

# Eficiencia de uso del nitrógeno en bovinos de leche en Chile

Autores:

Ignacio Beltrán (ignacio.beltran@inia.cl), Iván Calvache, Francisco Salazar, Marta Alfaro / INIA Remehue

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS – INFORMATIVO INIA REMEHUE N° 298 – AÑO 2022

## Antecedentes generales

Los sistemas de producción ganaderos son fundamentales para la producción de leche y carne bovina a nivel global, durante cuyo proceso se generan emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), contribuyendo el 14,5% del total emitido por la actividad humana, siendo el ganado bovino lechero responsable del 30% del valor total generado por la ganadería<sup>1</sup>. El metano (CH<sub>4</sub>), producido durante la fermentación de la materia orgánica en el rumen, es el principal GEI emitido por los sistemas lecheros, representando el 60% del total emitido.

Adicionalmente, en sistemas ganaderos puede observarse una baja eficiencia en el uso de nutrientes, en particular del nitrógeno (N), dado que el animal lo excreta a través de la orina y heces, devolviendo a la pradera entre el 60–90% del N ingerido<sup>2</sup>, siendo ambos una fuente de emisión de amoníaco (NH<sub>3</sub>) y óxido nitroso (N<sub>2</sub>O). La importancia ambiental del N<sub>2</sub>O radica en su poder de calentamiento global, siendo 265 veces mayor que la del dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), es decir, 1 kg de N<sub>2</sub>O equivale a 265 kg de CO<sub>2</sub>. Por otro lado, el NH<sub>3</sub> es una fuente indirecta de N<sub>2</sub>O, pudiendo contribuir así al cambio climático. Al momento de hablar de emisiones de N<sub>2</sub>O desde la excreta animal, es importante señalar que el N urinario presenta una tasa de emisión cinco veces mayor al N fecal, siendo la vía en que preferentemente los bovinos excretan el exceso de este nutriente. Por ende, tener un conocimiento pleno del consumo y partición

del N ingerido por el animal hacia la producción de leche, orina y heces, es fundamental al momento de desarrollar estrategias de mitigación de las emisiones de N<sub>2</sub>O y NH<sub>3</sub> desde la excreta animal, ya que representa su principal fuente de N en sistemas lecheros a pastoreo.

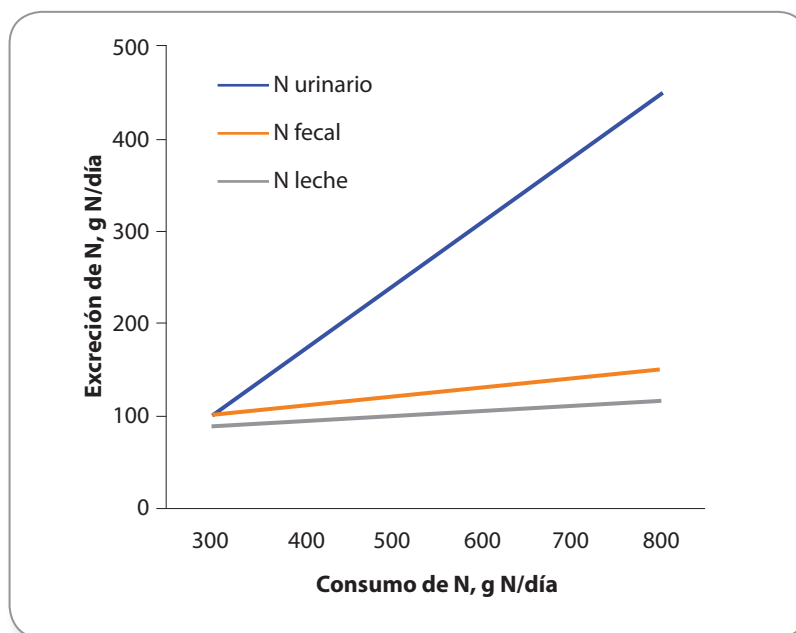
## ¿Por qué existe una alta excreción de N?

En sistemas lecheros a pastoreo, la alta tasa de excreción de N responde a tres características:

- 1. Alto contenido de nitrógeno de la pradera.** Las praderas del sur de Chile, dominadas principalmente por ballica perenne, se caracterizan por tener un alto contenido de proteína cruda (PC) (18–30% base materia seca), la cual excede lo requerido por vacas lecheras en lactancia. Varios estudios coinciden en que a mayor consumo de N hay una mayor excreción de N urinario, mientras que el N fecal y N lácteo se mantienen relativamente constante (Figura 1). En el caso de nuestros sistemas lecheros a pastoreo, el alto consumo de N es una consecuencia directa del elevado contenido de PC de la pradera, el cual se observa principalmente en los meses de otoño e invierno.
- 2. Incapacidad de retener el exceso de N.** Cuando la proteína de la dieta (nitrógeno) está por sobre lo requerido por el animal (mantención y/o producción) esta no tiene la capacidad de ser almacenada, siendo principalmente eliminada por la orina.

<sup>1</sup> Grossi, G.; Goglio, P.; Vitali, A.; Williams, A.G. 2022. Livestock and climate change: Impact of livestock on climate and mitigation strategies. Anim. Front. 9, 69–76. Gerber, P. J., H. Steinfeld, B. Henderson, A. Mottet, C. Opio, J. Dijkman, A. Faluccci, and G. Tempio. 2013. Tackling climate change through livestock – A global assessment of emissions and mitigation opportunities. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, Italy.

<sup>2</sup> Beltrán, IE; Calvache, I.; Cofre, R.; Salazar, F.; Keim JP.; Morales, A.; Pulido, RG.; Alfaro, M. 2022. Nitrogen Intake and Its Partition on Urine, Dung and Products of Dairy and Beef Cattle in Chile. Agronomy. 12(1):15.



**Figura 1.** Consumo de N y su partición hacia leche, orina y heces en vacas lecheras. Adaptado de Pacheco y Waghorn (2008).<sup>3</sup>

**3. Desbalance energía proteína en la pradera.** Esto se traduce en una menor utilización del N por el animal, siendo excretado al medio ambiente.

Por otro lado, el N que es excretado a través de la orina y heces en bovinos de leche tiene 3 principales destinos:

- 1) Deposición directa sobre la pradera.
- 2) Retención en el sistema de manejo de estiércol (ejemplo: pozo purinero).
- 3) Aplicación como fertilizante orgánico (extraído desde sistema de almacenamiento del estiércol).

Las principales fuentes de emisión de  $N_2O$  y  $NH_3$  provienen de la cadena de manejo de estiércol y de la orina y de heces depositadas en la pradera por animales a pastoreo. En Chile, pocos estudios han evaluado el consumo y partición del N hacia leche, orina y heces, sin embargo, los estudios nacionales disponibles en la literatura cuentan con la información mínima para hacer su estimación.

Investigadores de INIA Remehue - en colaboración con la Universidad Austral de Chile - elaboraron una base de datos nacional, la cual estuvo compuesta por 117 observaciones compiladas desde 38 estudios (artículos científicos, conferencias y tesis), realizados en 5 centros de investigación del país y publicados entre 1990-2020. El cálculo de la partición del N se realizó usando modelos de predicción de N urinario y fecal descritas en

la literatura para bovinos de leche (para más información de las ecuaciones, revisar Beltrán et al., 2022<sup>2</sup>). El 86% de los datos encontrados proviene de estudios evaluados bajo sistemas pastoriles con suplementación, mientras que el 14% restante corresponde a estudios exclusivamente a pastoreo. La mayoría de los estudios fueron realizados en primavera (57%), lo cual responde a la importancia de dicha estación en términos de concentración de partos, tasa de crecimiento de la pradera y producción de leche.

### Efecto del sistema productivo

El consumo de N fue similar entre un sistema a pastoreo y uno a pastoreo + suplementación, promediando 503 g N/día (Cuadro 1). A pesar de tener un similar consumo de N, la eficiencia de uso del N (EUN), es decir, la cantidad de N retenido en la leche respecto del N ingerido, fue 13% mayor para sistemas pastoriles con suplementación. Esta mayor EUN para un sistema suplementado fue probablemente en respuesta a la mayor capacidad de retener N en leche (+13,3%) aun cuando el N ingerido fue similar entre sistemas, en respuesta a un mejor balance energía: proteína otorgada por la suplementación (principalmente de energía).

Que existan diferencias en la tasa de excreción de N urinario entre sistemas productivos es de importancia en términos ambientales, ya que el N urinario

<sup>3</sup> Pacheco, D.; Waghorn, G. 2008. Dietary nitrogen-definitions, digestion, excretion and consequences of excess for grazing ruminants. Proc. New Zealand Grassl. Assoc. 70, 107-116.

**“Sistemas 100% pastoreo, sin suplementación, presentan un mayor riesgo de excretar una mayor cantidad de N urinario, precursor del amoníaco y el óxido nitroso”.**



**Cuadro 1.** Efecto del sistema productivo sobre el consumo y partición de N en sistemas lecheros a pastoreo como resultado del análisis de una base de datos nacional. Datos se presentan como Promedio  $\pm$  error estándar de la media. Adaptado de Beltran et al. (2022).

Sistema	Consumo N, g N/día	EUN, %	N lácteo, g N/d	N urinario, g N/d	N fecal, g N/d
Sólo pastoreo	509 $\pm$ 20,0	22,6 $\pm$ 0,9	111 $\pm$ 4,5	254 $\pm$ 13,8	144 $\pm$ 6,4
Pastoreo + suplementación	497 $\pm$ 17,0	25,6 $\pm$ 0,8	126 $\pm$ 3,9	231 $\pm$ 11,9	140 $\pm$ 4,2
<b>Significancia</b>	<b>0,35</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,45</b>

(principalmente en forma de urea), a diferencia del N fecal, es altamente disponible para los microorganismos presentes en el suelo, pudiendo ser rápidamente perdido como  $\text{NH}_3$  y/o  $\text{N}_2\text{O}$ . Por ende, una forma de reducir la excreción de N urinario es evitar un incremento en el consumo de N total y a su vez, aumentar la exportación de N a la leche. Esto se puede lograr mediante estrategias nutricionales, selección genética de animales y de manejo (animal y del pastoreo) que apunten a incrementar el contenido de proteína láctea.

### Efecto etapa lactancia

Tanto el consumo de N como su excreción en orina y heces fueron similares a lo largo de la lactancia, promediando 483, 225 y 138 g N/día, respectivamente. Sin embargo, el contenido de N en leche fue mayor al inicio que a mitad de la lactancia, siendo una consecuencia directa de la mayor demanda de nutrientes por la glándula mamaria al comienzo de la lactancia, incrementando la partición de nutrientes hacia síntesis de leche. Esta

**Cuadro 2.** Efecto de la etapa de la lactancia sobre el consumo y partición de N en sistemas lecheros a pastoreo como resultado del análisis de una base de datos nacional. Datos se presentan como Promedio  $\pm$  error estándar de la media. Adaptado de Beltran et al. (2022).

Etapa lactancia	Consumo N, g N/d	EUN, %	N lácteo, g N/d	N urinario, g N/d	N fecal, g N/d
0 a 100 días	512 $\pm$ 18,7	25,7 $\pm$ 0,9	129 a $\pm$ 3,9	243 $\pm$ 13,4	143 $\pm$ 4,9
101 a 200 días	457 $\pm$ 39,7	23,7 $\pm$ 2,0	106 b $\pm$ 8,4	217 $\pm$ 28,3	135 $\pm$ 10,4
> 200 días	480 $\pm$ 36,5	23,6 $\pm$ 1,9	111 ab $\pm$ 8,0	215 $\pm$ 25,7	137 $\pm$ 10,9
<b>Significancia</b>	<b>0,36</b>	<b>0,42</b>	<b>0,01</b>	<b>0,46</b>	<b>0,71</b>

información sugiere que debe prestarse atención a la EUN en términos de consumo y excreción de N, durante los periodos de menor retención de N en leche, ya que esto resultaría en una mayor excreción de N al ambiente (Cuadro 2).

## Estación del año

El consumo de N tendió a ser más grande en primavera en comparación a otoño y verano, lo cual responde a la mayor proporción de pradera en la dieta, en comparación al de las siguientes estaciones (Cuadro 3), donde el consumo de N se diluye debido al uso de suplementos. Por último, no se observaron diferencias en la tasa de excreción de N urinario y fecal entre estaciones del año, sin embargo, se evidenció una tendencia a mayor EUN durante la primavera, la cual estaría directamente asociada a la mayor cantidad de N exportado a leche.

La razón de esto es que, durante primavera, las praderas de climas templados como las del sur de Chile se caracterizan por tener un mayor contenido de carbohidratos solubles (CS), en respuesta al aumento de

la radiación solar y actividad fotosintética de la planta, generando una reducción en la proporción PC/CS de la dieta, dando como resultado una mayor utilización del N a nivel ruminal y de la glándula mamaria para síntesis de proteína láctea.

## Conclusion

El consumo de N y su posterior partición en leche, orina y heces varía entre un sistema solo pastoreo y en uno de pastoreo más suplementación. La eficiencia de uso del nitrógeno fue de tres unidades porcentuales más alta en sistemas en pastoreo suplementados, mientras que la excreción de N urinario, fue 10% mayor en sistemas pastoriles. Por ende, la suplementación estratégica en sistemas pastoriles incrementa la eficiencia uso del N, reduciendo la excreción de N urinario y por ende, las emisiones de óxido nitroso y amoníaco, en comparación a sistemas 100% pastoriles.

Para información más detallada, revisar artículo publicado en Agronomy<sup>2</sup>

**Cuadro 3.** Efecto de la estación del año sobre el consumo y partición de N en sistemas lecheros a pastoreo como resultado del análisis de una base de datos nacional. Datos se presentan como Promedio ± error estándar de la media. Adaptado de Beltran et al. (2022).

Estacion <sup>1</sup>	Consumo N, g N/d	EUN, %	N lácteo, g N/d	N urinario, g N/d	N fecal, g N/d
Otoño	456 ± 28,7	23,3 ± 1,3	104 b ± 4,6	211 ± 21,0	138 ± 7,6
Primavera	534 ± 21,8	26,6 ± 0,9	139 a ± 3,4	254 ± 16,0	142 ± 5,8
Verano	457 ± 43,2	23,4 ± 1,9	105 b ± 7,0	214 ± 31,6	140 ± 11,7
<b>Significancia</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>0,22</b>	<b>0,89</b>

<sup>1</sup> datos de invierno no reportados debido a la falta de información en la literatura.