

INFORMACIÓN TÉCNICA

BALANCE DE NITRÓGENO EN UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE LECHE ESPECIALIZADO

Johnny Montenegro Ballesteros¹

RESUMEN

Balace de nitrógeno en un sistema de producción de leche especializado. El nitrógeno es un elemento que es asociado con el nivel productivo logrado en cualquier actividad agrícola; el sector lechero aplica grandes cantidades (hasta 500 kg de N ha⁻¹ a⁻¹) para estimular el crecimiento de los pastos y poder utilizar alta carga animal. Una cantidad importante del nitrógeno presente en el pasto consumido por las vacas en pastoreo es nuevamente retornado al suelo, y absorbido por las raíces de los pastos. Esta condición se presenta en todas las pasturas, reciban o no fertilizante nitrogenado. Debido al alto costo de los fertilizantes nitrogenados se ha disminuido su aplicación, y dado que el reciclaje de este nutriente se convierte en la fuente más importante, se requiere conocer la magnitud del nitrógeno reciclado. El objetivo de la investigación fue determinar la cantidad de nitrógeno reciclado por vacas lecheras en pastoreo en una finca donde no se aplicaba fertilizante nitrogenado a las pasturas. Se utilizaron datos de una finca con pasto kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) pastoreado con 23 vacas Holstein (450 kg de peso vivo, y 10 kg de leche vaca⁻¹), con ciclos de uno y 30 días de ocupación y de descanso. Las vacas consumían 35 kg de verdura de desecho, 2,6 kg MS de concentrado por día, y 1,2 kg MS de pasto picado. Muestras de los alimentos proporcionados se analizaron en el laboratorio de piensos y forrajes del INTA para obtener los contenidos de nitrógeno. Con estos datos se calculó el nitrógeno total consumido diariamente por vaca. También se estimó la cantidad de heces y orina producidos; con base en la concentración de nitrógeno en ellos se calculó la cantidad de nitrógeno excretado. Adicionalmente se consideró el contenido de proteína en la leche producida. Los resultados mostraron que el reciclaje de nitrógeno que realizan las vacas es muy significativo ya que el mismo equivale a la aplicación de 17,9 kg de nitrógeno por hectárea por año para cada una de las vacas presentes en la finca.

Palabras clave: reciclaje de nitrógeno, vacas Holstein, heces y orina.

INTRODUCCIÓN

El nitrógeno normalmente es asociado con el nivel productivo logrado en cualquier actividad agrícola, existiendo una relación positiva en el sentido de que a mayor cantidad de fertilizante nitrogenado aplicado mayores son los rendimientos a obtener. Sin embargo, este elemento presenta normalmente baja eficiencia de utilización, principalmente en el trópico entre otros debido a los frecuentes y grandes eventos lluviosos que provocan la pérdida de nitrógeno por escorrentía y lixiviación debido a que el nitrógeno es hidrosoluble.

El nitrógeno es un elemento que se usa mucho en el sector lechero costarricense donde se aplican grandes cantidades (hasta 500 kg de N ha⁻¹ a⁻¹) para estimular el crecimiento de los pastos y poder utilizar alta carga animal en ciclos de pastoreo inferiores a 30 días (Montenegro y Abarca 2001). Lo anterior es debido a que estos sistemas de producción intensivos dependen de la producción de biomasa de los pastos para alimentar a las vacas en pastoreo. Sin embargo, debido al costo incremental de este insumo, durante los últimos años se ha reducido significativamente la cantidad aplicada y en muchas fincas se ha

¹Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, INTA. Costa Rica.
Convenio: INTA-Instituto Meteorológico Nacional, IMN. Costa Rica. jmontenegro@inta.go.cr, jmontenegro@imn.ac.cr.

dejado de fertilizar.

Bajo estas condiciones de no fertilización nitrogenada se requiere cuantificar las entradas de este nutriente, y cuánto se está reciclando, ya que ello constituye la principal fuente de nitrógeno para ser utilizada por la especie de pasto para su crecimiento y la producción de biomasa que será consumida por las vacas en pastoreo en un sistema especializado de producción de leche.

Por lo expuesto anteriormente, se realizó la presente investigación con el objetivo de determinar la cantidad de nitrógeno reciclado por vacas lecheras en pastoreo en una finca donde no se aplica fertilizante nitrogenado a las pasturas.

La información generada podría servir, entre otros aspectos, también para explicar la emisión de óxido nitroso en sistemas de producción de leche donde no se aplica fertilizante a las pasturas, particularmente donde se utiliza pasto kikuyo bajo pastoreo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta evaluación se utilizaron datos de una finca comercial de ganado de leche ubicada en el cantón de Vázquez de Coronado, distrito Jesús, con un promedio de precipitación anual de 2450 mm y una temperatura media de 18 °C.

La finca se ubica a 2438 msnm y en su totalidad está cubierta de pasto kikuyo y no se le aplica fertilizante nitrogenado. Es pastoreada con vacas Holstein a una carga animal de 5,1 UA ha⁻¹, con ciclos de un día de ocupación y 30 días de descanso. La alta carga animal se explica por el suministro diario, a la hora del ordeño, de aproximadamente 35 kg de verdura fresca que proviene del desecho de grandes cadenas de supermercados del área metropolitana. Adicionalmente también se suministran 2,6 kg MS de concentrado por

vaca por día, y regularmente también se ofrece aproximadamente 1,2 kg MS de pasto gigante (*Pennisetum purpurem*) picado por día.

La finca maneja un total de 23 vacas en ordeño, y para la presente investigación se estimó un peso promedio de 450 kg de peso vivo, y una producción promedio de leche diaria de 10 kg vaca⁻¹. La información de la producción láctea se calculó del recibo de la leche que extiende la empresa comercial que recoge este producto en la finca.

De los alimentos proporcionados se recogieron muestras que se analizaron en el laboratorio de Piensos y Forrajes del INTA, ubicado en el Alto de Ochomogo; en el caso del concentrado se utilizó la información registrada en la etiqueta comercial del mismo, del cual se promedió el consumo total por semana para estimar el consumo diario promedio por animal por día.

En el caso de los residuos vegetales, para obtener el consumo y dado que a cada vaca se le proporciona una cubeta llena con este alimento, se pesaron varias cubetas llenas para obtener el peso promedio correspondiente; el mismo procedimiento se realizó con el pasto picado. Debido a que el consumo de alimentos proporcionados al momento de los ordeños fue de 100%, por diferencia se estimó la cantidad de pasto consumido en los apartos.

Con base en trabajos previos de investigación se asumió que:

1- Debido a que el consumo de materia seca presenta un rango entre 2,2% y 4,4% del peso vivo (Castro *et al.* 2009, León *et al.* 2008), se consideró un valor promedio de 3,5%.

2- La leche tiene un contenido proteico del 3,0%.

3- En el caso de los residuos vegetales, fuente netamente energética, se asumió un contenido de proteína de 1%.

4- El nitrógeno total excretado se calculó de acuerdo con Elizondo (2006).

5.- La producción de heces se calculó de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$PH=[(CPP*(1-DMSPP)/100)+(CPPi*(1-DMSPPi)/100)+(CC*(1-DMSCC)/100)+(CV*1-DMSCV)/100]*(MSH/100)$$

Donde:

PH: producción de heces, kg MS vaca⁻¹ día⁻¹
CPP: consumo de pasto de piso, kg MS vaca⁻¹ día⁻¹
DMSPP: digestibilidad de la materia seca del pasto de piso
CPPi: consumo de pasto picado, kg MS vaca⁻¹ día⁻¹
DMSPPi: digestibilidad de la materia seca del pasto picado
CC: consumo de concentrado, kg MS vaca⁻¹ día⁻¹
DMSCC: digestibilidad de la materia seca del concentrado
CV: consumo de verduras, kg MS vaca⁻¹ día⁻¹
DMSCV: digestibilidad MS de las verduras
MSH: materia seca de las heces

La digestibilidad de los alimentos consumidos se estimó basándose en valores comúnmente reportados en la literatura, y se realizó para cada uno de los alimentos proporcionados.

6.- La producción de orina se estimó de acuerdo con Castro *et al.* (2009) y León *et al.* (2008).

7.- No se incluye en el cálculo la cantidad de nitrógeno fijado por las leguminosas nativas (las cuales no se observan en la finca) ni el proveniente de la deposición atmosférica. Tampoco se hace estimación alguna del nitrógeno que se mineraliza en el suelo.

Finalmente, los datos mostrados en la sección de resultados se refieren a una vaca promedio, dado que en la finca de donde

proceden los datos las vacas en producción se encuentran en diferentes momentos de lactancia, pero todas reciben iguales condiciones de manejo y alimentación ya que se manejan como un grupo homogéneo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de proteína cruda

La composición química de los alimentos consumidos por las vacas en la finca donde se realizó esta evaluación mostraron niveles adecuados de proteína cruda para el caso del pasto de piso (Cuadro 1), el mismo es superior al nivel recomendado por el NRC (2001). Los restantes componentes de la dieta animal presentan valores normales para el tipo de alimento (Cuadro 1).

Cuadro 1. Contenido de proteína cruda (PC, %) de los alimentos consumidos por las vacas productoras de leche. Coronado, Costa Rica. 2012.

Tipo de alimento	PC, %
Pasto de piso	15,8±0,8
Concentrado*	16
Pasto picado	5,0
Residuos vegetales	1

* Se utilizó la información de la etiqueta del producto comercial

Consumo de materia seca

De acuerdo con el consumo estimado en base seca, como porcentaje del peso vivo, la mayor proporción de éste se presenta durante el pastoreo, aportando el concentrado y los residuos vegetales una parte considerable de la dieta total (Cuadro 2). El consumo total estimado relativo al peso vivo promedio de las vacas en pastoreo está dentro de los valores de consumo normales, e inclusive inferiores, a los reportados por otros investigadores (León *et al.* 2008, Castro *et al.* 2009) quienes determinaron valores superiores a 4%.

Cuadro 2. Consumo diario, kg de MS vaca⁻¹, de los diferentes componentes de la dieta. Coronado, Costa Rica. 2012.

Tipo de alimento	Materia seca, kg vaca ⁻¹ día ⁻¹
Pasto de piso	9,8
Concentrado	2,8
Pasto picado	0,4
Residuos vegetales	2,8
Total	15,8
Porcentaje del peso vivo	3,5

Consumo de nitrógeno

De acuerdo con el consumo estimado de materia seca, y utilizando los supuestos y valores obtenidos en los análisis químicos de los alimentos, se calculó el consumo de nitrógeno por vaca por día (Cuadro 3). El pasto de piso y el concentrado aportan la mayor parte de este nutriente (72% y 26% respectivamente). El pasto picado aporta muy poco debido a su bajo contenido proteico (Cuadro 1) y a que lo ofrecido diariamente de este alimento es muy poco (Cuadro 2). Se estima que los residuos vegetales aportan más que el pasto picado debido a la cantidad consumida de este alimento (Cuadro 2).

Cuadro 3. Estimación del consumo diario de nitrógeno, gramos por vaca, proveniente de diferentes componentes de la dieta. Coronado, Costa Rica. 2012.

Componentes de la dieta	Consumo de N, g día ⁻¹
Pasto de piso	200,2
Concentrado	71,3
Pasto picado	2,8
Residuos vegetales	4,5
Total	278,8

En total las vacas estarían consumiendo diariamente un promedio aproximado de

279 gramos de nitrógeno para cubrir sus necesidades productivas y de mantenimiento (Cuadro 3). Esta cantidad es similar a la que se puede calcular utilizando las tablas del NRC (2001), y muestra que el consumo de este nutriente es adecuado para las condiciones productivas y corporales de las vacas que se manejan en la finca evaluada.

Reciclaje de nitrógeno

El nitrógeno reciclado por las vacas en pastoreo, así como el exportado en la producción animal se resume en el Cuadro 4. En la producción de leche se estimó que se encuentra el 21% del total del nitrógeno consumido. Este valor es congruente con otros trabajos de investigación los cuales señalan que normalmente el contenido de nitrógeno en la leche se ubica en un rango entre 20% y 30% del total consumido (Moorby y Theobald 1999).

La mayor salida de nitrógeno se presenta en las excretas (orina y heces), donde se estimó el 79% del total del nitrógeno ingerido, y el cual es reciclado ya que el mismo es depositado en los diferentes apartos donde las vacas diariamente pastorean.

De acuerdo con los cálculos realizados, estos muestran claramente como el reciclaje de este nutriente es importante, y se convierte en una fuente significativa de nitrógeno para las pasturas, las cuales al no recibir fertilizante químico, dependen en buena medida de este aporte de nitrógeno para mantener el crecimiento y producción de biomasa. Este nitrógeno reciclado también tiene un rol muy importante en la generación de óxido nitroso, un potente gas con efecto invernadero, tal y como ha sido reportado por Montenegro y Herrera (2012).

Cuadro 4. Estimación del contenido de nitrógeno, g vaca⁻¹ día⁻¹, en la leche producida, heces y orina excretada por las vacas. Coronado, Costa Rica. 2012.

Componente	N, g día ⁻¹	Porcentaje del consumido
Leche	57,6	21
Orina	117,9	42
Heces	103,1	37
Total	278,6	100

Balance de nitrógeno

El balance final de nitrógeno muestra que la cantidad de nitrógeno reciclado por una vaca en pastoreo (Cuadro 5), en la finca evaluada, constituye un aporte importante del nutriente para el crecimiento y producción de biomasa de la pastura. Es importante mencionar que la cantidad de nitrógeno reciclado por una vaca en pastoreo, dependiendo de la fuente de nitrógeno utilizada, es equivalente a aplicar entre 38 y 53 kg de fertilizante en una hectárea de pasto.

Cuadro 5. Balance de nitrógeno en un sistema de producción de leche sin fertilización nitrogenada al pasto. Coronado, Costa Rica. 2012.

Balance final	Nitrógeno
Total consumido, g N d ⁻¹	278,8
En leche, g N d ⁻¹	57,6
En excretas, g N d ⁻¹	221,0
Total reciclado, kg N ha ⁻¹ a ⁻¹	17,9

De acuerdo a los datos mostrados en la presente investigación, si se considera que 71,3 gramos de nitrógeno consumidos provienen del concentrado, una fuente alimenticia externa a la finca, y que la producción de leche diaria (promedio) exporta un total de 57,6 gramos de ese nitrógeno, la diferencia del nitrógeno consumido proveniente del concentrado (13,7 g de nitrógeno) podría estar siendo reciclado y adicionado al suelo de las pasturas lo cual constituye una fuente importante de este

nutriente para sostener la producción de biomasa de la pastura.

LITERATURA CITADA

Castro, E.; Mojica, J.; León, J.; Pabón, M.; Carulla, E. 2009. Balance de nitrógeno en pasturas de gramíneas y pastura de gramínea más *Lotus uliginosus* en la sabana de Bogotá, Colombia. Revista Corpoica-Ciencia y tecnología agropecuaria 10:91-101.

Elizondo, J. 2006. El nitrógeno en los sistemas ganaderos de leche. Agronomía Mesoamericana 17:69-77.

León, J.; Mojica, J.; Castro, E.; Cárdenas, E.; Pabón, M.; Carulla, J. 2008. Balance de nitrógeno y fósforo en vacas lecheras en pastoreo con diferentes ofertas de kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) suplementadas con ensilaje de avena (*Avena sativa*). Revista colombiana de ciencias pecuarias 21:559-570.

Montenegro, J.; Herrera, J. 2012. Determinación de la emisión de óxido nitroso en pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) bajo pastoreo: Efecto de diferentes fuentes y niveles de nitrógeno. En prensa, 15 p.

Montenegro, J.; Calderón J. 2012. Respuesta productiva del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) al fertilizante nitrogenado de lenta liberación. Revista INTA (en prensa) 9 p.

Moorby, J.; 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.

NRC (National Research Council). 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, Subcommittee on Dairy Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council. ISBN: 0-309-51521-1, 408 p.

