado fenológico del forraje, debido al aumento de las estructuras de sostén y de pared celular que acompaña a la madurez, limitando el acceso de las proteasas al citoplasma, que es donde se encuentra la mayor parte de la proteína potencialmente degradable, este comportamiento es semejante a lo observado por Lara *et al.* (2010). Según Devendra (1995), el fundamento de lo anterior es que los follajes jóvenes tienden a poseer mayores valores de PC en comparación con los de edades superiores.

En ensayos realizados con el fin de determinar el efecto de la edad de rebrote sobre valor nutricional de *P. purpureum* cv King grass (Chacón-Hernández y Vargas-Rodríguez, 2009) observaron que el contenido de proteína bruta fue de 9,56; 8,70 y 8,42 % para los cortes de 60, 75 y 90 días respectivamente, que fueron mejores que los reportados para *P. purpureum* CT-115, que para época lluviosa presentó un valor de 8,83 % y 7,92 % para la seca (Ramírez *et al.* 2008).

El contenido proteico varió de forma inversa con respecto a los cambios que se dieron en MS, coincidiendo con nuestra observación y la de

Juárez y Bolaños (2007). No obstante, a pesar de que Márquez *et al.* (2007) indican que se produce una disminución lineal de 0,18 % de proteína por cada día adicional de crecimiento, nosotros obtuvimos una tendencia de tipo cuadrática, coincidiendo con lo reportado por Chacón-Hernández y Vargas-Rodríguez (2009).

Estos resultados muestran lo complejo que resulta establecer un manejo agronómico de la pradera orientado a obtener el mayor valor de proteína bruta en el pasto a través de diferentes épocas climáticas. Al respecto Pérez *et al.* 2004, muestran que el porcentaje de nitrógeno en el pasto Mulato II (*Brachiaria* híbrido, CIAT 36087), se incrementa hasta la cuarta semana de edad, posteriormente empieza a descender.

Este tipo de cambio en el contenido de PC en paja amarilla, no fue detectado en ninguno de los tratamientos estudiados, probablemente por el reducido número de edades de corte estudiadas (15, 30 y 45 días). Sin embargo, en las épocas de otoño y verano, esta pastura presentó buen porcentaje de degradación.

Es probable que la respuesta observada en estas épocas se explique por una interacción entre factores ambientales, por ejemplo, humedad del suelo y temperatura ambiente (Juárez-Hernández y Bolaños-Aguilar 2007) y microbianos del suelo (Viera y Nahas 2005; Merkl *et al.* 2006), lo que permite incorporar de forma más efectiva los nutrientes a la planta.

CONCLUSIONES

La degradación ruminal de la PB, para *S. setosum* solo mostró diferencias a los 15 días de edad para las fracciones potencialmente degradable y no degradable, no encontrándose diferencias en los demás parámetros de la cinética, pero no fue afectada por la estación y la edad de corte, según el método *in situ*.

Se detectaron efectos de la edad de la planta y de las estaciones sobre algunos parámetros de degradación ruminal y sobre la degradabilidad efectiva, pero de forma muy variada e inconsistente, por lo que se sugiere que el método utilizado

no sería el más adecuado para las condiciones en las que se realizó el presente ensayo.

LITERATURA CITADA

- All, T; Stobbs, TH. 1980. Solubility of the protein of tropical pasture species and the rate of its digestion in the rumen. *Animal Feed Science and Technology* 5:183-192.
- Arias Usandivaras, LM. 2006. Controles climáticos de la productividad primaria de pastizales de la Provincia de Corrientes. Trabajo correspondiente al ciclo de intensificación para acceder al grado de Ingeniero Agrónomo. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía.
- Arthington, JD; Brown, WF. 2005. Estimation of feeding value of four tropical forage species at two stages of maturity. *Journal of Animal Science* 83:1726–1731.
- Barahona, R; Sánchez, S. 2005. Limitaciones físicas y químicas de la digestibilidad de pastos tropicales y estrategias para aumentarla. *Revista Corpoica* 6(1):69–82.
- Barrera Álvarez, A; Avellaneda Cevallos, JH; Tapia Moreno, EO; Peña Galeas, MM; Molina Hidrovo, CA; Casanova Ferrein, LM. 2015. Composición química y degradación de cuatro especies de *Pennisetum* sp. *Ciencia y Tecnología* 8(2):13–27.
- Bernal, L; Ávila, P; Ramírez, G; Lascano, CE. 2008. Efecto de la suplementación con heno de *Calliandra calothyrsus* y *Vigna unguiculata* sobre la producción de leche para vacas Holstein x cebú en Colombia. *Archivos latinoamericanos de producción animal* 16(3):109–114.
- Bolívar Vergara, DM; Ibrahim, M. 2001. Solubilidad de la proteína y degradabilidad ruminal de *Brachiaria humidicola* en un sistema silvo-pastoril. Congreso Latinoamericano sobre Agroforestería para la Producción Agrícola Sostenible (1, 1999, Cali, Colombia). Cali, Colombia, 18 p.
- Caro-Costa, R; Abruña, F; Figarella, J. 1978. Effect nitrogen rates, harvest interval and cutting height on yield and composition of Star grass in Puerto Rico. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56(3):267–279.
- Chacon Hernández, PA; Vargas Rodríguez, CF. 2009. Digestibilidad y calidad del *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de rebrote. *Agronomía Mesoamericana* 20(2):399–408.
- Cuartas, C; Naranjo, J; Tarazona, A; Murgueitio, E; Chará, J; Ku Vera, J. 2014. Contribution of intensive silvopastoral systems to animal performance and to adaptation and mitigation of climate change. *Revista Colombiana de Ciencia Pecuaria* 27(2):76-94.
- Del Pozo, PP; Herrera, RS; Blanco, F. 2011. Bases ecofisiológicas del manejo de los pastos. In Milera Rodríguez, MDLC (ed.). André Voisin. Experiencia y aplicación de su obra en Cuba. La Habana, Cuba. Editorial Universitaria. p. 371-397.
- Devendra, C. 1995. Composition and nutritive value of browse legumes. In D'Mello, J.; Devendra, C. (eds.). *Tropical Animal Nutrition*. London, United Kingdom. CAB International. p 49–66.
- Evangelista, AR; Junqueira De Sales, EC; Teixeira, JC; Porto Rocha, G; Fonseca De Freitas, RT. 2002. Degradabilidade ruminal da materia seca e proteína bruta de cultivares de alfafa (*Medicago sativa* L.) *Ciência e Agrotecnologia* 26(6):1281-1288.
- Gates, RN; Mislevy, P; Martín, FG. 2001. Herbage accumulation of Three Bahiagrass populations during the cool season. *Agronomy Journal* 93(1):112–117.
- Higgs, RJ; Sheaham, AJ; Mandok, K; Van Amburg, ME; Roche, JR. 2013. The effect of starch, fiber, or sugar based supplements on nitrogen utilization in grazing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 96(6):3857-3866.
- Juárez-Hernández, J; Bolaños-Aguilar, ED. 2007. Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. *Universidad y Ciencia* 23(1):81–90.
- Lara Mantilla, C; Oviedo Zumaqué, LE; Betancur Hurtado, CA. 2010. Efecto de la época de corte

- sobre la composición química y degradabilidad ruminal del pasto *Dichantium aristatum* (Angleton). *Zootecnia Tropical* 28(2):275–281.
- Lemaire, G; Agnusdei, M. 2000. Leaf tissue turnover and efficiency of herbage utilisation. *In* Lemaire, G; Hodgson, J; Moraes, H; Nabinger, C; Carvalho, PCE. (eds.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Wallingford, United Kingdom. CABI Publishing. p. 265–267.
- Maldonado, G; Velásquez, JE. 1994. Determinación de la capacidad de carga y la ganancia de peso de bovinos en pastoreo de gramíneas del piedemonte amazónico de Colombia. *Pasturas Tropicales* 16(2):2–8.
- Márquez, F; Sánchez, J; Urbano, D; Dávila, C. 2007. Evaluación de la frecuencia de corte y tipos de fertilización sobre genotipos de pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*). 1. Rendimiento y contenido de proteína. *Zootecnia Tropical* 25(4):253–259.
- Méndez-Cruz, A. 1981. Evaluación nutritiva de gramíneas forrajeras tropicales. ALPA. *Memorias* 16: 90.
- Merkel, N; Schultze-Kraft, R; Arias, M. 2006. Effect of the tropical grass *Brachiaria bizantha* (Hochst. Ex A. Rich.) Stapf on microbial population and activity in petroleum-contaminated soil. *Microbiological Research* 161:80-91.
- Michalet-Doreau, B; Ould-Bah, MY. 1992. Influence of hay making on *in situ* nitrogen degradability of forages in cows. *Journal of Dairy Science* 75:782.
- Minson, DJ; Milford, R. 1967. The voluntary intake and digestibility of diets containing different proportions of legume and mature Pangola Grass (*Digitaria decumbens*). *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 7(29):546–551.
- Naranjo, JF; Cuartas, CA. 2011. Nutritional characterization and ruminal degradation kinetics of some forages with potential for ruminants supplementation in the highland tropics of Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 6(1):9-19.
- Nolan, JV; Dobos, RC. 2005. Nitrogen Transactions in Ruminants. *In* Dijkstra, J; Forbes, JM; France, J. (eds.). *Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism*. 2 ed. Wallingford, United Kingdom. CABI Publishing. p.177–207.
- Olaisen, V; Mejdell, T; Volden, H; Nesse, N. 2003. Simplified *in situ* method for estimating ruminal dry matter and protein degradability of concentrates. *Journal of Animal Science* 81:520–528.
- Ørskov, ER. 1988. *Nutrición Proteica de los Animales*. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 178 p.
- Ørskov, ER; McDonald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *Journal of Agricultural Science* 92,499-503.
- Ørskov, ER; Hovell, FD; Mould, F. 1980. the use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Tropical Animal Production* 5(3):195-213.
- Ortega-Gómez, R; Castillo-Gallegos, E; Jarillo-Rodríguez, J; Escobar-Hernández, R; Ocaña-Zavaleta, E; Valles de la Mora, B. 2011. Nutritive quality of ten grasses during the rainy season in a hot-humid climate and ultisol soil. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 13: 481-491.
- Patiño Ospina, H. 2010. Optimización de la suplementación proteica de ganado de carne en pasturas de baja calidad (en línea). Consultado 22 oct. 2016. Disponible en <http://bit.ly/2tnnoQv>
- Pérez, JA; García, E; Enríquez, JF; Quero, AR; Pérez, J; Hernández, A. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto “mulato” (*Brachiaria* híbrido, cv.). *Técnica Pecuaria en México* 42(3):447–458.
- Peruchena, CO. 2012. Los forrajes y la alimentación para intensificar la producción de carne del norte argentino (en línea). Consultado 29 jul. 2015. Disponible en <http://bit.ly/38Jo8zl>

- Rossi, CA; Gonzalez, GL; Lacarra, H; Pereyra, AM; Chagra Dib, EP. 2002. Evolución de la proteína bruta en hojas de seis especies de ramoneo del Chaco árido (en línea). Consultado 29 jul. 2016. Disponible en <http://www.infogranjas.com.ar/index.php/agricultura/305>
- Ramirez, J; Posada, S; Noguera, R. 2015. Effects of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) age and different forage: concentrate ratios on methanogenesis. *Revista MVZ Córdoba* 20(3):4726-4738.
- Ramirez, J; Verdecia, D; Leonard, I. 2008. Rendimiento y caracterización química del *Pennisetum Cuba CT 169* en un suelo pluvisol (en línea). *Revista Electrónica de Veterinaria* 9(5). Consultado 26 feb 2015. Disponible en <http://bit.ly/2qQHd1w>
- Ramírez R, O; Hernández G, A; Carneiro, S; Pérez, P; J; de Souza Júnior, J; Castro R, R; Enríquez Q, JF. 2010. Características morfológicas y su influencia en el Rendimiento del pasto Mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 12:303-311.
- Sá, JF; Pedreira, MS; Silva, FF; Bonomo, P; Figueiredo, MP; Menezes, DR; Almeida, TB. 2010. Fraccionamento de carbohidratos e proteínas de gramíneas tropicais cortadas em três idades. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 62(3):667-676.
- Salcedo, G. 2000. Degradabilidad ruminal de la hierba en praderas aprovechadas bajo pastoreo rotacional en la zona costera de Cantabria. *Investigación agraria. Producción y sanidad animales* 15(3): 125-136.
- Sampedro, D; Vogel, O; Celser, R. 2004. Suplementación de vacunos en pastizales naturales. EEA. INTA. Mercedes, Corrientes Argentina. Serie Técnica N° 34.
- Santana, JR; Pereira, JM; Morero, MA; Spain, JM. 1993. Persistencia e qualidade proteica da consorciacao *Brachiaria humidicola* – *Desmodium ovalifolium* cv. Itabela sob diferentes sistemas e intensidades de pastejo. *Pasturas Tropicales* 15(2):2-8
- SAS Institute Inc. 2010. SAS/TATTM Guide for personal computers, Version 9.2. SAS Institute Inc. Cary, NC.
- Soares, JPG; Derezs, F; Arcury, PB; Salman, AKD; Oliveira, AD; Verneque, RS; Berchielli, TT. 2009. Degradabilidade ruminal e digestibilidade intestinal da proteína de capim- elefante com três idades de corte. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia* 61(2):438-444.
- Soto, C; Reinoso, V. 2007. Suplementación proteica en ganado de carne. *Veterinaria (Montevideo)* 42(167):27-34.
- Spencer, D; Higgins, TJV; Freer, M; Dove, H; Coombe, JB. 1988. Monitoring the fate of dietary proteins in rumen fluid using gel electrophoresis. *British Journal of Nutrition* 60(2):241-247.
- Sun, XZ; Waghorn, GC. 2012. Improving in sacco incubation technique to evaluate fresh forage for selecting fast-degrading perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Grass and Forage Science* 67(3):437-445.
- Valderrama L, X; Anrique G, R. 2011. *In situ* rumen degradation kinetics of high-Protein forages crops in temperate climates. *Chilean journal of agricultural research* 71(4):572-577.
- Vaz Martins, D; Messa, A. 2007. Las bajas ganancias otoñales en bovinos, un fenómeno multicasual. *Revista INIA* (10):2-5.
- Vieira, RAM. 1995. Modelos matemáticos para estimativa de parâmetros da cinética da degradação do capim elefante cultivar Mineiro (*Pennisetum purpureum*, Schum.) em diferentes idades de corte. 1995 88 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, MG-UFV.
- Viera, FC; Nahas, E. 2005. Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures. *Microbiological Research* 160(2):197-202.