

## **Efecto del uso de concentrados con carbohidratos de diferente degradabilidad ruminal sobre el balance de Nitrógeno en vacas lecheras bajo pastoreo de alfalfa**

### **Effect of use of concentrates with carbohydrates of different ruminal degradability on nitrogen balance of dairy cows grazing alfalfa**

**Zegarra, J<sup>1\*</sup>; Díaz, G<sup>1\*</sup>; Vélez, V<sup>1\*</sup>; Torres, J\***

<sup>1</sup> Escuela de Postgrado, Universidad Católica de Santa María, Arequipa, Perú [jzegarra@ucsm.edu.pe](mailto:jzegarra@ucsm.edu.pe)

\* Subproyecto de Investigación y Extensión Agrícola PIEA INCAGRO-UCSM-RN 1400402,

[pieaucsm@ucsm.edu.pe](mailto:pieaucsm@ucsm.edu.pe)

#### **RESUMEN**

Se evaluó el efecto del uso de tres concentrados elaborados en base a carbohidratos de diferentes tasas de degradabilidad ruminal sobre el balance de N en vacas lecheras bajo pastoreo de alfalfa. 15 vacas Holstein Friesian multíparas bajo pastoreo, con  $92 \pm 37$  días de lactancia fueron empleadas. Se prepararon 03 concentrados formulados usando fuentes de carbohidratos para proveer diferentes tasas de degradabilidad en el rúmen. Los tratamientos fueron diseñados de la siguiente manera: Concentrado en base a maíz molido (BM), en base a subproducto de trigo (BSPT) y en base a melaza (BMe). Los suplementos contenían aproximadamente 14% de PC y 1.7 Mcal EN<sub>L</sub>/Kg de materia seca (MS). No hubo diferencias en cuanto al N excretado en heces para los diferentes tratamientos ( $p > 0.05$ ). Se encontró un nivel significativamente menor de N urinario para tratamiento BM con respecto al tratamiento BSPT ( $p < 0.05$ ) aunque similar al tratamiento BMe, sugiriendo un mejor desempeño de los carbohidratos de lenta degradación del maíz con respecto a la captura del N excedente a nivel ruminal. No hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos para la cantidad de N secretado en leche ( $p > 0.05$ ). Se encontró una mayor eficiencia de utilización del N para el tratamiento BM (23.8 %) con respecto al BSPT (23.0 %) y BMe (20.0 %). En base a estos resultados se recomienda la utilización de concentrados en base a maíz molido como suplemento para vacas lecheras en lactación bajo pastoreo de alfalfa, con el objetivo de reducir la contaminación con N en este sistema de alimentación.

**Palabras clave:** vacas lecheras, metabolismo nitrogenado, alfalfa, concentrados energéticos

#### **Introducción**

Los sistemas de producción de leche de vacunos en la Cuenca Lechera de Sur (CLS), (Arequipa, Moquegua y Tacna) se basan en el pastoreo intensivo de alfalfa con la adición de pequeñas cantidades de suplementación, principalmente a base de concentrados, asimismo, ésta Cuenca se caracteriza por el predominio de la raza Holstein Friesian (Valenza, 1991; Bernal 1993; Pimentel 1994). Estos sistemas de producción sí bien representan ventajas económicas, por su bajo costo, nutricionalmente ocasionan un desbalance en el aporte de proteína y energía de la dieta, lo cual originaría una menor producción de leche, disfunciones reproductivas, meteorismo y altos niveles de excreción de nitrógeno hacia el medio ambiente.

El desbalance nutricional proteína-energía afecta la eficiencia en el uso del nitrógeno (N) o proteína por parte de los rumiantes, especialmente en aquellos que utilizan pasturas frescas de clima templado como la base de su alimentación, más aún si estas pasturas tienen una alta proporción de leguminosas (Poppi y Mc Lennan, 1995). Cabe mencionar que los nutrientes en exceso a los requeridos por el animal serán excretados por heces y orina contaminando tanto el suelo como las aguas superficiales y subterráneas, además de emanar amoníaco (NH<sub>3</sub>) y óxido nítrico (N<sub>2</sub>O), gases con potenciales efectos de "invernadero" en la atmósfera influyendo sobre el calentamiento global de la tierra y degradando la capa de ozono (Russelle, 1996).

La eficiencia con la cual el N dietario es utilizado por vacas lecheras es generalmente baja y, en parte, puede estar relacionada a una inadecuada utilización de N en el rumen. El principal determinante para la

síntesis de proteína microbial es la disponibilidad de sustratos productores de energía (Dijkstra et al., 1998). En teoría, los concentrados ricos en energía que contienen diversos carbohidratos, con diferentes tasas de degradación en el rúmen, deberían ser más eficientes que los concentrados simples, en la captura del N degradado en el rumen en forrajes de alta calidad (Van Soest et al., 1991).

La excreción de N en heces y orina representan una alta proporción del N consumido, pudiendo alcanzar más del 70 % del consumo diario de N (Tamminga y Verstegen, 1996). La contaminación ambiental con N, en la forma de amoníaco (Jarvis, 1994) y nitratos es considerado un problema de importancia a nivel mundial (Smith y Frost, 2000) por lo que el uso de diferentes estrategias nutricionales debería ser la forma para incrementar la eficiencia de utilización del N y disminuir la polución ambiental por parte de las explotaciones lecheras (Tamminga, 1992).

Considerando que el sistema actual de manejo nutricional de la Irrigación Majes presenta un desbalance en el aporte de proteína y energía en el rumen que a su vez origina una utilización ineficiente de la proteína, es probable que la suplementación de diversos tipos de concentrados, con carbohidratos de diferente degradabilidad, corrija este desbalance, mejore el uso de la proteína y por lo tanto reduzca las excreciones de nitrógeno al medio ambiente. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación de tres tipos de concentrados, con carbohidratos de diferente degradabilidad ruminal, sobre la eficiencia de utilización del N durante la primera etapa de lactación de vacas lecheras bajo pastoreo de alfalfa en la Irrigación Majes, Arequipa

## Materiales y Métodos

### Animales y Dietas

La presente investigación se llevó a cabo en la Irrigación Majes-Arequipa. De un total de 31 vacas Holstein se seleccionaron 15 vacas multíparas ( $97 \pm 37$  días en lactancia).

La ración diaria estuvo compuesta por pastoreo de alfalfa, ensilaje de maíz y concentrado; El consumo de la alfalfa (kg/MS/v/d) se estimó durante tres días mediante metodología propuesta por Meijs et al. (1982), el cual considera que el consumo diario de materia verde representa la diferencia entre la pastura ofrecida y la rechazada. El ensilaje de maíz fue administrado durante el ordeño de la mañana y la tarde, y posterior al ordeño de la tarde,

Los tres concentrados fueron formulados usando diferentes fuentes de carbohidratos para proveer diferentes tasas de degradabilidad de carbohidratos en el rúmen (Tabla 1). Los tratamientos fueron diseñados de la siguiente manera: Concentrado en base a maíz molido (BM), en base a subproducto de trigo (BSPT) y en base a melaza (BMe). Los suplementos fueron formulados para contener aproximadamente 14% de PC y 1.7 Mcal EN<sub>L</sub>/Kg de materia seca (MS).

**Tabla 1. Composición porcentual y valor nutritivo de los concentrados**

Ingrediente	Tratamiento		
	BM	BSPT	BMe
Maíz molido	52,43	20,31	34,20
Subproducto trigo	25,39	49,11	14,15
Melaza de caña	0,49	5,66	23,51
Harinilla de trigo		12,04	
Pepa de algodón segunda	1,07	9,93	15,46
Polvillo de arroz	12,03		
Sal común	1,16	1,18	1,02
Carbonato de calcio	1,10	0,95	
Fosfato dicalcico	0,75	0,81	1,44
Harina de pescado segunda	5,57		7,83
Torta de soya, 44%			2,38

Total	100,00	100,00	100,00
-------	--------	--------	--------

La cantidad de concentrado suministrado diariamente fue de 6 Kg. por vaca, siendo repartida igualmente en los ordeños de la mañana y tarde (3 kg por ordeño). El consumo promedio de concentrado se calculó considerando la diferencia entre lo ofrecido y el residuo de alimento en el comedero.

El experimento se realizó en un diseño completo al azar (DCA) de cinco vacas por tratamiento, con una duración de 6 semanas. Las primeras 5 semanas fueron usadas para la adaptación al alimento. Durante los tres últimos días (muestreo y balance de N), se tomaron muestras diarias de heces de tres vacas por tratamiento, asimismo, se determinó el consumo y el residuo del alimento, y la producción de leche mediante una balanza electrónica. Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día a las 0530 y 1630 horas. Se registraron las producciones de leche de cada vaca de cada tratamiento. Los tres días de la evaluación se tomaron muestras de cada ordeño que fueron juntadas en un solo frasco por vaca por día. Las muestras de heces de cada vaca fueron inmediatamente refrigeradas a  $-20^{\circ}\text{C}$  y luego juntadas en una sola muestra para análisis. Las muestras de heces fueron secadas y almacenadas para su posterior análisis de nitrógeno.

La cantidad de nitrógeno en heces fue calculado de la indigestibilidad de la dieta consumida y el contenido de nitrógeno fecal. La excreción diaria de nitrógeno urinario (NU) fue calculado usando la relación entre nitrógeno ureico en leche (NUL) y peso vivo (PV), desarrollada por Kauffman y St. Pierre (2001) de manera que  $\text{NU (g/d)} = 0.0259 \times \text{PV (kg)} \times \text{NUL (mg/dl)}$ . La concentración de NUL se estimó mediante la concentración de NUS, según lo propuesto por Broderick y Clayton (1997), donde  $\text{NUL (mg/dl)} = (\text{NUS} \times 0.62) + 4.75$ . Para la determinación de NUS se tomaron muestras de sangre de cada vaca mediante la técnica de venopunción de la arteria/vena coccígea con tubo al vacío de 7 ml, aproximadamente de 4 a 5 horas post inicio de la alimentación de pastoreo, las cuales fueron centrifugadas (3000 a 3500 r.p.m.) y el suero obtenido se utilizó para determinar NUS.

### Análisis químicos

Las muestras de heces, concentrado, alfalfa y ensilaje de maíz fueron secadas a  $60^{\circ}\text{C}$  por 96h y molidas y pasadas a través de un tamiz de 1 mm antes de los análisis. El contenido de nitrógeno estas muestras, fueron analizadas por el método de digestión en ácido y álcali de Kjeldahl, utilizando para ello un aparato de Macrokjeldahl. Cada muestra de leche fue analizada para proteína utilizando un equipo Milkoscan® FT 120 (técnica de espectroscopia del infrarrojo cercano). El contenido de NUS de los sueros fue determinado por el método de digestión enzimática con ureasa.

### Análisis estadístico

Los datos fueron analizados estadísticamente usando el procedimiento del modelo lineal general del SAS (SAS V8.0, 1999) en un diseño completamente al azar. Los promedios obtenidos fueron comparados mediante la prueba de Duncan ( $\alpha=0.05$ ).

### Composición del alimento

La composición química de la alfalfa mostró un 31.8% de PC, de MS 21.04%, mientras que el ensilaje de maíz presentó un 9.2 % de proteína cruda (PC) y 25.7 % de MS. Los tres concentrados presentaron una composición nutritiva estimada de 14.05, 14.00 y 14.19% de PC, 89.27, 89.38 y 85.67 de MS, 1.78, 1.70 y 1.78 Mcal/kg de energía neta de lactación ( $\text{EN}_L$ ), 17.12, 33.08 y 17.40% de fibra detergente neutro (FDN), y 47.72, 42.24 y 50.64 % de CNE para los concentrados BM, BSPT y BMe, respectivamente. Asimismo, al analizar la Digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), éstos presentaron valores de 68.54, 73.82 y 73.28% para los concentrados BM, BSPT y BMe, respectivamente.

### Consumo de materia seca

Los consumos de materia seca (CMS) de la alfalfa y ensilaje de maíz fueron similares para los tres tratamientos, obteniéndose consumos promedio de 6.87 y 4.54 kg/d, respectivamente. Los residuos de

concentrado conllevaron a consumos de 4.54, 5.33 y 4.97 kg de MS para los concentrados BM, BSPT y BMe, respectivamente

**Tabla 2. Ingesta y digestibilidad de MS en los tres tratamientos**

Ítem	Tratamiento		
	BM	BSPT	BMe
CMS, kg/d			
Alfalfa	6.87	6.87	6.87
Ensilaje de maíz	4.54	4.54	4.54
Concentrado	5.14	5.33	4.97
Total CMS	16.55	16.74	16.38
DIVMS, %	68.54	73.82	73.28

DIVMS: Digestibilidad *in Vitro* de la Materia Seca

## Resultados

### Producción de Leche y contenido de proteína

La producción de leche fue afectada por el tipo de concentrado, encontrándose promedios para los concentrados BM, BSPT y BMe de 24.91, 25.02 y 22.92 kg, respectivamente, siendo éste último estadísticamente menor ( $p=0.046$ ) a los dos anteriores. Por otro lado, las concentraciones de proteína, lactosa y sólidos totales de la leche no difirieron significativamente, mientras que la grasa si fue afectada. Sin embargo las concentraciones de proteína fueron más altas con el concentrado BM respecto al BMe, donde éstos dos fueron similares estadísticamente al del SPT ( $p= 0.09$ ), promediando 2.92, 2.84 y 2.65% para los tratamientos BM, BSPT y BMe, respectivamente. Las producciones de proteína de la leche si fueron significativamente diferentes ( $p= 0.02$ )

**Tabla 3. Producción de leche y composición en vacas alimentadas con diferentes tipos de concentrado**

Indicador	Tratamiento		
	BM	BSPT	BMe
Producción de leche, kg/d	24.91 <sup>a</sup>	25.02 <sup>a</sup>	22.92 <sup>b</sup>
Composición de la leche, g/kg			
Grasa	30.6 <sup>b</sup>	32.6 <sup>a</sup>	30.6 <sup>b</sup>
Proteína	29.2 <sup>a</sup>	28.4 <sup>ab</sup>	26.5 <sup>b</sup>
Lactosa	44.5	44.3	44.6
Sólidos Totales	113.5	116.4	112.1
Producción de componentes, kg/d			
Grasa	0.76	0.82	0.70
Proteína	0.73 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	0.60 <sup>b</sup>
Lactosa	1.11	1.11	1.02
Sólidos Totales	2.83	2.91	2.57

Promedios con letras semejantes (fila) son estadísticamente similares (Duncan,  $\leq 0.05$ )

### Balance de Nitrógeno

Los datos del balance de nitrógeno se presentan en la Tabla 4 como el total de nitrógeno excretado, así como la proporción del total de N ingerido. En relación al consumo de N, se encontró diferencias significativas ( $p=0.03$ ), donde el tratamiento SPT tuvo el mayor consumo. No hubo diferencias significativas en el total de N excretado como heces, orina y secretado como leche ( $p<0.05$ ). Las proporciones de N excretado en heces, orina o secretados en leche y el balance de N en relación al total de N ingerido no fueron afectados por los tratamientos ( $p>0.05$ ).

**Tabla 4. Balance de nitrógeno en vacas alimentadas con diferentes tipos de concentrado**

Ítem	Tratamiento		
	BM	BSPT	BMe
N ingerido, g/d	479.6 <sup>ab</sup>	483.4 <sup>a</sup>	476.8 <sup>b</sup>
N excretado, g/d			
Heces	97.5 <sup>a</sup>	89.8 <sup>a</sup>	93.4 <sup>a</sup>
Orina	154.4 <sup>a</sup>	183.3 <sup>b</sup>	155.2 <sup>a</sup>
Leche	114.1 <sup>a</sup>	111.4 <sup>a</sup>	95.2
Balance	113.6 <sup>a</sup>	98.9 <sup>a</sup>	133.0 <sup>a</sup>
N excretado, g/kg N ingerido			
Heces	203	186	196
Orina	322	379	326
Leche	238	230	200
Balance	235	205	281
Eficiencia de uso, %	23.8	23.0	20.0

Promedios con letras semejantes (fila) son estadísticamente similares (Duncan,  $\alpha=0.05$ )

### Discusión

El objetivo de este estudio fue establecer diferencias en los tipos de carbohidratos de los concentrados y evaluar su efecto sobre la utilización de nitrógeno. La excreción total de Nitrógeno y la proporción de nitrógeno fecal aparente no fueron afectados por el tipo de carbohidrato en el concentrado, resultado que concuerda con Castillo et al (2001), los cuales están de acuerdo con Peyraud et al. (1995), quienes a su vez concluyen que la cantidad de N excretado en heces de vacas lecheras es relativamente constante ya que consiste principalmente de material indigestible y N metabólico fecal. Los resultados de este estudio concuerdan con los de Castillo et al (2001) con respecto al N urinario, quienes encontraron una menor cantidad de N urinario de vacas alimentadas con el carbohidrato de baja degradabilidad (BM) en comparación al concentrado alto en fibra (BSPT) que obtuvo el mayor valor ( $p < 0.05$ ). Estudios sobre sincronización de carbohidratos y proteína a nivel ruminal (Kolver et al, 1998; Stern 1994) han demostrado que es preferible un carbohidrato con almidón de baja degradabilidad, como el maíz, que proporcione una disponibilidad continua de energía, para poder captar los excesos de amonio y transformarlos en proteína microbiana, lo cual explicaría un menor nivel de N urinario en este tratamiento.

Pakrou y Dillon (1995) mencionan que en relación a la contaminación con N por vacas lecheras, es menos deseable el N urinario debido a su alta tendencia a volatilización como amonio. Al respecto Tamminga (1992) sugirió que el N en dietas para vacas lecheras no debería exceder de 30 g/kg MS por razones medioambientales en aquellas que producen 6,250 kg leche/año. Por otro lado, Tamminga y Verstegen (1996) recomendaron que el N dietario total debería encontrarse en un mínimo de 24 g N/kg MS para evitar una inadecuada digestión ruminal. En el presente estudio la ingesta de N fue en promedio 29g N/kg MS, valor mucho más alto comparado con lo encontrado por Castillo et al (2001) de 22g N/kg MS. La mejor eficiencia de uso del N se obtuvo con el tratamiento BM con casi 24 % de N ingerido transformado en N lácteo, porcentaje similar al encontrado por Kolver et al, (1998) cuando suministraron concentrados en base a maíz molido en vacas al pastoreo (24.7 y 24.1 %). Delahoy et al, (2003) concluyeron que animales en pastoreo alimentados con suplementos en base a maíz, tuvieron una mejor utilización del N en comparación a los basados en fuentes de fibra no forrajera. Castillo et al, 2001 también obtuvieron una mejor, aunque mayor, eficiencia de uso del N (29.9 %) en suplementos que

contenían maíz como fuente de almidón de baja degradabilidad en comparación a otras fuentes de carbohidratos, tal y como sucedió en nuestro estudio.

### Conclusiones

- No hubo diferencias en cuanto al N excretado en heces para los diferentes tratamientos ( $p > 0.05$ )
- Se encontró un significativamente menor nivel de N urinario para tratamiento BM con respecto al tratamiento BSPT ( $p < 0.05$ ) aunque similar al tratamiento BMe, sugiriendo un mejor desempeño de los carbohidratos de lenta degradación del maíz con respecto a la captura del N excedente a nivel ruminal.
- No hubieron diferencias estadísticas entre los tratamientos para la cantidad de N secretado en leche ( $p > 0.05$ )
- Se encontró una mayor eficiencia de utilización del N para el tratamiento BM (23.8 %) con respecto al BSPT (23.0 %) y BMe (20.0 %) concordando con resultados de la literatura para vacas lecheras en pastoreo y suplementadas con concentrados.

### Bibliografía

2. Bernal J.L 1993. Caracterización de la Ganadería Lechera del Sur I. Arequipa (El Cural, la Joya, La Cano, San Isidro, I San Camilo, Yuramayo, Santa Rita y Majes) Tesis de Ingeniero Zootecnista UNALM Lima – Perú.
3. Broderick, G. A. y M K. Clayton 1997. A Statistical Evaluation of Animal and Nutritional Factors Influencing Concentrations of Milk Urea Nitrogen. *J Dairy Sci* 80:2964–2971
4. Castillo, A.R. Kebreab E. Beever, J. H. Sutton, H.C. Kirby y J. France. 2001. The effect energy supplementation on nitrogen utilization in lactating dairy cow fed grass silage diets. *J. Anim. Sci.* 79:240-246.
5. Delahoy, J.E, L.D. Muller, F. Bargo, T.W. Cassidy y L.A. Holden 2003. Supplemental Carbohydrate Sources for Lactating Dairy Cows on Pasture. *J. Dairy Sci.* 86:906-915
6. Dijkstra, J., J. France, y D. R. Davies. 1998. Different mathematical approaches to estimating microbial protein supply in ruminants. *J. Dairy Sci.* 81:3370–3384.
7. Jarvis, S. C. 1994. The pollution potential and flows of nitrogen to waters and atmosphere from grassland under grazing. En: Ap. Dewi, R. F. E. Axford, M. Fayez, M. Marai, y H. M. Omed (ed.) *Pollution En: Livestock Production Systems.* pp 227–239. CAB International, Wallingford.
8. Kauffman, A. J. y N. R. St-Pierre. The Relationship of Milk Urea Nitrogen to Urine Nitrogen Excretion in Holstein and Jersey Cows. *J. Dairy Sci.* 84 (10): 2284.
9. Kolver E, L.D. Muller, G.A. Varga y T. J. Cassidy 1998. Synchronization of ruminal degradation of supplemental carbohydrate with pasture nitrogen in lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 81:2017-2028.
10. Meijs, J.A.C. , R. J. K. Walters, y A. Keen. 1982. Sward methods. In: J.D. Leaver ed. *Herbage intake handbook.* Hurley: British Grassland Society. 11-36.
11. Pakrou, N., y P. Dillon. 1995. Preferential flow, nitrogen transformations and <sup>15</sup>N balance under urine-affected areas of irrigated and non-irrigated clover-based pastures. *J. Contam. Hydrol.* 20:329–347.
12. Peyraud, J. L., R. Ve´rite´, y L. Delaby. 1995. Rejets azote´s chez la vache laitie´re: effets du type d'alimentation et du niveau de production des animaux. *Fourrages (Frankfort on the Main)* 142:131–144.
13. Pimentel E. 1994. Caracterización de la Ganadería Lechera del Proyecto Majes. Tesis de Ing. Zootecnista. UNALM Lima-Perú.
14. Poppi, D.P. y S.R. Mc Lennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci* 73, 278-290.
15. Ruselle, M. 1996. Nitrogen flow in intensively grazed pasture system In: information Conference with Dairy and Forage Industries U.S Dairy Forage Research Center Wisconsin USA.
16. SAS User's Guide: Statistics, Version 8. Edition. 1999. SAS Inst., Inc., Cary, NC. USA.

17. Smith, K. A., y J. P. Frost. 2000. Nitrogen excretion by farm livestock with respect to land spreading requirements and controlling nitrogen losses to ground and surface waters. Part 1: cattle and sheep. *Bioresour. Technol.* 71:173–181.
18. Stern, M. D. 1994. Dynamics of ruminal nitrogen metabolism and their impact on intestinal protein supply. En: *Proc. Cornell Nutr. Conf.* pp 105-116
19. Tamminga, S. 1992. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. *J. Dairy Sci.* 75:345–357.
20. Tamminga, S., y M. W. A. Verstegen. 1996. Implications of nutrition of animals on environmental pollution. In: P. C. Garnsworthy, W. Haresign and D. J. A. Cole (ed.) *Recent Advances in Animal Nutrition.* pp 121–134. Nottingham University Press, U.K.
21. Valenza, J.P 1991. Caracterización de la Ganadería Lechera del Sur III Arequipa (Campaña y la Subcuenca del Río Majes) y Moquegua (Prov. Gral. Sánchez Cerro) tesis de Ing. Zootecnista UNALM Lima Perú.
22. Van Soest, P. J., J. B. Robertson, y B. A. Lewis. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583–3597.