



Fernando Bargo

Eficiencia de **utilización** del **nitrógeno** en **sistemas** **lecheros pastoriles**

Fernando Bargo

Ph.D. en Ciencias
Animales
Universidad Estatal de
Pensilvania (Estados
Unidos)

M.Sc. en Producción
Animal
Universidad Nacional de
Mar del Plata (Argentina)

Ingeniero Agrónomo
Universidad de Buenos
Aires (Argentina)

Cargo actual:
Responsable Servicios
Técnicos Lucta S.A.
División Zootecnia para
Américas (Estados Unidos,
México, Colombia y Brasil)

fernando.bargo@lucta.com
Argentina

El uso de pasturas para producir leche resulta en sistemas de producción de bajo costo porque el forraje pastoreado es una fuente de nutrientes barata (Clark & Kanneganti, 1998; Peyraud & Delaby, 2001). Los sistemas de producción de leche pastoriles eficientes están caracterizados por una alta producción de leche por unidad de superficie (leche/hectárea), mientras que los sistemas de producción de leche confinados se caracterizan por altos niveles de producción por vaca (Clark & Kanneganti, 1998). Las pasturas utilizadas con vacas lecheras son comúnmente especies templadas de alta calidad y temprano estadio vegetativo con 18 a 24% de materia seca, 18 a 25% de proteína bruta, 40 a 50% de fibra detergente neutro y 1,55 a 1,70 Mcal/kg MS (megacalorías por kilogramo de materia seca) de energía neta de lactancia (Clark & Kanneganti, 1998; Muller & Fales, 1998).

Los sistemas pastoriles de producción de leche se caracterizan entonces por una alta utilización de pasturas de alta digestibilidad, bajo contenido de fibra y altos niveles de proteína. Las fracciones nitrogenadas de las praderas de alta calidad se caracterizan por contener altos niveles de nitrógeno no proteico y proteína de alta degradabilidad ruminal (Bargo, Muller, Kolver & Delahoy, 2003). Esto determina que si bien las praderas aportan mucha energía por su alta digestibilidad, la utilización del nitrógeno es baja, lo que resulta en poca retención en leche y alta excreción al medio ambiente vía orina o heces. La suplementación energética constituye una alternativa efectiva para no solo aumentar la producción de leche de vacas en pastoreo, sino también la utilización del nitrógeno (Bargo et al., 2003).

El primer nutriente limitante para la producción de leche de vacas

de alto potencial genético en pastoreo es la energía (Kolver & Muller, 1998). En comparación con vacas consumiendo una dieta total mezclada (TMR por su sigla en inglés: *Total Mix Ration*) bien balanceada, las vacas consumiendo pasturas de alta calidad sin suplementación presentaron un menor consumo total de materia seca (19,0 vs. 23,4 kilogramos diarios) y una menor producción de leche (29,6 vs. 44,1 kilogramos diarios). Mientras el consumo de proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN) no difirió entre las vacas consumiendo pastura o TMR, el consumo total de material seco y de energía neta de lactancia fue significativamente menor en las vacas en pastoreo, lo que sugiere que las vacas de alta producción en pastoreo necesitan de suplementación energética para alcanzar su potencial genético de consumo y producción.

Con el objetivo de estudiar la eficiencia de utilización del nitrógeno (N) en vacas lecheras, se realizó un ensayo con vacas lecheras de alto potencial genético de producción que consumían pasturas templadas con o sin suplementación energética (Bargo, Muller, Zelahoy & Cassidy, 2002).

En el ensayo se utilizaron 20 vacas lecheras de raza Holstein con las siguientes características:

- Peso vivo: 631 ± 71 kg
- Producción de leche inicial: $45,8 \pm 6,6$ kilogramos diarios
- Parición: $2,8 \pm 0,8$
- Días en leche: 101 ± 35

Estos animales fueron puestos en grupos según sus días en leche y asignados al azar a cuatro tratamientos en cinco cuadrados latinos de 4 x 4 con periodos de 21 días. Las vacas fueron seleccionadas del Centro de Investigación y Educación de The Pennsylvania State University (University Park, PA), que promediaron 11.436 kilogramos de leche y 363 kilogramos de proteína por lactancia. Los cuatro tratamientos dietarios fueron arreglados en un experimento factorial de 2 x 2.

Los factores evaluados fueron oferta de pastura (OP) (baja vs. alta) y suplementación energética (SE) (sin suplementación (SS) vs. con suplementación (SE)). Los cuatro tratamientos dietarios resultaron entonces de la combinación de los dos niveles de estos dos factores:

- Baja OP - sin suplementación (baja OP - SS)
- Baja OP- suplementación energética (baja OP- SE)
- Alta OP- sin suplementación (alta OP - SS)

- Alta OP- suplementación energética (alta OP- SE).

Los valores objetivo de oferta de pastura fueron 25 y 40 kilos diarios de materia seca por vaca (cortando a nivel del piso) para los tratamientos de baja y alta OP, respectivamente. La composición botánica de la pastura fue medida al final de cada uno de los cuatro periodos y promedió 50% bromegrass (*Bromus inermis*L.), 33% pasto ovillo (*Dactylis glomerata*L.), 7% Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*L.) y 10% malezas y material muerto. La pastura fue fertilizada con nitrógeno antes del inicio del primer periodo y del inicio del tercer periodo con 50 kilos de nitrógeno por hectárea. La composición nutricional de la pastura fue:

- 21,6% de materia seca (MS)
- 92,1% de materia orgánica MO
- 20,1% de proteína bruta (PB)
- 55,5% de fibra detergente neutro (FDN)
- 27,5% de fibra detergente ácido (FDA)
- 71,8% de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS).

Las vacas sin suplementación no recibieron concentrado energético pero sí una premezcla de minerales y

vitaminas a razón de 1 kilo diario para evitar deficiencias. La cantidad de suplemento energético ofrecida por vaca en el tratamiento suplementado fue de 1 kilo de concentrado por cada 4 litros de leche al comienzo del periodo 1 y 3. Se estableció un límite máximo de 10 kilos diarios de materia seca por vaca para aquellos animales que producían más de 40 kilogramos diarios de leche. La composición del suplemento energético fue:

- 62,3% grano maíz
- 10,4% afrechillo de trigo
- 7,8% grano cebada
- 5,2% soya tostada
- 5,2% melaza
- 2,6% gluten meal
- El resto minerales y vitaminas.

Durante cada uno de los 4 periodos de 21 días, los primeros 10 días fueron utilizados para adaptar a las vacas a cada uno de los diferentes tratamientos y los últimos 11 días para tomar las mediciones experimentales. El consumo de pastura, concentrado y total fue estimado entre el día 15 y 19 de cada periodo utilizando óxido crómico (Cr_2O_3) como marcador indigestible de las heces. La producción de leche fue registrada diariamente del día 11 al 21 durante cada periodo. Se colectaron muestras de leche 3 veces (días 13, 16 y 19) que fueron analizadas por

espectrofotometría infrarroja para porcentaje de grasa, proteína total y proteína verdadera (Foss 605B Milk-Scan; Foss Electric, Hillerod, Denmark).

Entre los periodos 2 y 3, cuando todas las vacas fueron alimentadas con una dieta TMR, se recolectó la orina total en 8 vacas (2 de los 5 cuadrados latinos), con el propósito de estimar la excreción diaria de creatinina como marcador interno para estimar la excreción total de orina (Valadares, Broderick, Valadares Filho & Clayton, 1999) durante los periodos de pastoreo. El volumen total de orina en los periodos de pastoreo 1, 2, 3 y 4 fue estimado usando el valor de excreción diaria de creatinina y la concentración de creatina en la muestra de orina tomada en cada periodo (Valadares et al., 1999). La orina total de cada periodo fue utilizada para estimar la excreción total de nitrógeno en orina y junto con la excreción de nitrógeno en heces y leche, se calculó la eficiencia de utilización del nitrógeno.

La suplementación energética incrementó un 5% el porcentaje de proteína total y proteína verdadera en la leche, y la producción de proteína total y proteína verdadera para ambas ofertas de pastura ($P < 0.05$; Tabla 1). El incremento en la concentración y producción de proteína en leche estuvo relacionada con un mayor consumo total de energía en

las vacas suplementadas. La proteína total en leche en las vacas sin suplementar y en las vacas suplementadas promedió 2,96 y 3,10%, respectivamente. Estudios previos en pastoreo han mostrado que la suplementación energética aumenta el contenido proteico de la leche (Petch, Bryant & Napper, 1997; Sayers, 1999; Reis & Combs, 2000). La suplementación con 5 kilos diarios de un concentrado a base de cereales incrementó la proteína total y la proteína verdadera en vacas lecheras pastoreando a una oferta de 23 kilos diarios de materia seca por vaca (Petch et al., 1997). El aumento de suplemento energético, de 5 a 10 kilos diarios, incrementó la proteína en leche del 3,37 a 3,55% en vacas pastoreando raigrás (Sayers, 1999). El porcentaje de proteína en leche aumentó en forma lineal (2,85, 2,95 y 3,05%) con 0, 5 o 10 kilos diarios de un concentrado base de grano de maíz en pasturas de alfalfa y raigrás (Reis & Combs, 2000). Delaby, Peyraud y Delagarde (2001) también reportaron incrementos lineales en la proteína de la leche al aumentar linealmente la suplementación energética de vacas lecheras pastoreando a diferentes ofertas de pastura.

La suplementación energética redujo el nitrógeno ureico en leche (MUN por su sigla en inglés) independientemente de la oferta de pastura (14,1 vs. 11,3 mg/dl; $P < 0.05$; Tabla 1). Esto

concuera con Reis y Combs (2000) quienes reportaron una reducción lineal en MUN (20,2, 16,9 y 13,4 mg/dl) para vacas suplementadas con 0, 5 o 10 kilos diarios de un concentrado base de maíz. Los menores valores de MUN en las vacas no suplementadas encontrados en nuestro estudio, en comparación a los valores reportados para vacas no suplementadas por Reis y Combs (2000), pueden estar relacionados con el hecho de que en nuestro estudio se ofreció una pastura de gramíneas vs. la pastura de alfalfa en el estudio de Reis y Combs (2000). Vacas consumiendo forraje fresco de gramíneas y leguminosas tuvieron una menor concentración de MUN (10,0 vs. 14,7 mg/dl) cuando fueron suplementadas con 10 kilos diarios de grano de maíz seco o húmedo en comparación con vacas no suplementadas (Reis, San Emeterio, Combs, Satter & Costa, 2001). La suplementación energética incrementó la proporción de proteína verdadera sobre la proteína total y redujo la proporción de nitrógeno no proteico (NNP) y MUN sobre la proteína total ($P < 0,05$; Tabla 1). Un estudio previo en el cual vacas pastorearon a una oferta de 23 kilo diarios de materia seca por vaca reportó un menor contenido de NNP y MUN en leche cuando fueron suplementadas con 5 kilos diarios de concentrado (Petch, Bryant & Napper, 1997).

Tabla 1.

Producción y composición de la leche en vacas lecheras sin suplementación (SS) o suplementadas energéticamente (SE) pastoreando a baja o alta oferta de pastura (OP).

	Baja OP		Alta OP		SEM	P <		
	SS	SE	SS	SE		S	OP	S x OP
Leche (kg/d)	19,1	29,7	22,2	29,9	0,8	<0,01	0,04	0,03
Leche CG 3,5% (kg/d)	20,3	28,4	23,3	28,9	0,9	<0,01	0,05	0,05
Grasa (%)	3,82	3,29	3,79	3,32	0,1	<0,01	0,96	0,53
Grasa (kg/d)	0,74	0,96	0,84	0,98	0	<0,01	0,08	0,01
Proteína total (%)	2,98	3,08	2,93	3,11	0	<0,01	0,71	0,27
Proteína total (kg/d)	0,55	0,89	0,64	0,9	0	<0,01	0,03	0,05
Proteína verdadera (%)	2,76	2,89	2,73	2,92	0	<0,01	0,98	0,42
Proteína verdadera (kg/d)	0,50	0,83	0,59	0,84	0	<0,01	0,03	0,05
MUN (mg/dl)	13,9	11,6	14,2	11,1	0,4	<0,01	0,74	0,49
Fracciones nitrógeno (%)								
PV / PT	92	94	93	94	0,3	0,01	0,12	0,20
NNP / PT	8	6	7	6	0,3	0,01	0,12	0,20
MUN / PT	5	4	5	4	0,1	<0,01	0,93	0,36
MUN / NNP	70	65	76	61	2,8	0,01	0,81	0,24

Baja OP – SS: baja oferta de pastura sin suplementación
 Baja OP – SE: baja oferta de pastura con suplementación energética
 Alta OP – SS: alta oferta de pastura sin suplementación
 Alta OP – SE: alta oferta de pastura con suplementación energética
 MUN: nitrógeno ureico en leche
 PV: proteína verdadera
 PT: proteína total
 NNP: nitrógeno no proteico

El consumo total de nitrógeno no fue afectado por los tratamientos (643 gramos diarios; $P > 0,05$). El consumo de nitrógeno de pastura fue numéricamente reducido en 125 gramos diarios por la suplementación energética. La excreción diaria de nitrógeno en heces fue significativamente incrementada por la suplementación energética (158 vs. 190 gramos diarios; $P < 0,05$), mientras que la excreción

diaria de nitrógeno en orina fue significativamente reducida por la suplementación energética (229 vs. 178 gramos diarios; $P < 0,05$). La suplementación con concentrados incrementó la excreción de nitrógeno en leche (97 vs. 135 gramos diarios; $P < 0,06$) porque las vacas suplementadas produjeron más leche y con un mayor contenido de proteína (Tabla 1). La partición de nitrógeno entre

heces, orina y leche se detalla en la Tabla 2. El porcentaje del nitrógeno consumido excretado en heces no fue afectado por los tratamientos y promedió 27% ($P > 0,05$). Kolver y Muller (1998) reportaron que el 24% del nitrógeno consumido fue eliminado en heces en vacas lecheras de alta producción consumiendo pasturas de gramíneas y suplementadas con 9 kilos diarios de concentrado. Mayores excreciones de nitrógeno en heces (como porcentaje del nitrógeno consumido) fueron reportadas

por Van Vuuren (1993) en vacas lecheras con dietas basadas en gramíneas suplementadas con concentrados base almidón (35%). Una interacción significativa fue encontrada entre oferta de pastura y suplementación energética para el nitrógeno excretado en orina como proporción del nitrógeno total consumido ($P < 0,05$). A baja oferta de pastura, la suplementación energética redujo el porcentaje de nitrógeno en orina del 42 a 27%. A alta oferta de pastura, la reducción de nitrógeno en orina

como proporción del nitrógeno total consumido fue del 33 al 28%. En nuestro estudio, los valores de nitrógeno en orina como proporción del nitrógeno total consumido fueron similares a aquellos reportados en vacas suplementadas consumiendo pasturas de gramíneas: 30% (Kolver & Muller, 1998). Van Vuuren (1993) encontró en vacas lecheras alimentadas con pasturas de raigrás y 6,6 kilos diarios de concentrados base almidón, que el 38% del nitrógeno total consumido fue eliminado en orina. En vacas no suplementadas, Van Vuuren (1993) encontró mayores valores (54 a 66%) que en nuestro estudio (33 a 42%). La suplementación con concentrados incrementó la proporción del nitrógeno total excretado en leche del 15,8 al 20,3% para ambas ofertas de pastura ($P < 0,05$). El nitrógeno en leche como proporción del nitrógeno total consumido fue menor a lo reportado por Kolver et al. (1998; 25%) en vacas lecheras de alta producción suplementadas con niveles similares de concentrados (9,2 kilos diarios de materia seca) pastoreando pasturas similares. Van Vuuren (1993) reportó en vacas lecheras que consumían raigrás como único alimento, que entre 16 a 23% del nitrógeno consumido fue excretado en leche. En concordancia con nuestros resultados, Carruthers y Neil (1997) reportaron un aumento de

Tabla 2.

Eficiencia de utilización del nitrógeno en vacas lecheras sin suplementación (SS) o suplementadas energéticamente (SE) pastoreando a baja o alta oferta de pastura (OP).

	Baja OP		Alta OP		SEM	P <		
	SS	SE	SS	SE		S	OP	S x OP
Consumo N (g/d)								
Suplemento	11,8	170,4	10,9	178,4	2,8	0,06	0,49	0,47
Pastura	579,3	483,8	646,9	492,4	20	0,12	0,28	0,22
Total	0,74	0,96	0,84	0,98	19	0,12	0,22	0,16
N heces (g/d)	156,9	184,3	158,7	196,6	4,6	0,05	0,18	0,17
N orina (g/h)	244,5	172,9	213,4	182,6	9,3	0,04	0,37	0,20
N leche (g/d)	92,3	131,2	100,9	138,0	4,9	0,06	0,08	0,58
Balance N (g/d)	97,4	165,8	184,8	153,6	21	0,47	0,32	0,03
Digestibilidad N (%)	73,3	71,9	75,7	70,6	0,6	0,08	0,20	0,09
Valor biológico (%)	42,2	61,9	55,8	60,6	2,5	0,18	0,16	0,01
N, % N consumido								
N heces	26,7	28,1	24,3	29,4	0,6	0,08	0,2	0,09
N orina	41,8	27,3	33,2	27,8	1,7	0,16	0,17	0,03
N leche	15,7	20,0	15,8	20,6	0,9	0,02	0,59	0,21

Baja OP - SS: baja oferta de pastura sin suplementación

Baja OP - SE: baja oferta de pastura con suplementación energética

Alta OP - SS: alta oferta de pastura sin suplementación

Alta OP - SE: alta oferta de pastura con suplementación energética

Valor Biológico = $[(N \text{ consumido} - (N \text{ heces} + N \text{ orina})) / (N \text{ consumido} - N \text{ heces})] \times 100$

nitrógeno en heces y en leche, y una reducción de este elemento en orina como proporción del nitrógeno consumido en vacas lecheras pastoreando raigrás y suplementadas con carbohidratos no solubles en comparación con vacas no suplementadas.

Referencias

- Bargo, F., Muller, L.D., Delahoy, J.E. & Cassidy, T.W. (2002). Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *Journal of Dairy Science*, 85, 1777-1792.
- Bargo, F., Muller, L.D., Kolver, E.S. & Delahoy, J.E. (2003). Invited review: production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *Journal of Dairy Science*, 86, 1-42.
- Carruthers, V.R., & Neil, P.G. (1997). Milk production and ruminal metabolites from cows offered two pasture diets supplemented with non-structural carbohydrate. *N.Z. J. Agric. Res.*, 40, 513-521.
- Clark, D.A., & Kanneganti, V.R. (1998). Grazing management systems for dairy cattle. En J.H. Cherney, & D.J.R. Cherney (eds), *Grass for dairy cattle*. Oxon, UK: CAB International.
- Delaby, L., Peyraud, J.L. & Delagarde, R. (2001). Effect of the level of concentrate supplementation, herbage allowance, and milk yield at turn-out on the performance of dairy cows in mid-lactation at grazing. *Anim. Sci.*, 73, 171-181.
- Kolver, E.S. & Muller, L.D. (1998). Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *Journal of Dairy Science*, 81, 1403-1411.
- Muller, L.D. & Fales, S.L. (1998). Supplementation of cool-season grass pastures for dairy cattle. En J.H. Cherney, & D.J.R. Cherney, (eds), *Grass for dairy cattle*. Oxon, UK: CAB International.
- Petch, S.F., Bryant, A.M. & Napper, A.R. (1997). Effects of pasture intake and grain supplementation on milk nitrogen fractions. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.*, 57, 154-156.
- Peyraud, J.L. & Delaby, L. (2001). Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. En P.C. Garnsworthy & J. Wiseman, (eds), *Recent advances in animal nutrition*. Nottingham University Press, UK.
- Reis, R.B. & Combs, D.K. (2000). Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *Journal of Dairy Science*, 83, 2888-2898.
- Reis, R.B., San Emeterio, F., Combs, D.K., Satter, L.D. & Costa, H.N. (2001). Effects of corn particle size and source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. *Journal of Dairy Science*, 84, 429-441.
- Sayers, H.J. (1999). *The effect of sward characteristics and level and type of supplement on grazing behaviour, herbage intake and performance of lactating dairy cows*. Ireland, Hillsborough: The Agricultural Research Institute of Northern.
- Valadares, R.F.D., Broderick, G.A., Valadares Filho, S.C. & Clayton, M.K. (1999). Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *Journal of Dairy Science*, 82, 2686-2696.
- Van Vuuren, A.M. (1993). *Digestion and nitrogen metabolism of grassfed dairy cows*. The Netherlands: Wageningen Univ. ■