



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences



Balance de nitrógeno en una finca productora de leche caprina en el cantón de Barva, Costa Rica

Nitrogen balance in a goat farm producing milk in the canton of Barva , Costa Rica

José P. Jiménez^a, Olger Levan^b y María I. Camacho

^a Ingeniero agrónomo zootecnista, académico e investigador de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Costa Rica, jose.jimenez.castro@una.cr. ^b estudiante de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Costa Rica, olgerlevanlobo@hotmail.com. ^c Profesora, investigadora y coordinadora del Proyecto Producción Sostenible de Rumiantes Menores de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional, Costa Rica, mcamacho517@yahoo.es.

Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN, Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Sergio Molina, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas



Balance de nitrógeno en una finca productora de leche caprina en el cantón de Barva, Costa Rica

José P. Jiménez, Olger Leván y María I. Camacho

J. Jiménez, ingeniero agrónomo zootecnista, es académico e investigador en la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional (jose.jimenez.castro@una.cr).

O. Leván es estudiante de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional (olgerlevanlobo@hotmail.com).

M. I. Camacho es profesora, investigadora y coordinadora del Proyecto Producción Sostenible de Rumiantes Menores de la Escuela de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional (mcamacho517@yahoo.es).

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue cuantificar el aprovechamiento de nitrógeno en una finca de producción de leche caprina. La investigación se llevó a cabo en el módulo caprino del Proyecto Producción Sostenible de Rumiantes Menores de la Finca Experimental Santa Lucía de la Universidad Nacional. Se utilizaron datos de compra de insumos, ventas de leche, compra y salida de animales entre enero y diciembre de 2012. Se emplearon tres indicadores que permitieron analizar la eficiencia de las fincas. El número total de animales fue 102. La producción anual de leche fue 22 417,5 kg. La finca importó un total de 729,8 kg de nitrógeno, del cual un 71% provenía de alimentos y solamente un 29% era

Abstract

The objective of this study was to quantify the use of N in a goat milk producer farm located in the province of Heredia. Data such as feed purchases, milk sales, purchase and removal of animals was compiled and analyzed between January and December 2012. In order to evaluate the use of N, three indicators that allowed analyzing farm efficiency were used. Total number of animals was 102. Annual milk production was 22 417,5 kg. The farm imported 729,8 kg of nitrogen, of which 71% came from feed and only 29% from fertilizers. Farm exported 113,3 kg of nitrogen, of which 85,3% was exported as milk and only 14,7% as animals. The

Introducción

La caprinocultura es una actividad alternativa para productores, que les permite beneficiarse de sus productos (leche y carne) en lugares donde se dificulta la crianza de ganado de mayor tamaño (French, 1970). También representa una fuente de ingresos económicos, a la vez que aporta proteínas de alto valor biológico para muchas familias (Elizondo, 2004).

En Costa Rica, la caprinocultura ha evolucionado desde la intensificación de la actividad en 1975 (Castro, 2003), debido a diversas razones, entre ellas: mascotas, demanda en la producción de leche y carne, investigación científica, mejoras en tecnología y técnicas de manejo. Además, la formación de asociaciones y cooperativas de productores de leche caprina ha impulsado esta actividad en la búsqueda de nuevos productos y mercados (Castrillo, 2014). Este avance ha requerido la utilización de

proveniente de fertilizantes. La finca exportó 113,3 kg de nitrógeno, del que un 85,3% egresó de allí en la leche vendida y solamente un 14,7% de la venta de animales. La finca ingresó 38,7 g N/kg de leche producida. En general, el balance de N en la finca fue positivo, lo que indica que ingresó más del que salió en forma de producto, y permaneció el 84,5% del N importado. Las estrategias para reducir la excreción de N deben ir orientadas a mejorar las dietas ofrecidas, debido a que la mayor proporción de estos nutrientes ingresan por medio de la alimentación.

Palabras clave: balance de nutrientes, contaminación ambiental, eutrofización, nutrición animal, leche caprina.

farm imported 38,7 g of N per kg of milk produced. In general, N balance was positive for all farms, indicating that more N entered the farm that came out in the form of product, showing that up to 84,5% of all imported N remained in the farms. Our results suggests that strategies to reduce N excretion should be developed, including improvements in the diet, since the largest N input is through imported feed.

Keywords: nutrient balance, environmental pollution, eutrophication, animal nutrition, goat milk.

recursos externos (no producidos en las fincas), que son abastecidos por la importación de materias primas a las fincas a través de alimentos balanceados, sales minerales y fertilizantes químicos (Jiménez y Elizondo, 2014).

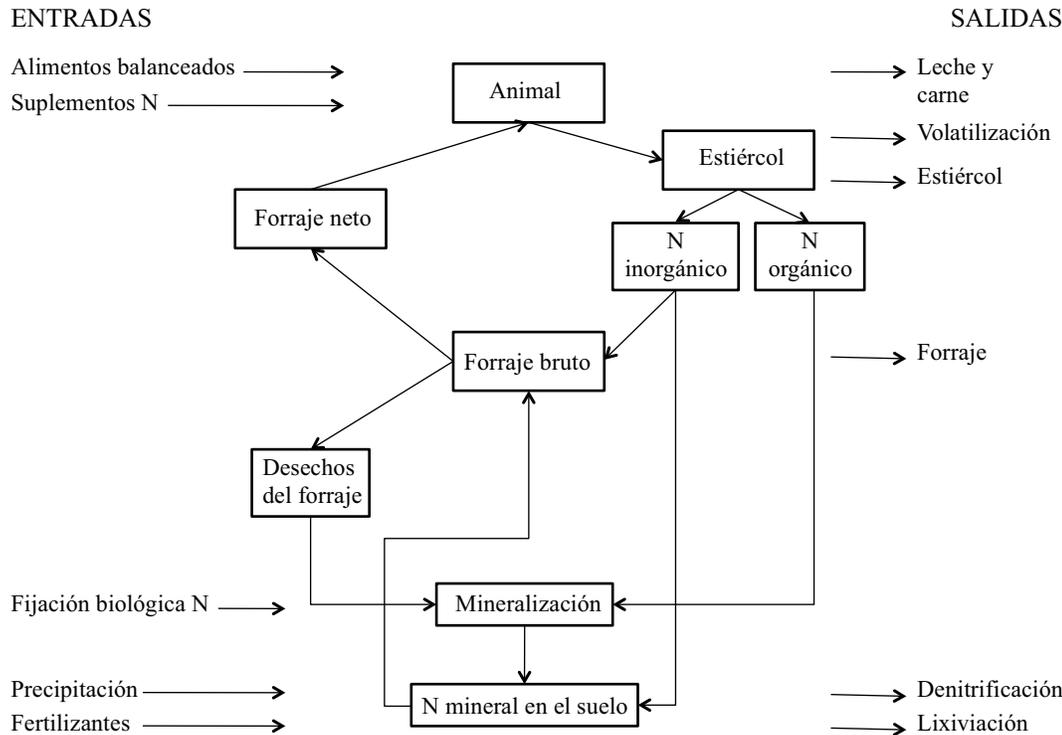
La incorporación de estos insumos se traduce en la necesidad de disponer de nutrientes requeridos, a ser el nitrógeno (N) el nutriente más ampliamente utilizado. Los alimentos balanceados incorporan el N en los contenidos de proteína cruda (PC) que los animales requieren en su metabolismo y es indispensable en la producción de leche (NRC, 2007). La deficiencia de PC en los animales provoca una reducida tasa de crecimiento, bajo consumo de alimento, pobre utilización de este, bajos pesos al nacimiento acompañados con alta mortalidad, poca producción de leche y baja fertilidad, entre otros (Jurgens, 1993; Kellems y Church, 1998). Caso contrario, suplir de N en exceso a los animales aumenta su excreción en la orina, principalmente como urea (Taminga, 1992), y está relacionado con algunos trastornos reproductivos (Jordan, Chapman, Holtan y Swanson, 1983; Elrod y Butler, 1993).

Los fertilizantes químicos también suministran grandes cantidades de N a las fincas, ya que las formas más disponibles en el suelo son generalmente insuficientes para satisfacer los requerimientos de los forrajes y otros cultivos (Follet, 2001; Keeney y Hatfield,



Laura Chaverri. Finca en Santa Rosa de la Palmera de San Carlos.

Figura 1. Flujo de nitrógeno en un sistema ganadero de leche.
Adaptado de Elizondo, 2006.



y/o es arrastrado por el agua de escorrentía y, eventualmente, puede llegar a aguas subterráneas o superficiales (Taminga, 1992; Nelson, 1999; Fenton y Helyar, 2000).

Lo anterior provoca que dicho elemento se acumule en el agua, lo que aumenta su disponibilidad y altera las poblaciones de microorganismos, a través de cambios en su diversidad (Walker, 2000). En un momento dado, se beneficiarán los microorganismos consumidores de oxígeno (aeróbicos), pero cuando este escasee se beneficiarán los mi-

croorganismos anaeróbicos (Knowlton y Herbein, 2000). Todo este cambio en la biodiversidad de los microorganismos presentes en las aguas altera su calidad y las hace no aptas para el consumo humano (Walker, 2000).

Por esta razón, el balance de nutrientes en una explotación lechera es una herramienta agroambiental que permite identificar las entradas y salidas, así como considera sistemas de manejo que disminuyan las pérdidas de los elementos al medio ambiente, ya sea reduciendo las entradas o incrementando las salidas (Parris, 1999; Funaki y Parris, 2005).

Usualmente, las entradas de N en las lecherías a través de alimentos y fertilizantes, son mayores que las salidas en leche, animales vendidos y cultivos (Satter, 2001; VandeHaar y St-Pierre, 2006). Estos excedentes tienden a incrementarse

2001). En general, el uso de los insumos anteriormente mencionados permite que las plantas y los animales aprovechen al máximo su potencial genético, al proveerles una alta cantidad de elementos requeridos para su mantenimiento y producción. Sin embargo, el uso desmedido de N provoca excesos que se acumulan en las fincas y generan toxicidad en los ecosistemas (García, Castro, Novoa, Báez y López, 2007). Los compuestos orgánicos de nitrógeno en el suelo se encuentran como proteínas, aminoácidos, aminoazúcares y otros compuestos nitrogenados poco solubles (Broadbent, 1986). Mientras, los compuestos inorgánicos de N en el suelo incluyen amonio (NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻), óxido nitroso (N₂O), óxido nítrico (NO) y nitrógeno elemental (N₂) (Follet, 2001). El NO₃⁻ generalmente se encuentra en mayores concentraciones y, por ser tan soluble, se lixivía

2001). En general, el uso de los insumos anteriormente mencionados permite que las plantas y los animales aprovechen al máximo su potencial genético, al proveerles una alta cantidad de elementos requeridos para su mantenimiento y producción. Sin embargo, el uso desmedido de N provoca excesos que se acumulan en las fincas y generan toxicidad en los ecosistemas (García, Castro, Novoa, Báez y López, 2007). Los compuestos orgánicos de nitrógeno en el suelo se encuentran como proteínas, aminoácidos, aminoazúcares y otros compuestos nitrogenados poco solubles (Broadbent, 1986). Mientras, los compuestos inorgánicos de N en el suelo incluyen amonio (NH₄⁺), nitrito (NO₂⁻), nitrato (NO₃⁻), óxido nitroso (N₂O), óxido nítrico (NO) y nitrógeno elemental (N₂) (Follet, 2001). El NO₃⁻ generalmente se encuentra en mayores concentraciones y, por ser tan soluble, se lixivía

Usualmente, las entradas de N en las lecherías a través de alimentos y fertilizantes, son mayores que las salidas en leche, animales vendidos y cultivos (Satter, 2001; VandeHaar y St-Pierre, 2006). Estos excedentes tienden a incrementarse



Laura Chaverri. Módulo caprino del Programa Producción Sostenible de Rumiantes Menores de la Universidad Nacional, en Heredia.

conforme se intensifica la producción y aumenta la carga animal en las fincas (Halberg, van der Werf, Basset-Mens, Dalgaard y De Boer, 2005).

El presente trabajo tiene como objetivo cuantificar el aprovechamiento de N que es incorporado a través de alimentos balanceados, fertilizantes y animales, en la producción de leche caprina.

Metodología

El experimento se llevó a cabo en el módulo caprino del Proyecto Producción Sostenible de Rumiantes Menores de la Estación Experimental Finca Santa Lucía de la Universidad Nacional de Costa Rica, durante el 2013. La finca se ubica en Santa Lucía de Barva de Heredia, a 1200 msnm, con una precipitación anual media de 2452 mm, distribuidos de abril a noviembre, y una temperatura media de 20,2 °C (IMN).

Los cálculos se realizaron utilizando el sistema de registro de compras de insumos y venta de animales de la Finca Santa Lucía. Los datos corresponden a los registrados durante el 2012 y la ejecución del experimento se realizó desde septiembre hasta noviembre del 2013.

Estimación de la cantidad de N importado

La estimación del N proveniente de los alimentos balanceados se calculó a través de las compras realizadas anualmente, corregidos por el porcentaje de materia seca (MS) y proteína cruda (PC) dividido entre 6,25 (Moorby y Theobald, 1999), para obtener el valor de N elemental. El N proveniente de fertilizantes se calculó a través de la cantidad de fertilizante incorporado normalmente al suelo, corregido por el porcentaje de N elemental descrito en la fórmula química.

Estimación de la cantidad de N exportado

Para el cálculo de la cantidad de N exportado a través de la leche, se utilizó el registro de producción de leche de la Finca Santa Lucía, corregida por el valor de proteína y dividida por el factor de 6,38 (Moorby y Theobald, 1999). En la estimación de la cantidad de N exportado en la venta de animales, se utilizaron registros de ventas de animales y se corrigieron por los factores 2,6% y 2,4% de N, de acuerdo con su peso vivo, para animales jóvenes y adultos, respectivamente (Pearson e Ison, 1997).

Cálculo de índices de aprovechamiento de nitrógeno

Para evaluar el aprovechamiento de N, se utilizaron tres indicadores.

1. Indicador de Uso de N (IUN, %) como cociente entre la cantidad de N que permanece en la finca y el total ingresado, lo cual muestra las ineficiencias del sistema (Bouldin y Klausner, 2002; Herrero, Gil, Flores, Sardi y Orlando, 2006).
2. Indicador de Consumo de N (ICN), cociente entre la entrada y salida de N (entrada N/salida N), que permite evaluar en cuántas veces las entradas de N a la finca superan a la salida, a través de los insumos considerados (Koelsch y Lesoing, 1999; Herrero et al., 2006).
3. Eficiencia Global del Balance (EGB, %), indica qué proporción del total de N que

ingresa a la finca sale de este (salida N/entrada N x 100) (Spears, Kohn y Young, 2003; Herrero et al., 2006).

Resultados y discusión

Características generales de la finca evaluada

El resumen de parámetros productivos y reproductivos de la finca evaluada se observa en el cuadro 1. La finca mantuvo un promedio de 32 cabras en lactancia y la producción de leche diaria promedio, por cabra, fue 2,1 kg. Las lactancias tuvieron una duración de alrededor de 289 días y la producción de leche promedio por lactancia, ajustada a 305 días, fue 640 litros. La alimentación del hato consistió en una mezcla de pasto king grass (*Pennisetum purpureum*) y morera (*Morus alba*) picado y ofrecido en canoa, bloque mineral y alimento balanceado, según la etapa de vida.

Entrada de nitrógeno

Con respecto a la importación de N, el mayor ingreso proviene de los alimentos balanceados. En total, el ingreso anual de N a la finca fue 729,8 kg, del cual un 71% provenía de los alimentos balanceados y solamente un 29% era proveniente de fertilizantes. No se importó N a través de la compra de animales, debido a que no se registraron compras de animales mientras se ejecutaba el estudio.

Cuadro 1. Resumen de parámetros del hato caprino de la Finca Santa Lucía, Barva de Heredia. Costa Rica, 2012.

Parámetro	Promedio
Hembras adultas	40,3
Hembras en ordeño	31,4
Porcentaje de hembras en ordeño	77,9
Duración de lactancias (días)	289
Producción de leche ajustada a 305 días	640,5
Leche/día en 305 días	2,1

La finca posee un plan de fertilización a base de fuentes nitrogenadas como nitrato de amonio y urea, mientras que las fuentes altas en fósforo como las fórmulas 10-30-10 se utilizaron en el establecimiento de pasturas y/o forrajes.

Existe poca información de estudios similares en explotaciones de leche caprina, aunque abunda información de experimentos similares en lecherías bovinas. Algunos de estos estudios han coincidido en que la variable que más aporta N al sistema es la alimentación (Spears et al., 2003; Herrero et al., 2006; Jiménez y Elizondo, 2014). Sin embargo, otros estudios han reportado que el aporte de N por medio de leguminosas puede llegar a ser el segundo en importancia (Hristov, Hazen y Ellsworth, 2006).

Salida de nitrógeno

El cuadro 2 muestra el balance entre ingresos y egresos de N. La principal salida de N ocurre a través de la producción de leche de cabra. En total, se exportaron 113,3 kg de N, de los que un 85,3% egresó por la venta de leche, mientras que apenas un 14,7% por la venta de animales. La venta de animales ocurre en pequeña escala, ya que las hembras se mantienen en la finca como reemplazos de aquellas que acaban su vida útil. Los machos, por el contrario, son sujetos de venta y representan la principal salida de animales. En un estudio reportado por García et al. (2007), realizado en lecherías

bovinas en España, se reporta que el 90,7% del N es exportado por la leche y el restante 9,3% por la venta de animales, mientras que datos de Costa Rica reportados por Jiménez y Elizondo (2014) muestran que la salida de N por leche vendida y venta de animales fue 93% y 7%, respectivamente.

Gramos de nitrógeno por kilogramo de leche producida

Al analizar la entrada de nutrimentos, usualmente se utiliza un patrón de referencia para lograr hacer comparaciones entre diferentes sistemas productivos. En ocasiones se utiliza el área de la finca, las unidades animales, entre otros. Sin embargo, lo anterior implica mediciones muy precisas de las áreas, mientras que las unidades animales varían según las interpretaciones de unidad animal que se realizan en distintos países. Es por esto que, en el presente trabajo, se utilizó como referencia la cantidad de leche producida, por lo que se eliminan el efecto del área y tamaño del hato. Al respecto, se encontró que el ingreso de N al sistema fue 38,7 g de N por kilogramo de leche producida. Trabajos similares realizados en Costa Rica, en 11 explotaciones de lechería bovina, determinaron entradas promedio de 17,00 g de N por kilogramo de leche producida, aunque reportan ingresos de hasta 34,99 g de N por kg de leche (Jiménez, 2012). Según Jiménez (2012), los valores más

Cuadro 2. Resumen de ingresos, egresos y balance de N del hato caprino de la Finca Santa Lucía, Barva de Heredia. Costa Rica, 2012.

Ingresos		
	kg	%
Alimentos balanceados	518,3	71,0
Fertilizantes	211,5	29,0
Total	729,8	100,0
Egresos		
	kg	%
Leche	96,6	85,3
Venta de animales	16,7	14,7
Total	113,3	100
Balance	616,5	

Cuadro 3. Índices de aprovechamiento (%) de N en el hato caprino de la Finca Experimental Santa Lucía, Barva de Heredia. Costa Rica, 2012.

	EGB, %	IUN, %	ICN
Finca Experimental Santa Lucía	15,52	84,48	6,44
Otros autores			
Jiménez y Elizondo, 2014	35,00	65,00	3,21
García et al., 2007	23,23	76,77	4,30
Herrero et al., 2006	33,38	66,62	3,00
Spears et al., 2003	22,99	77,01	4,35
Laws et al., 2002	19,83	80,17	5,04
Domburg et al., 2000	19,63	80,37	5,09
Kuipers et al., 1999	22,81	77,19	4,38
Promedio	25,27	74,73	4,20

altos encontrados en su estudio están asociados a la mayor proporción de entradas de N a través de fertilizantes y baja proporción de entradas por alimentos. Para el caso de la finca en estudio, los altos ingresos de N por kg de leche producida podrían estar asociados a desbalances nutricionales y excesos de PC en la dieta.

Es importante considerar que la diferencia entre estudios puede deberse, principalmente, al contraste entre los sistemas de producción caprinos y bovinos e intrínsecos entre cada especie, aunque también a una serie de factores como nivel de producción de los animales, utilización de fertilizantes, tipo de alimentación, cantidad de alimento balanceado ofrecido, entre otros.

Análisis de los índices de aprovechamiento

En el cuadro 3 se muestra los resultados de los índices de aprovechamiento de esta investigación y los obtenidos por diversos autores. Estos resultados permitieron mostrar concretamente la eficiencia o ineficiencia en el uso de N.

La Eficiencia Global del Balance (EGB, %) indica la proporción de N que sale de la finca en leche y carne, con respecto a los ingresos de estos vía insumos. Por lo tanto, valores altos de este indicador muestran un mejor aprovechamiento de N. En este sistema caprino el valor de la EGB

fue 15,52%. Considerando los resultados de estudios similares realizados en bovinos, se obtuvo un promedio de 25,27%, superior al obtenido en el presente estudio (Kuipers, Mandersloot y Zom, 1999; Domburg, Edwards, Sinclair y Chalmers, 2000; Laws, Smith, Cottrill, Dewhurst, 2002; Spears et al., 2003; Herrero et al., 2006; García et al., 2007; Jiménez y Elizondo, 2014).

El Indicador de Uso de Nitrógeno (IUN) denota las ineficiencias del sistema o finca en el uso de N, al mostrar las cantidades de este nutriente que permanecen en la finca con potencial contaminante para el medio ambiente (Bouldin y Klausner, 2002; Herrero et al., 2006). En el sistema caprino de la Finca Santa Lucía el valor del IUN en N fue un 84,48%. Este resultado es mayor al promedio encontrado en estudios similares en bovinos de leche, realizados en otros países, donde el valor del IUN para N es 74,73% (Kuipers et al., 1999; Domburg et al., 2000; Laws et al., 2002; Spears et al., 2003; Herrero et al., 2006; García et al., 2007; Jiménez y Elizondo, 2014).

El Indicador de Consumo de Nitrógeno (ICN) permite evaluar en cuántas veces las entradas de N superan a las salidas. Valores altos en este indicador reflejan mayores ineficiencias en el sistema, debido a que se requieren más insumos por unidad producida (Koelsch y Lesoing,



Laura Chaverri. Módulo caprino del Programa Producción Sostenible de Rumiantes Menores de la Universidad Nacional, en Heredia.

1999; Herrero et al., 2006). El ICN para el sistema caprino de la Finca Santa Lucía fue 6,44. El promedio para estudios similares con bovinos de leche es 4,20 (Kuipers et al., 1999; Domburg et al., 2000; Laws et al., 2002; Spears et al., 2003; Herrero et al., 2006; García et al., 2007; Jiménez y Elizondo, 2014).

De acuerdo con Jiménez (2012), la variabilidad de las eficiencias se debe en la mayoría de los casos a la proporción de N que ingresa a las fincas a través de alimentos o fertilizantes; por lo que las mayores eficiencias se dan cuando a las fincas ingresa más del 80% del N a través de los alimentos. A pesar de esto, se ha encontrado que el uso de subproductos de otras agroindustrias disminuye el aprovechamiento de N, en comparación con los alimentos balanceados (Jiménez, 2012), debido a que estos recursos poseen baja concentración de nutrientes y baja digestibilidad (Sánchez y Soto, 1998).

En términos generales, el balance de N fue positivo para el sistema caprino, lo que indica que ingresa más N en alimentos balanceados y fertilizantes, del que sale en forma de producto (principalmente leche y carne). Algunos autores han reportado eficiencias globales que oscilan entre 15% (Aarts et al., 1992) y 46% (Bacon et al., 1990). El promedio de eficiencia encontrado en el presente estudio fue 15,52%. Esto significa que el 84,48% de este N probablemente saliera del sistema a través de volatilización, escorrentía o lixiviación, el cual representa alta proporción del flujo de N en esta finca.

Es importante considerar que los sistemas pecuarios tienden a ser menos eficientes en la recuperación de N en producto, que los sistemas agrícolas (Goulding, Jarvis y Whitmore, 2008). Al respecto, Krupnik, Six, Ladha, Paine y van Kessel (2004) reportan valores de 39% y 35% de recuperación de N en producto (granos) en Norteamérica, para los cultivos de maíz y trigo,



Laura Chaverri. Módulo caprino del Programa Producción Sostenible de Rumiante Menores de la Universidad Nacional, en Heredia.

respectivamente. Mientras, en Sudamérica, la recuperación fue de 31%, 39% y 69%, para los cultivos de maíz, arroz y trigo, respectivamente. Sin embargo, a pesar de que los sistemas intensivos de producción de leche generan gran cantidad de N excedente, su reciclaje por efecto de la excreta tiende a ser muy eficiente, debido a que se reducen las pérdidas de N por escorrentía (Chambers, Smith y Pain, 2000).

Posiblemente, en Costa Rica no se tiene una idea clara de la magnitud del problema, pero estudios han determinado que el exceso de N en el ambiente le cuesta a la Unión Europea entre 100 y 457 billones de dólares por año (Sutton et al., 2011). Los mismos Sutton et al. (2011) reconocen que es la primera vez que se atribuye un valor económico a los problemas ocasionados por

la contaminación con N, considerando las contribuciones al cambio climático y a las pérdidas en la biodiversidad.

Estrategias para aumentar el aprovechamiento de N

La producción animal y, particularmente, las lecherías están asociadas, de un modo inevitable, con la producción de residuos y, en consecuencia, con algún grado de contaminación ambiental, por lo que las estrategias para reducir la excreción de N en las lecherías deben comenzar mejorando la eficiencia en su utilización a través de los animales (Elizondo, 2006).

Los resultados obtenidos en este estudio revelan que, en este sistema de producción caprina, la alimentación es la principal entrada de N a la

finca, por lo que las estrategias para reducir la excreción de N deben comenzar mejorando la eficiencia en su uso a través de los animales. Ante esta situación, Wu y Satter (2001) recomiendan que la primera estrategia para reducir la excreción de N es eliminar el exceso de proteína de la dieta. La relación entre el consumo y la excreción de N en leche, orina y heces ha sido documentada por diversos autores. Mulligan, Dillon, Callan, Rath y O'mara (2004) y Wu y Satter (2000), por ejemplo, demostraron que, al reducir el contenido proteico de la ración, se redujo la excreción total de N sin afectar los parámetros productivos y reproductivos. Sin embargo, otros investigadores sugieren aumentar la digestibilidad de los alimentos, incorporando proteínas no degradables en el nivel ruminal (Tamminga, 1996; Van Horn, Newton y Kunkle, 1996; Herrero et al., 2006) o alterando la fuente de almidones de la dieta (Burkholder, Guyton, Mckinney y Knowlton, 2004). Estas medidas podrían ser implementadas en la finca en estudio, para lo cual se debe analizar la composición nutricional de los ingredientes y balancear con precisión la dieta, de acuerdo con los requerimientos nutricionales que dicten las necesidades fisiológicas y productivas de cada animal.

En el caso de los sistemas de pastoreo, algunos autores sugieren que es deseable que la mayor cantidad de orina y heces quede distribuida en los potreros. En ellos, la cantidad y distribución de estos residuos dependerán del manejo que se realice, con lo que es posible llegar a valores del 70% al 80% del total de heces producidas, mientras que la cantidad restante es la que se depositará en la sala de ordeño, desde la cual puede ser recolectada para utilizarse como abono (White, Sheffield, Washburn, King y Green, 2001; Elizondo, 2006). Es preciso aclarar que las instalaciones de la cabreriza poseen un piso de cemento en el nivel del suelo, en el cual se acumulan las excretas; mientras que los animales se encuentran sobre un piso

de reglas de madera a 80 cm de altura, sobre el piso de cemento. Por lo tanto, la medida anterior podría ser adoptada para grupos de animales cuyo manejo es menos intensivo y a los que se les permite destinar más horas al pastoreo, como es el caso de las cabras en período seco. Por su parte, las cabras en lactancia permanecen estabuladas la mayor parte del tiempo, por lo que sus excretas se acumulan sobre el piso de cemento y son retiradas fácilmente por el personal.

La reutilización tanto de la excreta (sólida) como de los efluentes (líquidos) es una medida que puede ser implementada, realizando algunas adaptaciones, sobre todo para la captura de los efluentes. Este un paso importante para disminuir la utilización de fertilizantes químicos y, por consecuencia, para mejorar los balances de N en la finca (Herrero et al., 2006).

Referencias

- Aarts, H., Biewinga, E. y Van Keulen, H. (1992). Dairy farming systems based on efficient nutrient management. *Neth. K. Agric. Sci.* 40, 285-299.
- Bacon, S., Lanyon, L. y Schlauder, R. (1990). Plant nutrient flow in the managed pathways of an intensive dairy farm. *Agron. J.* 82, 755-761.
- Bouldin, D. y Klausner, S. (2002). Managing nutrients in manure: General principles and applications to dairy manure in New York. En Hatfield, J. L. y Stewart, B. A. (Eds.) *Animal waste utilization: Effective use of manure as a soil resource*. USA: Lewis Publishers.
- Broadbent, F. (1986). Effects of organic matter on nitrogen and phosphorus supply to plants. En Chen, Y. y Avnimelech, Y. (Eds.) *The role of organic matter in modern agriculture*. The Netherlands: Martinus Nijhoff Publishers.
- Burkholder, K., Guyton, A., Mckinney, J. y Knowlton, K. (2004). The effect of steam flaked or dry ground corn and supplemental phytic acid on nitrogen partitioning in lactating dairy cows and ammonia emission from manure. *J. Dairy Sci.* 87, 2546-2553.
- Castrillo, L. (2014). Leche de cabra consolida nuevos mercados. *Revista UTN Informa* 68, 58-60.
- Castro, A., Leyva, J., Sánchez, H., Osuna, A. (2009). Guía para la Alimentación de Caprinos en Baja California Sur, México [Folleto para Productores N°1]. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

- Castro, A. (2003). Historia de la caprinocultura en Costa Rica. Disponible en www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/cabra_historia.html
- Chambers, B. J., Smith, K. A. y Pain, B. F. (2000). Strategies to encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use Manage* 16, 157-161.
- Domburg, P., Edwards, A., Sinclair, A., Chalmers, N. (2000). Assessing nitrogen and phosphorus efficiency at farm and catchment scale using nutrient budgets. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 80, 1946-1952.
- Dou, Z., Lanyon, L. E., Ferguson, J. D., Kohn, R. A., Boston, R. C. y Chalupa, W. (1998). An integrated approach to managing nitrogen on dairy farms: evaluation of farm performance using the Dairy Nitrogen Planner. *Agron. J.* 90, 573-581.
- Elizondo, J. (2006). El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. *Agron. Mesoam.* 17 (1), 69-77.
- Elizondo, J. (2004). Consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana* 15 (1), 77-80.
- Elrod, C. y Butler, W. (1993). Reduction of fertility and alteration of uterine pH in heifers fed excess ruminally degradable protein. *Journal of Animal Science* 71, 694-701.
- Fenton, G. y Helyar, K. (2000). Soil acidification. En Charman, P. y Murphy, B. (Eds.) *Soils: Their properties and management* (ed. 2) (pp. 223-237). New York: Oxford University Press.
- French, M. (1970). Observaciones sobre las cabras. FAO: *Estudios agropecuarios* 80.
- Follett, R. (2001). Nitrogen transformation and transport processes. En Follett, R. y Hatfield, J. (Eds.) *Nitrogen in the environment: Sources, problems and management* (pp. 17-44). The Netherlands: Elsevier Science.
- Funaki, Y. y Parris, K. (2005). The OECD agricultural nutrient balance indicators: establishing a consistent OECD set of nitrogen and phosphorus coefficients. En European Commission Workshop-Nitrogen and Phosphorus in Livestock Manure.
- García, M. I., Castro, J., Novoa, R., Báez, D. y López, J. (2007). Caracterización del balance y la eficiencia en la utilización del nitrógeno, fósforo y potasio en las explotaciones de vacuno de leche en Galicia. Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo, Xunta de Galicia. En XLVI Reunión Científica de la SEEP (pp. 440-446).
- Goulding, K., Jarvis, S. y Whitmore, A. (2008). Optimizing nutrient management for farm systems. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 363, 667-680.
- Halberg, N., van der Werf, H., Basset-Mens, C., Dalgaard, R. y De Boer, I. (2005). Environmental assessment tools for the evaluation and improvement of European livestock production systems. *Livestock Production Science* 96, 33-50.
- Haygarth, M., Chapman, P., Jarvis, S. y Smith, R. (1998). Phosphorus budgets for two contrasting UK grassland farming systems. *Soil Use Management* 14, 160-167.
- Herrero, M., Gil, S., Flores, M., Sardi, G. y Orlando, A. (2006). Balances de nitrógeno y fósforo a escala predial, en sistemas lecheros pastoriles en Argentina. *In Vet* 8 (1), 9-21.
- Hristov, A., Hazen, W. y Ellsworth, J. (2006). Efficiency of use of imported nitrogen, phosphorus, and potassium and potential for reducing phosphorus imports on Idaho dairy farms. *J. Dairy Sci.* 89, 3702-3712.
- Jarvis, S. (1993). Nitrogen cycling and losses from dairy farms. *Soil Use Management* 9, 99-105.
- Jiménez, J. (2012). Aprovechamiento del nitrógeno y fósforo importados en alimentos, fertilizantes y suplementos minerales en fincas para la producción de leche en Costa Rica. (Proyecto de graduación de licenciatura). Universidad de Costa Rica, San José.
- Jiménez, J. y Elizondo, J. (2014). Balance de nitrógeno en fincas para la producción de leche en Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 25 (1), 151-160.
- Jordan, E., Chapman, T., Holtan, D. y Swanson, L. (1983). Relationship of dietary crude protein to composition of uterine secretions and blood in high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* 66, 1854-1862.
- Jurgens, M. H. (1993). *Animal feeding and nutrition* (ed. 7). Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Keeney, D. y Hatfield, J. (2001). The nitrogen cycle, historical perspective and current, and potential future concerns. En Follett, R. y Hatfield, J. (Eds.) *Nitrogen in the environment: Sources, problems and management* (p. 3-6). The Netherlands: Elsevier Science.
- Kellems, R. O. y Church, D. C. (1998). *Livestock feeds and feeding* (ed. 4). Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, Inc.
- Knowlton, K. y Herbein, J. (2000). Phosphorus partitioning during early lactation in dairy cows fed diets varying in phosphorus content. *Journal of Dairy Science* 85, 1227-1236.
- Koelsch, R. y Lesoing, G. (1999). Nutrient balance on Nebraska livestock confinement systems. *J. Dairy Sci.* 82 (suppl. 2), 63-71.
- Krupnik, T., Six, J., Ladha, J., Paine, M. y van Kessel, C. (2004). An assessment of fertilizer nitrogen recovery efficiency by grain crops. En *Agriculture and the nitrogen cycle. Assessing the impacts of fertilizer use on food production and the environment* (pp 193-207). Washington, DC: Island Press.
- Kuipers, A., Mandersloot, F. y Zom, R. (1999). An approach to nutrient management on dairy farms. *Journal of Dairy Science* 77, 84-89.

- Laws, J., Smith, K., Cottrill, B. y Dewhurst, R. (2002). *Nitrogen and phosphorus excretion by UK dairy cows*. UK: Institute of Grassland and Environmental Research.
- Moorby, J. y Theobald, V. (1999). The effect of duodenal ammonia infusions on milk production and nitrogen balance of the dairy cow. *Journal of Dairy Science* 82, 2440-2442.
- Mulligan, F., Dillon, P., Callan, J., Rath, M. y O'mara, F. (2004). Supplementary concentrate type affects nitrogen excretion of grazing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 87, 3451-3460.
- Nelson, C. (1999). Managing nutrients across regions of the United States. *Journal of Dairy Science* 82 (suppl. 2), 90-100.
- National Research Council (NRC). (2007). *Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids*. Washington, DC: National Academy Press.
- Parris, K., (1999). Environmental indicators for agriculture: overview in OECD countries. En Brouwer, E. F. y Crabtree, B. (Eds.) *Environmental Indicators and Agricultural Policy* (pp. 25-44). Wallingford: Cabi Publishing.
- Pearson, C. e Ison, R. (1997). *Agronomy of grassland systems* (ed. 2). United Kingdom: Cambridge University Press.
- Rotz, C., Taube, F., Russelle, M., Oenema, J., Sanderson, M. y Wachendorf, M. (2005). Whole-farm perspectives of nutrient flows in grassland agriculture. *Crop Science* 23, 2139-2159.
- Sánchez, J. y Soto, H. (1998). Estimación de la calidad nutricional de los forrajes del cantón de San Carlos. II. Componentes de la pared celular. *Nutrición Animal Tropical* 4, 3-23.
- Satter, L. (2001). Nutrient management in dairy production systems. En *Proceedings Babcock Institute 3rd Technical Workshop* (pp. 38-53).
- Spears, R., Kohn, R. y Young, A. (2003). Whole-farm nitrogen balance on western dairy farms. *J. Dairy Sci.* 86, 4178-4186.
- Sutton, M., Oenema, O., Erismann, J., Grinsven, L. y Winiwarter, W. (2011). Too much of a good thing. *Nature* 472, 159-161.
- Taminga, S. (1996). A review on environmental impacts of nutritional strategies in ruminants. *J. Dairy Sci.* 74, 3112-3124.
- Taminga, S. (1992). Nutrient management of dairy cows as a contribution to pollution control. *Journal of Dairy Science* 75, 345-357.
- Van Horn, H., Newton, G. y Kunkle, W. (1996). Ruminant nutrition from an environmental perspective: Factors affecting whole-farm nutrient balance. *J. Animal Sci.* 74, 3082-3102.
- Vandehaar, M. y St-Pierre, N. (2006). Major advances in nutrition: relevance to the sustainability of the dairy industry. *Journal Dairy Science* 89, 1280-1291.
- Walker, F. (2000). *Best management practices for phosphorus in the environment* (Publication No. 1645). Tennessee: Agricultural Extension Service, The University of Tennessee.
- White, S., Sheffield, R., Washburn, S., King, L. y Green, J. (2001). Spatial and time distribution on dairy cattle excreta in an intensive pasture system. *J. Environmental Quality* 30, 2180-2187.
- Wu, Z. y Satter, L. (2000). Milk production during the complete lactation of dairy cows fed diets containing different amounts of protein. *J. Dairy Sci.* 83, 1042-1051.