

Eficiencia de utilización del nitrógeno en sistemas lecheros pastoriles

Fernando Bargo^{1*}

Introducción

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 y Kanneganti, 1998; Peyraud y Delaby, 2001). Los sistemas de producción de leche pastoriles eficientes están caracterizados por una alta producción de leche por unidad de superficie (leche ha⁻¹), mientras que los sistemas de producción de leche confinados se caracterizan por altos niveles de producción por vaca (Clark y 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 (PB), 40 a 50% de fibra detergente neutro (FDN) y 1.55 a 1.70 Mcal kg⁻¹ MS de energía neta de lactancia (Clark y Kanneganti, 1998; Muller y 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 (N) no proteico y proteína de alta degradabilidad ruminal (Bargo et al., 2003). Esto determina que si bien las praderas aportan mucha energía por su alta digestibilidad, la utilización del N es baja resultando 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 N (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 y Muller, 1998). En comparación con vacas consumiendo una dieta total mezclada (TMR) bien balanceada, las vacas pastoreando pasturas de alta calidad sin suplementación presentaron un menor consumo total de materia seca (19.0 vs. 23.4 kg d⁻¹, sin y con suplementación, respectivamente) y una menor producción de leche (29.6 vs. 44.1 kg d⁻¹, sin y con suplementación, respectivamente). Mientras el consumo de PB y 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, sugiriendo que las vacas de alta producción en pastoreo necesitan de suplementación

energética para alcanzar su potencial genético de consumo y producción.

Materiales y métodos

Con el objetivo de estudiar la eficiencia de utilización del N en vacas lecheras en pastoreo, se realizó un ensayo con vacas lecheras de alto potencial genético de producción que pastoreaban pasturas templadas con o sin suplementación energética (Bargo et al., 2002). Se utilizaron 20 vacas lecheras de raza Holstein [peso vivo, 631 ± 71 kg; producción de leche inicial, 45.8 ± 6.6 kg d⁻¹; parición, 2.8 ± 0.8; días en leche, 101 ± 35] que fueron bloqueadas por días en leche y asignadas al azar a 4 tratamientos en 5 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, EE.UU.), que promediaron 11 436 kg de leche y 363 kg de proteína por lactancia. Los 4 tratamientos dietéticos fueron arreglados en un experimento factorial de 2 x 2. Los factores evaluados fueron oferta de pastura (OP) (baja vs. alta) y suplementación energética [sin suplementación (SS) vs. con suplementación (SE)]. Los 4 tratamientos dietéticos resultaron entonces de la combinación de los niveles de estos 2 factores: baja OP — sin suplementación (baja OP —SS); baja OP — suplementación energética (baja OP - SE); alta OP — sin suplementación (alta OP - SS); y alta OP — suplementación energética (alta OP - SE).

Los valores objetivo de oferta de pastura fueron 25 y 40 kg MS por vaca por día (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 4 periodos y promedió 50% cebadilla (*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 N antes del inicio del primer periodo y del inicio del tercer periodo con 50 kg N ha⁻¹. La composición nutricional de la pastura fue de 21.6% MS, 92.1% materia orgánica (MO), 20.1% PB, 55.5% FDN, 27.5% fibra detergente ácido (FDA) y 71.8% de digestibilidad *in vitro* de materia seca (DIVMS). Las vacas sin suplementación no recibieron concentrado energético pero sí una premezcla de minerales y vitaminas a razón de 1 kg d⁻¹ para evitar deficiencias.

La cantidad de suplemento energético ofrecida por vaca en el tratamiento suplementado fue de 1 kg de

¹ Consultor Privado, Servicios Técnicos Lucta S.A. Correo electrónico: fernando.bargo@gmail.com

* Adaptado de la conferencia presentada al XXXVIII Congreso Anual de la Sociedad Chilena de Producción Animal (<http://www.sochipa.cl>) - Frutillar, 23 al 25 de Octubre de 2013.

concentrado cada 4 litros de leche al comienzo de los periodos 1 y 3. Se estableció un límite máximo de 10 kg de MS por vaca por día para aquellas vacas que producían más de 40 kg d⁻¹ de leche. La composición del suplemento energético fue: 62.3% grano maíz, 10.4% afrechillo de trigo, 7.8% grano cebada, 5.2% soja tostada, 5.2% melaza, 2.6% harina de gluten y 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 Cr₂O₃ 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, Dinamarca).

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 (Valladares et al., 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 creatinina en la muestra de orina tomada en cada periodo (Valladares et al., 1999). La orina total de cada periodo fue utilizada para estimar la excreción total de N en orina y junto con la excreción de N en heces y leche, se calculó la eficiencia de utilización del N.

Resultados y discusión

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 et al., 1997; Sayers, 1999; Reis y Combs, 2000). La suplementación con 5 kg d⁻¹ de un concentrado en base de cereales incrementó la proteína total y la proteína verdadera en vacas lecheras pastoreando a una oferta de 23 kg MS por vaca por día (Petch et al., 1997). El aumento de 5 a 10 kg d⁻¹ de suplemento energético, incrementó la proteína en leche

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 ¹ ----- | | ----- Alta OP ² ----- | | SEM | ----- P < ----- | | |
|--|----------------------------------|------|----------------------------------|------|------|-----------------|------|--------|
| | SS | SE | SS | SE | | S | OP | S x OP |
| Leche, kg d ⁻¹ | 19.1 | 29.7 | 22.2 | 29.9 | 0.8 | <0.01 | 0.04 | 0.03 |
| Leche CG 3.5%, kg d ⁻¹ | 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 | 0.07 | <0.01 | 0.96 | 0.53 |
| Grasa, kg d ⁻¹ | 0.74 | 0.96 | 0.84 | 0.98 | 0.04 | <0.01 | 0.08 | 0.01 |
| Proteína total, % | 2.98 | 3.08 | 2.93 | 3.11 | 0.04 | <0.01 | 0.71 | 0.27 |
| Proteína total, kg d ⁻¹ | 0.55 | 0.89 | 0.64 | 0.9 | 0.02 | <0.01 | 0.03 | 0.05 |
| Proteína verdadera, % | 2.76 | 2.89 | 2.73 | 2.92 | 0.04 | <0.01 | 0.98 | 0.42 |
| Proteína verdadera, kg d ⁻¹ | 0.50 | 0.83 | 0.59 | 0.84 | 0.02 | <0.01 | 0.03 | 0.05 |
| MUN, ³ mg dl ⁻¹ | 13.9 | 11.6 | 14.2 | 11.1 | 0.4 | <0.01 | 0.74 | 0.49 |
| Fracciones N,⁴ % | | | | | | | | |
| 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 |

¹ Baja OP – SS = baja oferta de pastura sin suplementación; Baja OP – SE = baja oferta de pastura con suplementación energética.

² Alta OP – SS = alta oferta de pastura sin suplementación; Alta OP – SE = alta oferta de pastura con suplementación energética.

³ MUN = N ureico en leche.

⁴ PV = proteína verdadera; PT = proteína total; NNP = N no proteico.

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 ó 10 kg d⁻¹ de un concentrado base grano de maíz en pasturas de alfalfa y raigrás (Reis y Combs, 2000). Delaby et al. (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 N ureico en leche (MUN) independientemente de la oferta de pastura (14.1 vs. 11.3 mg dl⁻¹; P<0.05; **Tabla 1**). Esto concuerda con Reis y Combs (2000) quienes reportaron una reducción lineal en MUN (20.2, 16.9 y 13.4 mg dl⁻¹) para vacas suplementadas con 0, 5 ó 10 kg d⁻¹ de un concentrado base 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), puede estar relacionado con el hecho de que en nuestro estudio se pastoreó 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⁻¹) cuando fueron suplementadas con 10 kg d⁻¹ de grano de maíz seco o húmedo en comparación con vacas no suplementadas (Reis et al., 2001). La suplementación energética incrementó la proporción de proteína verdadera sobre la proteína total y redujo

la proporción de N 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 kg MS por vaca por día reportó un menor contenido de NNP y MUN en leche cuando fueron suplementadas con 5 kg d⁻¹ de concentrado (Petch et al., 1997).

El consumo total de N no fue afectado por los tratamientos (643 g d⁻¹; P>0.05). El consumo de N de pastura fue numéricamente reducido en 125 g d⁻¹ por la suplementación energética. La excreción diaria de N en heces fue significativamente incrementada por la suplementación energética (158 vs. 190 g d⁻¹; P<0.05), mientras que la excreción diaria de N en orina fue significativamente reducida por la suplementación energética (229 vs. 178 g d⁻¹; P<0.05). La suplementación con concentrados incrementó la excreción de N en leche (97 vs. 135 g d⁻¹; P<0.06) porque las vacas suplementadas produjeron más leche y con un mayor contenido de proteína (**Tabla 1**).

La partición de N entre heces, orina y leche se detalla en la **Tabla 2**. El porcentaje del N consumido excretado en heces no fue afectado por los tratamientos y promedió 27% (P>0.05). Kolver y Müller (1998) reportaron 24% del N consumido en heces en vacas lecheras de alta producción consumiendo pasturas de gramíneas y suplementadas con 9 kg d⁻¹ de concentrado. Mayores excreciones de N en heces (como porcentaje del N consumido) fueron

Tabla 2. Componentes de la eficiencia de utilización del N en vacas lecheras sin suplementación (SS) o suplementadas energéticamente (SE) pastoreando a baja o alta oferta de pastura (OP).

| | ----- Baja OP ¹ ----- | | ----- Alta OP ² ----- | | SEM | ----- P < ----- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|-------|----------------------------------|-------|------|-----------------|------|--------|
| | SS | SE | SS | SE | | S | OP | S x OP |
| Consumo N, g d⁻¹ | | | | | | | | |
| 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 | 20.4 | 0.12 | 0.28 | 0.22 |
| Total | 0.74 | 0.96 | 0.84 | 0.98 | 19.4 | 0.12 | 0.22 | 0.16 |
| N heces, g d ⁻¹ | 156.9 | 184.3 | 158.7 | 196.6 | 4.6 | 0.05 | 0.18 | 0.17 |
| N orina, g d ⁻¹ | 244.5 | 172.9 | 213.4 | 182.6 | 9.3 | 0.04 | 0.37 | 0.20 |
| N leche, g d ⁻¹ | 92.3 | 131.2 | 100.9 | 138.0 | 4.9 | 0.06 | 0.08 | 0.58 |
| Balance N, g d ⁻¹ | 97.4 | 165.8 | 184.8 | 153.6 | 20.9 | 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, ³ % | 42.2 | 61.9 | 55.8 | 60.6 | 2.5 | 0.18 | 0.16 | 0.01 |
| N, % consumo | | | | | | | | |
| 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 |

¹ Baja OP – SS = baja oferta de pastura sin suplementación; Baja OP – SE = baja oferta de pastura con suplementación energética.

² Alta OP – SS = alta oferta de pastura sin suplementación; Alta OP – SE = alta oferta de pastura con suplementación energética.

³ Valor Biológico = [N consumido – (N heces + N orina)] / (N consumido – N heces) x 100.

reportadas por Van Vuuren (1993) en vacas lecheras con dietas basadas en gramíneas suplementadas con concentrados basados en almidón (35%).

Una interacción significativa fue encontrada entre oferta de pastura y suplementación energética para el N excretado en orina como proporción del N total consumido ($P < 0.05$). A baja oferta de pastura, la suplementación energética redujo el porcentaje de N en orina del 42 a 27%. A alta oferta de pastura, la reducción de N en orina como proporción del N total consumido fue del 33 al 28%. En nuestro estudio, los valores de N en orina como proporción del N total consumido (30%) fueron similares a los reportados en vacas suplementadas consumiendo pasturas de gramíneas por Kolver y Müller (1998). Van Vuuren (1993) encontró en vacas lecheras alimentadas con pasturas de raigrás y 6.6 kg d⁻¹ de concentrados base almidón, que el 38% del N total consumido fue eliminado en la orina. En vacas no suplementadas, el mismo autor también encontró mayores valores (54 a 66%) que en nuestro estudio (33 a 42%).

La suplementación con concentrados incrementó la proporción del N total en la leche del 15.8 al 20.3% para ambas ofertas de pastura ($P < 0.05$). El N en leche como proporción del N total consumido fue menor al 25% reportado por Kolver y Müller (1998) en vacas lecheras de alta producción suplementadas con niveles similares de concentrados (9.2 kg MS d⁻¹) pastoreando pasturas similares. Van Vuuren (1993) reportó en vacas lecheras consumiendo raigrás como único alimento que entre 16 a 23% del N consumido fue excretado en leche. En concordancia con nuestros resultados, Carruthers y Neil (1997) reportaron un aumento en N en heces y N en leche, y una reducción de N en orina como proporción del N consumido en vacas lecheras pastoreando raigrás y suplementadas con carbohidratos no solubles en comparación con vacas no suplementadas.

Conclusión

La suplementación energética en vacas lecheras pastoreando pasturas templadas de alta calidad no solo aumenta la producción de leche y su contenido proteico, sino también que resulta en significativos incrementos en la eficiencia de utilización del N consumido, reduciendo la excreción de N en orina y aumentando la retención de N en leche.

Bibliografía

- Bargo, F., L.D. Muller, J.E. Delahoy, y T.W. Cassidy. 2002. Milk response to concentrate supplementation of high producing dairy cows grazing at two pasture allowances. *J. Dairy Sci.* 85:1777-1792.
- Bargo, F., L.D. Muller, E.S. Kolver, y J.E. Delahoy. 2003. Invited review: Production and digestion of supplemented dairy cows on pasture. *J. Dairy Sci.* 86:1-42.
- Carruthers, V.R., y P.G. Neil. 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., y V.R. Kanneganti. 1998. Grazing management systems for dairy cattle. Page 331 in *Grass for Dairy Cattle*. J. H. Cherney, and D. J. R. Cherney, eds. CAB International, Oxon, UK.
- Delaby, L., J.L. Peyraud, y R. Delagarde. 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., y L.D. Muller. 1998. Performance and nutrient intake of high producing Holstein cows consuming pasture or a total mixed ration. *J. Dairy Sci.* 81:1403-1411.
- Muller, L.D., y S.L. Fales. 1998. Supplementation of cool-season grass pastures for dairy cattle. Page 335 in *Grass for Dairy Cattle*. J. H. Cherney y D. J. R. Cherney, eds. CAB International, Oxon, UK.
- Petch, S.F., A.M. Bryant, y A.R. Napper. 1997. Effects of pasture intake and grain supplementation on milk nitrogen fractions. *Proc. N.Z. Soc. Anim. Prod.* 57:154-156.
- Peyraud, J.L., y L. Delaby. 2001. Ideal concentrate feeds for grazing dairy cows responses to supplementation in interaction with grazing management and grass quality. Page 203 in *Recent Advances in Animal Nutrition*. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, eds. Nottingham University Press, UK.
- Reis, R.B., y D.K. Combs. 2000. Effects of increasing levels of grain supplementation on rumen environment and lactation performance of dairy cows grazing grass-legume pasture. *J. Dairy Sci.* 83:2888-2898.
- Reis, R.B., F. San Emeterio, D.K. Combs, L.D. Satter, y H.N. Costa. 2001. Effects of corn particle size y source on performance of lactating cows fed direct-cut grass-legume forage. *J. Dairy Sci.* 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. Ph.D. Diss. Queen's Univ. Belfast. The Agricultural Research Institute of Northern Ireland, Hillsborough.
- Valladares, R.F.D., G.A. Broderick, S.C. Valadares Filho, y M.K. Clayton. 1999. Effect of replacing alfalfa silage with high moisture corn on ruminal protein synthesis estimated from excretion of total purine derivatives. *J. Dairy Sci.* 82:2686-2696.
- Van Vuuren, A.M. 1993. Digestion and nitrogen metabolism of grassfed dairy cows. Ph.D. Diss. Wageningen Univ., The Netherlands. ❖