

## **Estudio comparativo de la degradabilidad fermentativa del N y de la digestibilidad intestinal del N no degradable de gramíneas forrajeras templadas y tropicales**

### **Comparative study of the fermentative degradability of N and intestinal digestibility of no degradable N of temperate and tropical grazed grasses.**

Marichal\*, M. de J., Carriquiry, M.y.Trujillo, A.I

Departamento de Producción Animal y Pasturas, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay, marichal@fagro.edu.uy

#### **Resumen**

Se estimó y comparó la degradabilidad efectiva (DE) y la cinética de la degradación del N así como la digestibilidad intestinal de la proteína no degradable en el rumen (DIPNR) de gramíneas forrajeras templadas (C3) y tropicales (C4). Se evaluaron tres gramíneas templadas (ryegrass, avena y trigo) y dos gramíneas tropicales (maíz y sorgo). La DE y la cinética de la degradación se estimaron a partir de la técnica "in sacco", y la técnica de la bolsa móvil para estimar la DIPNR. Se usaron tres vacas Holando, con cánulas ruminales y duodenales, en un diseño completamente aleatorizado usando un modelo mixto donde tipo de planta (C3, C4) y especie anidada en tipo de planta, fueron considerados efectos fijos, y el corte efecto aleatorio. Los resultados fueron considerados diferentes cuando  $P < 0.05$ . La PC (% , BS) de las C3 (18%) y las C4 (15%) fue similar ( $P = 0.57$ ). No se detectaron diferencias ( $P = 0.27$ ) en DE entre C3 y C4, presentando las C3 menor ( $P < 0.029$ ) fracción soluble, mayor ( $P < 0.002$ ) fracción potencialmente degradable y similar ( $P = 0.22$ ) tasa de degradación (kd) que las C4. En las C4 se observó un tiempo de demora en el inicio de la degradación. Las pasturas C3 presentaron mayor ( $P < 0.03$ ) DIPNR que las C4. En ninguna de las variables evaluadas se detectaron diferencias ( $P > 0.20$ ) entre especies dentro de cada tipo de plantas. Los resultados sugieren que las gramíneas C3 y C4 evaluadas aportarían proporciones similares de proteína degradable en el rumen pero con diferente partición de ese N. El aporte de proteína no degradable digestible de ambos tipos de gramíneas sería escaso

**Palabras clave:** gramíneas, proteína, degradabilidad, digestibilidad intestinal.

#### **Abstract**

Objective of this study was to estimate and to evaluate differences in effective ruminal degradability (ERD) and ruminal disappearance kinetics of N, as well as intestinal digestibility of rumen undegradable protein (IDRUP) between temperate (C3) and tropical (C4) grasses were evaluated. The temperate and tropical grasses studied were, respectively, ryegrass, oat and wheat, and corn and sorghum. Rumen degradation of N was studied using the nylon bag technique, and IDRUP was estimated by the mobile bag technique. Three Holstein cows, with ruminal and duodenal cannulas, were used in a complete randomized design using a mixed model where type of planta (C3, C4), and specie nested in type of plant were considered fixed effects, and harvesting date as random effect. Results were considered different when  $P < 0.05$ . The CP (% ,DM) in C3 (18%) and C4 (15%) grasses was similar ( $P = 0.57$ ). No differences ( $P = 0.27$ ) in ERD were detected between C3 and C4, although C3's were lower ( $P < 0.029$ ) in soluble fraction, higher ( $P < 0.002$ ) in potentially degradable fraction, and similar ( $P = 0.22$ ) in N digestion rates (kd) than C4's grasses. In C4 a lag time was detected. The IDRUP was higher ( $P < 0.03$ ) in C3 than in C4. No differences ( $P > 0.20$ ) among species within each type of plants were observed in ERD, ruminal disappearance kinetics of N or IDRUP. Results suggest that C3 and C4 grasses evaluated would provide similar proportions of rumen degradable N although N fractionation in rumen would be different. Provision of undegradable digestible protein by these pastures would be scarce.

**Key words:** grasses, protein, degradability, intestinal digestibility.

#### **Introducción**

En los sistemas de producción pastoriles, los forrajes constituyen la principal – o única - fuente de nutrientes para los animales, siendo las gramíneas uno de los recursos forrajeros más difundidos. A pesar de esto, es escasa la información disponible en referencia al aporte de proteína cruda fermentable en el retículo rumen y al aprovechamiento post-ruminal de los compuestos nitrogenados no fermentados de las gramíneas cultivadas para pastoreo. Esta información es necesaria para la formulación o evaluación de las dietas de los

rumiantes cuando se desea emplear para ello los sistemas de expresión de requerimientos y caracterización de alimentos de uso común hoy en día (AFRC, 1993; NRC, 2000).

La degradabilidad fermentativa a nivel del rumen-retículo de los forrajes se encuentra estrechamente influenciada por las características estructurales de la planta, y entre éstas, con la proporción y tipos de componentes que conforman la pared celular. Existiendo diferencias muy contrastantes entre las gramíneas de clima templado (C3) y las de clima tropical (C4), aún cuando ambas sean cultivadas en las mismas condiciones ambientales. Estas diferencias son resultado de sus distintos tipos de metabolismo fotosintético; así, si bien la división de la actividad fisiológica entre el mesófilo y la vaina parenquimática en las gramíneas C4 es beneficiosa para la fijación del CO<sub>2</sub> y su adaptación ambiental, esa organización anatómica resulta, en general, en un menor valor nutritivo de estas especies con respecto a las C3. En general, las láminas de las gramíneas C4 tienen menor proporción de mesófilo con una concentración de proteína menor, y mayores proporciones de vaina parenquimática y tejido vascular, que las C3. La diferencia en el contenido de mesófilo, prácticamente 100% digestible, y la digestión más lenta de las células de la vaina parenquimática con respecto a la digestión de las células adyacentes del mesófilo, pueden resultar en diferencias en la proporción y características de los compuestos fermentables en el rumen y/o mayores dificultades de acceso a los mismos entre las especies C3 y C4 (Nelson et al, 1994). Fueron objetivos de este trabajo estimar y comparar la degradabilidad efectiva de la proteína, la cinética de la degradación fermentativa de esa proteína y la digestibilidad intestinal de la proteína no degradable de gramíneas templadas y tropicales cultivadas para pastoreo.

### Materiales y Métodos

Se evaluó el forraje de tres gramíneas templadas (C3) (*Lolium multiflorum*, va. E284 (raigrás), *Avena sativa*, va. 1095A (avena) y *Triticum aestivum* cv. Buck Charrúa (trigo)) y dos gramíneas tropicales (*Zea mays* va. Cangüe (maíz) y *Sorghum vulgare*, cv. SX 121 (sorgo)) cosechadas en parcelas experimentales ubicadas a 34.5°S, 56°W de latitud sur. Las pasturas se secaron a 60°C (48h) y se molieron a 2 mm. La degradabilidad y la cinética de la degradación fermentativa en el rumen se estimó por la técnica "in sacco" (Orskov and McDonald, 1979) (0, 2, 4, 8, 12, 24, 48, 72 h; dos períodos consecutivos) y el aprovechamiento posruminal de la proteína cruda no fermentada en el rumen se estimó digestibilidad intestinal por la técnica de la bolsa móvil (Peyraud et al., 1988). (10 repeticiones por pastura, 1.5 g/bolsa, 16 h en el rumen, 2.5 h en una solución ácida - pH 2 - de pepsina y ácido clorhídrico 0.01 N, 24h de permanencia máxima en el intestino delgado). En las dos pruebas (estimación de la cinética ruminal y estimación de la digestibilidad intestinal) se emplearon tres vacas Holando secas no gestantes, con fístulas ruminal e intestinal, que fueron alimentadas con heno de alfalfa (10 kg de MS/ animal/día, 8 y 17 h) de buena calidad (17 % PC, 42 %FDN) disponiendo de agua y sales minerales a voluntad. En las muestras de pasturas se determinó MS (105 °C) y N total acuerdo a AOAC (1990), y fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), así como lignina por solubilización con ácido sulfúrico (LDA) según Van Soest et al. (1991). Los resultados analíticos de FDN y FDA se corrigieron por las cenizas residuales. Adicionalmente, se cuantificó nitrógeno no proteico (NNP), proteína soluble (PS), N insoluble en detergente ácido (NIDN) y N insoluble en detergente ácido (NIDA) de acuerdo a Licitra et al (1996). En los residuos de las bolsas incubadas en el rumen y en el intestino se cuantificó N total. Los parámetros de la cinética de la degradación (fracción soluble, fracción potencialmente degradable y tasa de degradación) se calcularon con el procedimiento NLIN por el método Marquardt (SAS, 2001), usando el modelo  $D = a + b (1 - e^{-kd(t-L)})$  según Dhanoa (1988). La degradabilidad efectiva (DE) se estimó como  $a + (b.kd/kd+kp) * e^{-kp t}$ , siendo a= fracción soluble (FS) de la PC fermentable, b= fracción potencialmente degradable (FPD) de la PC fermentable, kd= tasa de degradación de FPD, t= tiempo, L = tiempo (horas) de demora en el inicio de la digestión (h) y kp = tasa de pasaje (6 %/h). Las características de composición química, de la cinética de la degradación, la degradabilidad efectiva y la digestibilidad intestinal se analizaron usando un modelo mixto (PROC MIXED; SAS, 2001) donde tipo de planta (C3, C4) y especie anidada en tipo de planta, fueron considerados efectos fijos, y el corte fue considerado como efecto aleatorio. Los resultados fueron considerados diferentes cuando  $P < 0.05$ .

### Resultados y Discusión

Las gramíneas templadas y las gramíneas tropicales presentaron contenidos de PC (18 y 15%, respectivamente) similares ( $P = 0.57$ ). No se detectaron diferencias ( $P = 0.27$ ) en degradabilidad efectiva entre ambos tipo de gramíneas (Cuadro 1), siendo distinta ( $P < 0.05$ ) la partición del N degradable en rumen (menor fracción soluble y mayor fracción potencialmente degradable en las C3 que en las C4). Estas diferencias podrían haber resultado de las relaciones NNP/PS observadas en las C3 (48%) y en las C4 (73%).

La tasa de degradación de la FPD fue similar ( $P = 0.22$ ) en los dos tipos de gramíneas, observándose bajos valores de kd, particularmente en el sorgo (2.9 %/h). En las C4, en contraposición a las C3, se observó un tiempo de demora en el inicio de la degradación (L), este comportamiento distinto podría responder a diferencias en accesibilidad al N, pues los contenidos y las características de la pared celular (FDN: 50 vs 63%, FDA: 23 vs 37%, LDA: 1.8 vs 4.3% en C3 y C4, respectivamente) difirieron ( $P < 0.05$ ) entre ambos tipos de plantas. En ninguna de las variables de la cinética de la degradación evaluadas (DE, FS, FPD, L, kd) se detectaron diferencias ( $P > 0.20$ ) entre las especies dentro de cada tipo de metabolismo (C3, C4). Si bien la proporción de proteína no degradable en rumen (100 - DE) fue similar en ambos tipos de forrajes (26 y 30%, para C3 y C4, respectivamente), la composición del N de sobrepaso pudo ser distinta, pues se detectó menor ( $P < 0.01$ ) proporción de NIDA en la PC de las C3 (8%) que en la PC de las C4 (16%). Esto explicaría las diferencias ( $P < 0.03$ ) en digestibilidad intestinal (DI) entre las C3 y las C4. En cada tipo de metabolismo no se detectaron diferencias ( $P > 0.41$ ) entre las especies evaluadas, en la DI de los compuestos nitrogenados no degradados en el rumen; representando la proteína no degradable en rumen digestible 20, 15, 19, 13 y 11% de la PC de los forrajes de avena, raigrás, trigo, maíz y sorgo, respectivamente. Los resultados de degradabilidad efectiva, cinética de la degradación y digestibilidad intestinal del N de los forrajes evaluados, se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Degradabilidad efectiva, parámetros de la cinética de la degradación de la proteína fermentable y digestibilidad intestinal de la fracción del N no fermentable de gramíneas templadas (C3) y tropicales (C4)

	Tipos de planta				Gramíneas C3 <sup>1</sup>			Gramíneas C4 <sup>1</sup>			
	C3 <sup>1</sup>	C4 <sup>1</sup>	ES	Pr>F	Avena	Ryegrass	Trigo	Maíz	Sorgo	ES	Pr>F
No. de muestras	5	3			2	2	1	2	1		
DE, % <sup>2</sup>	74	70	2	0.273	72	76	73	74	67	3	0.364
FS, % <sup>4</sup>	48 <sup>b</sup>	61 <sup>a</sup>	2	0.029	48	48	47	61	61	4	0.995
FPD, % <sup>4</sup>	45 <sup>a</sup>	31 <sup>b</sup>	3	0.002	38	47	50	30	31	4	0.202
Kd %/h <sup>4</sup>	9.6	4.6	2	0.226	11.4	10.9	6.5	6.3	2.9	3	0.621
L, h <sup>4</sup>	0 <sup>b</sup>	17 <sup>a</sup>	3	0.005	0	0	0	15	20	6	0.932
DI, % <sup>5</sup>	68 <sup>a</sup>	41 <sup>b</sup>	4	0.03	63	53	64	41	25	8	0.41

a, b : Letras distintas en la misma fila indican diferencias ( $P < 0.05$ )

ES = error estándar;  $P > F$  del efecto tipo de planta (C3 vs C4), o ES y  $P > F$  del efecto especie anidado en tipo de planta

<sup>1</sup> C3 = gramíneas templadas; C4 = gramíneas tropicales

<sup>2</sup> DE (Degradabilidad efectiva) = FS + FDP x (kd/(kd + kp)); kp = tasa de pasaje, 0.06%/h

<sup>4</sup> FS = fracción soluble de la PC fermentable en rumen, FPD = fracción potencialmente degradable de la PC fermentable en el rumen, kd = tasa de degradación de FPD y L = tiempo (horas) de demora en el inicio de la digestión (estimado con el modelo  $D = a + b(1 - e^{-kd(t-L)})$ ) (Dhanao, 1988)

<sup>5</sup> DI = Digestibilidad intestinal de la PC alimentaria no fermentable en el rumen

### Conclusiones

Las gramíneas C3 y C4 evaluadas aportarían proporciones similares de proteína degradable en el rumen pero con diferente partición de ese N. El aporte de proteína no degradable digestible de ambos tipos de gramíneas sería escaso.

### Literatura Citada

- Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis, 13th Ed. AOAC, Washington, D.C.
- AFRC. 1993. Energy and Protein Requirements of Ruminants. An advisory manual prepared by the AFRC Technical Committee on Responses to Nutrients. CAB International, Wallingford, and UK.
- Dhanao, M.S. 1988. On the analysis of dacron bag data for low degradability feeds. Grass and Forage Sci. 43: 441- 443.
- Licitra, G.T., M. Hernández and P.J. Van Soest. 1996. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminants feeds. Anim. Feed Sci. Tech. 57: 347-358.
- National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 7th ed. National Academy Press,

Washington. D.C.

- Nelson, C.J. and L.E.Moser. 1994. Plant factors affecting forage quality. p. 115-154. In: Forage Quality, Evaluation and Utilization. G.C. Fahey ed. Amer. Soc. Agronomy, Inc., Madison WI.
- Orskov, R.E. and I. McDonald. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92 (2): 499-503.
- Peyraud, J.L., C. Genest-Rulquin et R. Verité. 1988. Mesure de la digestion de l'azote des aliments dans l'intestin des ruminants par la technique des sachets mobiles. 1. Evaluation de la quantité de matières azotées indigestibles en sachet des principaux aliments. *Reprod. Nutr. Dévelop.* (27): 129-130 (Suppl. 1).
- Van Soest, P.J., J.B.Roberston and B.A.Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74: 3583-3597.