

ESTIMACIÓN DE LAS PÉRDIDAS DE METANO ENTERICO EN LAS EXPLOTACIONES LECHERAS DE CANTABRIA (ESPAÑA)

Gregorio Salcedo Díaz

Dpto. Tecnología Agraria del I.E.S. "La Granja", 39792 Heras, Cantabria

RESUMEN – La producción de CH₄ entérico (kg vaca y año); los litros de CH₄ por kilogramo de leche corregida al 4% graso y los g CH₄ vaca día, es mayor en las explotaciones Intensivas con medias de 133-18.0 y 366 y, 126-21.9 y 345 las Semiintensivas. En ambos sistemas la ingestión de materia seca está bien relacionada con la producción de CH₄ vaca año ($r^2=0.58$ los intensivos) y $r^2=0.63$ las Semiintensivas. El número de partos reduce la producción de CH₄, con emisiones medias de 137±14 kg las vacas de menos de 2 lactaciones; 131±12 kg de 2 a 3 lactaciones y 123±8 mayor de tres. Sin embargo, las relaciones que se obtienen entre el número de partos y la producción de leche corregida al 4% graso es baja ($r^2=0.20$) en las Intensivas y $r^2=0.19$ las Semiintensivas. Aumentos del 10% en la producción de leche corregida al 4% graso puede reducir un 6.3% las pérdidas de CH₄. Las variables nutricionales más relacionadas con la producción de CH₄ entérico en kilogramos vaca y año es la ingestión de (ENL; $r=0.89$, $P<0.01$); (CNF, $r=0.63$, $P<0.01$), (PB; $r=0.60$, $P<0.01$), y (FAD; $r=-0.33$, $P<0.01$).

Palabras clave: emisión de gases, estiércol, sistemas de producción lechera.

ESTIMATE OF THE LOSSES OF METHANE IN THE WHOLE DAIRY FARMS OF CANTABRIA (SPAIN)

ABSTRACT – Enteric CH₄ production (kg cow and year), the liters of CH₄ per kilogram of milk corrected to 4% fat, and CH₄ g cow's day is more Intensive farms with average and 366 and 133-18.0, 126-21.9 and 345 the Semiintensive. In both systems, dry matter intake is well connected with the production of CH₄ cow year ($r^2=0.58$ Intensive) and the Semiintensive $r^2=0.63$. The number of lactations reduces the production of CH₄, with average emissions of 137±14 kg of cow less than 2 lactations, 131±12 kg for 2 to 3 lactations and 123±8 greater than three. However, the relations that obtain between parity and milk production corrected to 4% fat is low ($r^2=0.20$) in the Intensive and the Semiintensive $r^2=0.19$. Increase of 10% in milk production corrected to 4% fat CH₄ losses can be reduced by 6.3%. The nutritional variables most related to enteric CH₄ production in kilograms per year is cow intake (ENL, $r=0.89$, $P<0.01$) (CNF, $r=0.63$, $P<0.01$), (PB, $r=0.60$, $P<0.01$), and (FAD; $r=-0.33$, $P<0.01$).

Key words: gas emissions, manure, production milk system

1 – INTRODUCCION

El metano (CH₄) tiene su origen en los procesos de fermentación anaeróbica microbiana del tracto gastrointestinal de los ruminantes, principalmente en el rumen. El volumen ruminal de una vaca adulta ocupa más de 100 litros, de los cuales, del 85% al 90% es líquido. Su alto contenido de humedad y temperatura constante (37°C), favorece el crecimiento microbiano, utilizando el sustrato como alimento, dando lugar a una amplia gama de productos finales. La condición anaeróbica del rumen e intestino grueso, limita la oxidación de sustratos orgánicos en dióxido de carbono (CO₂) y agua, pero una reorganización interna del carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O) presentes en la alimentación entre la biomasa microbiana y los productos finales, mantiene el sistema, generándose H₂ durante este proceso. Para evitar su acumulación, por sí mismo venenoso para los microbios, necesita un sumidero. Éste

convierte el H₂ y CO₂ en CH₄, eliminándose a través de la eructo cuando se acumula en grandes cantidades. Otros productos importantes de la fermentación microbiana son los ácidos grasos volátiles.

La producción de metano está influenciada por: (1) características de las dietas, (2) proporción de concentrados y (3) composición y ritmo de degradación de los hidratos de carbono y proteína. Factores como las condiciones de fermentación (pH) del rumen (1); la presencia de ácidos grasos insaturados de cadena larga (2); el tipo de población microbiana en el rumen (3); la dinámica del paso del fluido ruminal, partículas y microorganismos (4); el flujo de saliva (5) y la capacidad de absorción de la pared ruminal (6) también favorecen incrementos o descensos en la formación de metano. El efecto combinado de aquellos factores están representados en las condiciones que caracterizan a los rumiantes como nivel de producción (1); estado de lactación (2) y la gestión de la alimentación (3) como tipo de suplementación; cantidad de concentrados; clase de estabulación y ordeño.

El objetivo del presente trabajo se centra en estimar la producción de CH₄ entérico en vacas lecheras de trece explotaciones lecheras representativas de la diversidad regional de Cantabria (España).

2 – MATERIAL Y METODOS

Las características de las explotaciones ya fueron definidas en un trabajo anterior presentando en este mismo congreso (Salcedo, 2010). Las dietas están basadas en ensilado de hierba y de maíz, alfalfa deshidratada y concentrado, en las Semiintensivas, se sustituye el ensilado de hierba y la alfalfa por hierba de prado durante la primavera-verano y otoño. La ingestión diaria de materia seca es de 21.6±1.6 y 20.6±1.4 kg y de concentrado de 11.2±1.8 y 8.9±1.7 kg en las Intensivas y Semiintensivas respectivamente. El consumo de alimento y su composición química fue monitorizado durante los meses de Diciembre del 2006 a Noviembre del 2008. La energía metabolizable (EM) en MJ/Kg de MS, estimada: $K \times MOD$, donde $MOD = MO \times Digestibilidad \text{ in vitro}/100$ y $K=0.15$ para el ensilado de maíz y 0.16 para la alfalfa (MAFF, 1984). Para las mezclas la digestibilidad se estimó a partir de Total de Nutrientes Digestibles (TDN)= $1.03 \times FAD + 93,53$, con estimación de la Energía Neta Leche= $TDN \times 0.0245 - 0.12$ (NRC, 1989). Las pérdidas de metano fueron estimadas a partir de la ecuación propuesta por Ellis *et al.* (2007), como: $CH_4 \text{ kg vaca y año} = 4.08 + 0.0678 EM \text{ (MJ/año)}$.

Los datos fueron analizados con el SSPS 11 como un diseño experimental de bloques al azar, tomándose como bloques cada una de las explotaciones y el mes de muestreo como repetición, clasificándose las mismas según el sistema de producción (Intensiva v. Semiintensiva). Análisis de correlación y regresión fueron desarrollados para comprobar el grado de linealidad entre las variables analizadas.

3- RESULTADOS Y DISCUSION

La ingestión de materia seca vaca año, la energía bruta y la producción de leche corregida al 4% graso (FCM) en el conjunto de explotaciones son 7908 kg, 137008 MJ y 10541 kg respectivamente (Tabla 1), ligeramente superior a 6411 kg; 117497 MJ y 7977 kg en Holanda (Smink *et al.*, 2005). Las pérdidas de CH₄ (g/d) son de 359 g en el conjunto de explotaciones y entre sistemas, mayor en las Intensivos 366 g (P<0.001) y 345 g las Semiintensivas, similares a 346 y 349 g (Lovett *et al.*, 2005). En Cantabria, el consumo medio diario de alimento en vacas de alta producción varía de 20 a 24 kg de materia seca, por lo que el potencial de reducir las emisiones de CH₄ por aumentos de concentrado parece limitado. No obstante, se observaron relaciones lineales entre la producción de CH₄ y el consumo de materia seca ($r^2=0.61$, P<0.001), coincidente con O'Mara (2004).

La concentración de CH₄ g/MS ingerida no difiere entre sistemas de producción, con valores medios de 16.8, 16.9 y 16.7 g en el conjunto de explotaciones, Intensivas y Semiintensivas respectivamente. Las investigaciones desarrolladas por Van Laar y Van Straalen (2004) citado por Tamminga *et al.* (2007) con vacas en media lactación produciendo 31 kg de leche y alojadas en cámaras de respiración, demostraron reducciones de 12.7 g de CH₄/kg de leche, similares a 11.9 g estimado por métodos indirectos en el presente trabajo en las explotaciones Intensivas mediando 177±21 días de lactación y 32.3±4.3 kg/leche. Por el contrario, los gramos de CH₄/kg FCM, fue superior (P<0.001) en las Semiintensivas (Tabla 1), imputable a la menor producción de leche, coincidente con O'Mara (2004), quien señala reducciones de metano al aumentar la producción de leche.

Tabla 1.- Ingestión de energía, producción de leche y metano entérico vaca lactante

	C	I	S	Sd	P
MS _i , kg/año	7908	8028	7638	830	***
EB _i , MJ/año	137008	143322	122801	18173	***
FCM, kg/año	10541	11300	8833	1894	***
CH ₄ , g/d	359	366	345	32.7	***
CH ₄ , g/kg MS	16.8	16.9	16.7	0.95	NS
CH ₄ , g/kg leche	12.2	11.4	14	2.2	***
CH ₄ , g/kg leche FCM	12.8	11.9	14.6	2.3	***
CH ₄ , g/kg PB leche	386	356	456	79	***
CH ₄ , g/kg GB leche	332	311	379	63	***
CH ₄ , MJ/año	7296	7429	6998	663	***
CH ₄ , kg/año	131	133	126	11.9	***
MJ CH ₄ /MJ/EB _i , %	5.42	5.25	5.82	0.91	***
CH ₄ , L/d	540	550	518	49	***
CH ₄ , L/kg FCM	19.2	18.0	21.9	3.46	***
CH ₄ , MJ/t cuota	829	765	974	202	***
CH ₄ , MJ/ha año	20090	20719	18674	7768	*
CH ₄ , kg/ha año	361	372	336	39	*

C: Conjunto; I: Intensivo; S: Semiintensivo; MS_i: materia seca ingerida; FCM: leche corregida al 4% graso; EB_i: energía bruta ingerida; Sd: desviación estándar; P: nivel de significación, * P<0.05; *** P<0.001, NS: no significativo

Para las Semiintensivas, los resultados aquí obtenidos son inferiores a los señalados por Lovett *et al.* (2005) en vacas lecheras alimentadas con hierba de prado y suplementadas con 0.87 y 5.24 kg de concentrado, observándose reducciones de 0.62 g de CH₄ por kilogramo de leche corregido al 4% graso (FCM). En cualquier caso, el método adoptado (g CH₄/kg de leche tal cual o g de CH₄/kg FCM), es una herramienta útil para estimar las pérdidas de metano. Aumentos de 25 a 27.5 kg/FCM y día, las pérdidas de CH₄ pueden reducirse un 6.3%; similar al 5% señalado por Tamminga *et al.* (2007), cuando incrementa la producción FCM de 21.9 a 24.1 kg/día. Estos autores presentan relaciones inversas de CH₄ entérico al incrementar la producción de leche del tipo: 27.5 - 0.436 (kg leche FCM), r²=0.81. En el presente trabajo, la relación observada es: 23.6 -0.376 (kg leche FCM), ±1.22 r²=0.72 para el conjunto de explotaciones.

Las variables nutricionales más relacionadas con la producción de CH₄ entérico en kilogramos vaca y año es la ingestión de (ENL; r=0.89, P<0.01); (CNF, r=0.63, P<0.01), (PB; r=0.60, P<0.01), y (FAD; r=-0.33, P<0.01). El número de partos reduce la producción de CH₄, con emisiones medias de 137±14 kg las vacas de menos de 2 lactaciones; 131±12 kg de 2 a 3 lactaciones y 123±8 mayor de tres. Sin embargo, las relaciones que se obtienen entre el número de partos y la producción de leche corregida al 4% graso es baja (r²=0.20) en las intensivas y r²=0.19 las Semiintensivas.

La producción de metano expresado en MJ es menor en los Semiintensivos, imputable a la inferior producción de leche (P<0.001). En ambos casos (kg o MJ de CH₄) son similares a 125 kg y 6934 MJ obtenidos en Holanda (Tamminga *et al.*, 1997). La producción de metano para una vaca de 8000 kg de leche es estimada por Schills *et al.* (2005) mediante modelos lineales de 130 kg año. Dicho modelo contempla como variable dependiente la producción de leche (50 + 0.01 kg de leche vaca año. Según el mismo criterio, la ecuación obtenida en el presente trabajo es=[kg CH₄/vaca año= 106.2 + 0.002 kg leche] en vacas mediando 11247±2030 kg de leche año.

La producción media de CH₄ (L/vaca y día) es de 540 L (Tabla 1), mayor en las Intensivas (P<0.001), con valores medios de 550 y 518 L las Semiintensivas, coincidente con Vermorel (1995) en el sentido que el volumen de CH₄ emitido por vaca y día es mayor cuando la producción de leche aumenta. Por el contrario, disminuye cuando se expresa en litros de CH₄ por kg de leche. Las relaciones obtenidas entre la producción de leche FCM y el volumen de metano vaca y día son del tipo:

$$\begin{aligned} \text{Conjunto} &= 30.6 - 0.0011 \text{ kg leche } 4\% \text{ graso/año}; \pm 1.53 \text{ } r^2=0.57 \\ \text{Intensivas} &= 45.3 - 0.0026 \text{ kg leche } 4\% \text{ graso/año}; \pm 1.56 \text{ } r^2=0.85 \\ \text{Semiintensivas} &= 35.5 - 0.0015 \text{ kg leche } 4\% \text{ graso/año}; \pm 1.84 \text{ } r^2=0.72 \end{aligned}$$

4 – CONCLUSIONES

La producción de metano entérico es mayor en las explotaciones Intensivas, pero menor por litro de leche al 4% graso. Las variables más directamente relacionadas son el consumo de energía y de carbohidratos no fibrosos. Aumentos del 10% en la producción de leche, las pérdidas de metano pueden reducirse un 6.3%.

5 – LITERATURA CITADA

- ELLIS, J.; KEBREAB, E.; ODONGO, N.; MCBRIDE, B.; OKINE, E.; FRANCE, J. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *J. Dairy Sci.* **90**, 3456-3466.
- LOVETT, D.; STACK, J.; S. LOVELL, S.; CALLAN, J.; FLYNN, B.; HAWKINS, M.; O'MARA, F. 2005. Manipulating Enteric Methane Emissions and Animal Performance of Late-Lactation Dairy Cows Through Concentrate Supplementation at Pasture. *J. Dairy Sci.* **88**, 2836–2842.
- MAFF, 1984. Energy Allowances and Feeding Systems for Ruminants, Reference Book 443. Her Majesty's Stationary Office. London (UK).
- O'MARA, F. 2004. Greenhouse gas production from dairying: reducing methane production. *Advances in Dairy Technology*, **16**, 295-309.
- SALCEDO, G. 2010. Balance de N y P en las explotaciones lecheras de Cantabria (España). II International Symposium on Agricultural and Agroindustrial Waste Management. Foz do Iguaçu (Brazil).
- SCHILS, R.; VERHAGEN, A.; AARTS, H.; ŠEBEK, L. 2005. A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, **71**, 163-175.
- SMINK, W.; VAN DER HOEK, K.; BANNINK, A.; DIJKSTRA, J. 2005. Calculation of methane production from enteric fermentation in dairy cows. Project number SenterNovem: 0377-05-02-02-003.
- VAN LAAR, H.; VAN STRAALLEN, W. 2004. Ontwikkeling van een rantsoen voor melkvee dat de methaanproductie reduceert. Schothorst Feed Research.
- TAMMINGA, S.; BANNINK, A.; DIJKSTRA, J.; ZOM, R. 2007. Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. Report 34. ISSN 1570-861.
- VERMOREL, M. 1995. Emissions annuelles de methane d'origine digestive par les bovines en France, variation selon le type d'animal et le niveau de production, *INRA, Prod. Anim.* **8**, 265-275.

6 - AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a la Consejería de Medioambiente del Gobierno de Cantabria (España) por la financiación del proyecto 05-640.02-2174 titulado "Gestión Ambiental de los Purines del Vacuno Lechero en Cantabria", que posibilitó la realización de dicho trabajo.