

Consumo de alimento, emisiones de metano y producción – rol de la eficiencia de conversión

Elly A. Navajas y Pablo Peraza

Sistema Ganadero Extensivo
 Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Uruguay.
 Estación Experimental INIA Las Brujas, Ruta 48 km 10, Rincón del Colorado, Canelones, Uruguay.
 enavajas@inia.org.uy

Resumen

La mejora de la eficiencia de conversión a través del consumo residual de alimento (RFI) contribuye a reducir el consumo sin afectar el desempeño de los animales. Al impacto económico favorable por los menores costos de alimentación, se suma un efecto ambiental beneficioso. Dado que la emisión de metano está determinada en gran medida por el nivel de consumo, se espera una menor emisión de metano en los animales más eficientes. Las correlaciones fenotípicas y genéticas en la raza Hereford confirman la independencia del valor de RFI con respecto a las variables de desempeño, y muestran una correlación moderada a alta con el consumo. Una mayor eficiencia estuvo asociada a un consumo 17% menor en comparación con los animales ineficientes, y a reducciones de emisiones de metano y de intensidad de emisiones del 6%. La mejora de RFI por selección genética es posible ya que es una característica heredable y existen información de méritos genéticos para la característica. La implementación de mediciones de metano individuales aportará a la estimación de los parámetros necesarios para optimizar la productividad ganadera y la reducir las emisiones de metano en los programas de mejora genética.

Abstract

Improving feed efficiency through residual feed intake (RFI) is associated to a reduction in feed intake without affecting animal performance. In addition to the favorable economic impact of lower feed costs, there's a beneficial environmental effect. Since methane emissions are largely determined by intake levels, animals with higher efficiency are expected to emit less methane. Phenotypic and genetic correlations in the Hereford breed confirm RFI's independence from performance traits and show a moderate to high correlation with intake. Higher efficiency was associated with a 17% lower feed intake compared to inefficient animals, along with reductions in methane

emissions and emission intensity by 6%. Improving RFI through genetic selection is feasible since it's a heritable trait and genetic merit information for the trait is available. Implementing individual methane measurements will contribute to estimating the necessary parameters to optimize livestock productivity and reduce methane emissions in genetic breeding programs.

Palabras claves: consumo residual del alimento, selección genética, mitigación, intensidad de emisiones

Introducción

La eficiencia de conversión es una característica relevante para la producción ganadera que relaciona el consumo de alimento, uno de los costos principales de los sistemas de producción, con la cantidad de producto resultante. El incremento de la eficiencia de conversión implica mejoras en el resultado económico de la producción. Esto redundaría en un impacto favorable en la competitividad de la ganadería, la cumple un rol significativo en la economía del Uruguay (Uruguay XXI, 2022).

En los últimos años, la producción ganadera a nivel global enfrenta el desafío de la mitigación de los gases de efecto invernadero, principalmente del gas metano. En los rumiantes el metano es producido por la fermentación del alimento, que realizan los microorganismos del rumen (microbiota ruminal) (Beauchemin et al., 2022) Esta fermentación le permite al rumiante generar la energía requerida para crecer y para producir, generando como subproducto metano entérico, el cual es mayormente eliminado por el animal mediante exhalaciones. Las emisiones de metano entérico son además asociadas a una ineficiencia del sistema, ya que representan una pérdida de energía de entre el 2 y el 12% de la energía total consumida en el alimento (Johnson y Johnson, 1995).

Los inventarios de gases de efecto invernadero realizado en Uruguay indican que, a nivel nacional, la mayor proporción de gases de efecto invernadero proviene del sector agropecuario (75%) y las emisiones de metano representan el 52% de las emisiones de este sector (Mi-

nisterio de Ambiente, 2023). Esto representa una gran oportunidad para reducir las emisiones totales a través de la implementación de medidas de mitigación en la ganadería.

En concordancia con los compromisos asumidos en el Acuerdo de París, Uruguay ha propuesto metas de mitigación de metano de 32% y 55% para el 2025 y el 2030, respectivamente (Ministerio de Ambiente, 2023). En ambos casos, las metas están expresadas en términos de intensidad de emisiones, que se definen como el cociente entre emisiones absolutas de metano y la producción de carne.

Es factible reducir la intensidad de emisiones por el incremento de la producción como por la reducción de las emisiones absolutas. En este sentido han sido propuestas a nivel nacional estrategias que pueden contribuir a estos dos componentes, entre las que encuentra la selección genética (ROU, 2022). El gran desafío es poder compatibilizar la productividad del sector ganadero y atender las metas de mitigación de las emisiones de metano. En este sentido, la eficiencia de conversión puede cumplir un rol muy importante, ya que varios estudios sugieren a esta característica como un criterio de selección para la reducción de las emisiones de metano (Beauchemin et al., 2022), debido a la asociación entre una mayor eficiencia y menores emisiones de metano.

Este artículo tiene como objetivo describir el rol de la eficiencia de conversión en la sostenibilidad de la ganadería de carne, tomando como base los trabajos realizados en la raza Hereford, la cual ya cuenta con esta característica en la evaluación genética (Ravagnolo et al., 2023).

Eficiencia de conversión

El consumo residual de alimento (RFI, *residual feed intake*) es una forma de cuantificar la eficiencia de conversión. El RFI se define como la diferencia entre el alimento consumido y el consumo esperado de un animal en base a su desempeño productivo (Koch et al., 1963), siendo los más eficientes aquellos que consumieron me-

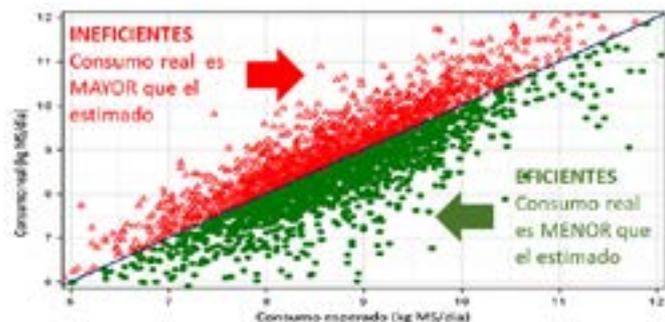


Figura 1. Consumo de alimento medido y esperado en base al desempeño durante la recría de toritos y novillos Hereford.

nos que lo previsto en base su producción (Figura 1). Los puntos verdes en la Figura 1 representan a los animales eficientes cuyo RFI tiene valor negativo, lo que indica consumos menores a los esperados. Lo opuesto sucede para los animales ineficientes, indicados en rojo, cuyo RFI tiene valor positivo, lo que implica consumos mayores a los esperados.

Implementación de pruebas de eficiencia de conversión

La medición de la eficiencia de conversión requiere la realización de pruebas de eficiencia de conversión donde se registra el consumo individual y las variables que hacen a la producción. En la Central de Pruebas de Kiyú desde 2014 se realizan pruebas de evaluación de RFI en toritos y novillos durante la fase de recría. Estas pruebas proveen la información utilizada en la evaluación genética para la estimación de los méritos genéticos, expresado como Diferencia Esperada en la Progenie (EPD, *expected progeny difference*).

De acuerdo con protocolos internacionales, las pruebas son de 70 días de duración que se inician luego de 28 días de adaptación (Pravia et al., 2022). El acceso a la comida es ad libitum y la dieta utilizada para las mediciones de eficiencia de conversión en la recría se componen de silo de sorgo o maíz y grano de maíz en una relación en base fresca de 70:30 (Navajas, 2022).



Figura 2. Comederos automáticos para la medición de consumo de alimento automático instalados en la Central de Pruebas de Kiyú.

La mayor limitante para el estudio de RFI es la medición del consumo de alimento en forma individual, particularmente en gran cantidad de animales. Para que esto sea factible se dispone de 16 comederos automáticos, ubicados en dos corrales (Figura 2). En estos comederos, se registran todos los eventos de consumo de cada animal, el cual es identificado mediante el chip de su caravana de trazabilidad que es registrada por lectores en cada comedero. De la sumatoria de todos los eventos de consumo, se computa el consumo diario de cada animal durante todo el período de la prueba. Esta información, corregida por el porcentaje de materia seca del alimento, es utilizada en el cálculo de RFI.

El desempeño se cuantifica a través de pesadas quincenales y mediciones por ultrasonido de indicadores de la composición corporal como el área del ojo del bife y el espesor de grasa subcutánea. Además de las pruebas de eficiencia en la recría, se han realizado pruebas para la medición de RFI en la fase de engorde, las cuales se llevan a cabo luego de la medición de recría y la adaptación al cambio de dieta.

Cálculo de RFI

El RFI es estimado en base a la siguiente regresión lineal (Koch et al., 1963; Basarab et al., 2011)

$$CMS = \beta_0 + \beta_1 GMD + \beta_2 PMM + \beta_3 EGD + e$$

$$RFI = e = CMS - CMS \text{ estimado}$$

Donde CMS es el consumo de materia seca promedio durante la prueba, GMD es la ganancia media diaria de cada animal en el período de prueba, calculado por la regresión de todas las mesadas, PMM es el peso metabólico medio de cada animal durante la prueba, EGD es el espesor de grasa dorsal, medido por ultrasonido al final de la prueba y e es el residuo. β_0 es el intercepto, β_1 , β_2 y β_3 son los coeficientes de regresión de los parámetros. Esta misma regresión es utilizada para la estimación de



Figura 3. Unidad de medición de metano entérico en los corrales en los cuales se desarrollan las pruebas de eficiencia de conversión.

RFI tanto en recría como en el engorde.

Mediciones de metano entérico

Recientemente se han instalado unidades GreenFeed (C-Lock) para el registro de las emisiones de metano individual (Figura 3).

Cada uno de estos equipos es una estación de alimentación que cada animal visita voluntariamente a lo largo del día para recibir una pequeña recompensa de comida. Mientras los animales visitan la unidad, un sistema RFID identifica a cada animal, y un ventilador aspira aire sobre la cabeza del animal colectando los gases que están siendo exhalados durante la visita (Velazco, 2022).

Las mediciones de metano se realizan simultáneamente a las pruebas de eficiencia de conversión. Con esto se busca generar información valiosa para la evaluación de estrategias de mitigación ya que es posible abarcar tres métricas de metano: 1) la emisión absoluta de metano, que contribuye a construir indicadores nacionales; 2) la intensidad de emisiones, que es la relación entre las emisiones y la producción, ya sea peso o ganancia de peso, y 3) el rendimiento de emisiones que relaciona las emisiones de los animales con su consumo de alimento.

Asociaciones entre eficiencia, producción y emisiones de metano

Eficiencia de conversión y desempeño productivo

A nivel de recría y engorde de novillos, la comparación

Cuadro 1. Comparación del RFI, consumo de MS y desempeño de novillos durante la recría y engorde, en base al grupo de RFI de engorde al que pertenecen (Silveira, 2023).

Característica de desempeño	Grupo RFI Engorde			Valor de P
	Alto	Medio	Bajo	
RFI recría (kg MS/día)	0,78 ^a	0,09 ^b	-0,99 ^c	<0,0001
CMS recría (kg MS/día)	9,9 ^a	9,2 ^b	8,3 ^c	<0,0001
Peso inicial recría (kg)	254,6	249,9	254,4	0,8183
GMD recría (kg/día)	1,5	1,5	1,5	0,5216
Peso promedio recría (kg)	308,7	305,0	310,7	0,8223
PMM recría (kg)	73,5	72,9	73,9	0,8251
EGD final recría (mm)	3,8	4,0	3,9	0,8175
RFI engorde (kg MS/día)	0,99 ^a	0,02 ^b	-1,16 ^c	<0,0001
CMS engorde (kg MS/día)	12,3 ^a	11,1 ^b	10,1 ^c	<0,0001
GMD engorde (kg/día)	1,5	1,4	1,5	0,4371
Peso promedio engorde (kg)	472,6	462,9	475,1	0,5126
PMM engorde (kg)	101,3	99,7	101,7	0,5160
EGD final engorde (mm)	10,9	11,0	10,9	0,9904

Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas ($P < 0,05$)

de grupo de eficiencia alta, media y baja muestran que aquellos más eficientes consumen 18% menos que los animales ineficientes, sin encontrar diferencias significativas en ninguna de las variables de desempeño analizadas (Silveira, 2023) (Cuadro 1). La correlación entre el RFI de la fase de recría y la de engorde fue de 0,72.

Un enfoque similar de comparación de niveles de eficiencia fue utilizado en relación con la calidad de canal y de la carne (Pravia et al., 2018; Luzardo et al., 2024) donde no se encontraron diferencias en las características que definen calidad de canal ni de carne.

En términos de correlaciones, a nivel fenotípico, se confirma que el RFI está fuertemente correlacionado con el consumo de materia seca y es independiente del peso, crecimiento y deposición de grasa (Pravia et al., 2022; Silveira, 2023). Desde un punto de vista genético, Pravia et al. (2022) señalan que la selección genética por animales con menor RFI (animales eficientes), llevaría a un descenso en consumo de alimento, sin afectar a las demás características ya que las correlaciones genéticas son muy bajas o próximas a cero.

En síntesis, los estudios realizados, tanto a nivel fenotípico como genético, indican que los animales más eficientes (valores de RFI negativo) son aquellos que consumen menos, sin comprometer su desempeño. Consecuentemente, mejorar la eficiencia de conversión a través del RFI, contribuye a reducir los costos de alimentación sin afectar la producción ni la calidad del producto.

Eficiencia de conversión y emisiones de metano

En el Cuadro 2 se presentan los primeros resultados del estudio comparativo según nivel de eficiencia de novillos en la fase de engorde, que considera los datos de 102 novillos. En forma similar a lo mencionado previamente, se observa que los novillos más eficientes (va-

lores de RFI negativo) consumieron 17% menos que los de baja eficiencia, pero sin diferencias en cuanto a peso, ganancia o engrasamiento.

Además del menor consumo, se observa que los animales más eficientes emitieron menos metano y presentaron menores intensidades de emisión, pero la diferencia en el caso de estas variables es del entorno del 6%.

El consumo de alimento es una variable clave respecto a las emisiones de metano de un animal, ya que existe una relación directa entre estas variables. Sin embargo, la menor diferencia en emisiones de metano en relación con diferencia de consumo puede ser explicada por el mayor rendimiento de metano en los novillos más eficientes. Resultados similares ha sido reportados por otros autores y puede ser atribuidos a una mayor digestibilidad en animales más eficientes (Beauchemin et al., 2022).

En conclusión, estos resultados sugieren que la emisión absoluta de metano y la intensidad de emisiones de metano está asociadas de manera favorable con RFI, mientras que el rendimiento tiende a incrementar a mayor eficiencia de conversión.

Mejora genética por selección y registros de metano

Las herramientas para la selección genética por RFI están disponibles en la raza Hereford. Desde el inicio de las pruebas de eficiencia de conversión, se realizó también el genotipado del ADN de todos los animales medidos, de manera de construir la población de referencia que hiciera posible la selección genómica de esta característica. Esto viabilizó la estimación de EPD genómicos para RFI y permite predecir el mérito genético de animales que no tienen fenotipo, a partir de su ADN (Pravia et al., 2023)

Las mediciones de metano individual son fundamentales para lograr estimación precisas no solo de la heredabilidad de esta característica, sino también de las correlaciones genéticas con RFI, consumo y caracteres relevantes a la producción. Esta información fortalecerá la contribución de la selección genética a las metas nacionales de mitigación de metano, a través de la mejora de la producción y la reducción de las emisiones absolutas de metano.

Conclusiones

La mejora de la eficiencia de conversión es factible a través de la selección genética ya que es una característica heredable y se cuenta con estimaciones de EPD genómicos.

Esta mejora tiene impactos a nivel económico por consumos menores en animales eficientes, que no van

Cuadro 2. Consumo de alimento, desempeño y emisiones de metano de novillos Hereford, en base al grupo de RFI de engorde

Características	Grupo RFI Engorde		
	Alto	Medio	Bajo
Consumo (kg MS/d)	12,6 ^a	11,5 ^b	10,5 ^b
Ganancia media diaria (kg/d)	1,5	1,4	1,4
Peso metabólico (kg)	108,0	105,4	106,6
Espesor Grasa (mm)	12,2	13,1	12,2
Eficiencia – RFI (kg/d)	0,87 ^a	0,062 ^b	-1,08 ^c
Metano (g/d)	232 ^b	232 ^b	218 ^a
Intensidad metano (g/kg peso)	157 ^b	158 ^b	147 ^a
Rendimiento de metano (g/kg MS)	18,6 ^a	19,5 ^b	20,5 ^b

Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05)

en detrimento de la producción o la calidad de la canal y la carne. Los primeros resultados obtenidos señalan que también tiene impacto favorable a nivel ambiental por menores emisiones absolutas e intensidad de emisiones de metano en animales más eficientes.

Se requiere profundizar estos estudios a través de mayores bases de datos para la estimación de parámetros genéticos que contribuyan a optimizar la contribución de la selección genética a la sustentabilidad de la ganadería.

Referencias bibliográficas

Basarab JA, Colazo MG, Ambrose DJ, Novak S, Mc-Cartney D, Baron VS. Residual feed intake adjusted for backfat thickness and feeding frequency is independent of fertility in beef heifers. *Can J Anim Sci.* 2011;91(4):573–84.

Beauchemin KA, Ungerfeld EM, Abdalla AL, Alvarez C, Arndt C, Becquet P, et al. Invited review: Current enteric methane mitigation options. *Journal of Dairy Science.* 2022; 05(12):9297–326.

Johnson KA, Johnson DE. Methane emissions from cattle. *Journal of Animal Science.* 1995;73(8):2483–92.

Koch RM, Swiger LA, Chambers D, Gregory KE. Efficiency of Feed Use in Beef Cattle. *Journal of Animal Science.* 1963;22(2):486–94.

Luzardo S, de Souza G, Brito G, Peraza P, Navajas E. Is Residual Feed Intake Associated To Carcass And Meat Quality Traits? In: 70th International Congress of Meat Science and Technology, Foz do Iguassu, Brazil; 2024. Accepted

Ministerio de Ambiente. Sexta Comunicación Nacional. República Oriental del Uruguay [Internet]. 2023 [cited 2024 Mar 26]. Available from: <https://shorturl.at/vTY59>

Navajas, E. I+D+I en genética de eficiencia de conversión: apuesta a la sostenibilidad ganadera. *Anuario Hereford Uruguay*, 2022, p.166-171.

Pravia MI, Navajas EA, Macedo FL, Clariget J, Luzardo S. Association between feed efficiency and carcass and meat quality traits in Hereford steers. In: Proceedings of the World Congress on Genetics Applied to Livestock Production (WCGALP). Aotea Centre Auckland, New Zealand: WCGALP, ICAR; 2018. p. 604

Pravia MI, Navajas EA, Aguilar I, Ravagnolo O. Evaluation of feed efficiency traits in different Hereford populations and their effect on variance component estimation. *Anim Prod Sci.* 2022;62(17):1652–60.

Pravia MI, Navajas EA, Aguilar I, Ravagnolo O. Prediction ability of an alternative multi-trait genomic evaluation for residual feed intake. *Journal of Animal Breeding and Genetics.* 2023;140(5):508–18.

Ravagnolo O, Aguilar I, Ciappesoni G, Navajas EA. Investigación y aplicación de la mejora genética animal para una producción ganadera más sostenible. In: Aportes científicos y tecnológicos del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) del Uruguay a las trayectorias agroecológicas. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Fundación CICCUS; 2023. p. 373–9

República Oriental del Uruguay. Segunda Contribución Determinada a nivel Nacional al Acuerdo de París [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 26]. Available from: <https://shorturl.at/AEQU2>

Silveira M. Asociación de eficiencia de conversión del alimento con otras características de importancia económica y ambiental en la producción de carne [Tesis de maestría]. [Montevideo, Uruguay]: Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía.; 2023

Velazco, J.I. Cuantificación de metano entérico en Kiyú: la bolilla que faltaba. *Anuario Hereford Uruguay*, 2022, p.178-182.

Uruguay XXI Investment, export and country brand promotion agency. Livestock sector in Uruguay [Internet]. 2022 [cited 2024 Mar 27]. Available from: <https://shorturl.at/swV47>