

CASO PRÁCTICO

Determinación del factor de conversión de metano en ganado caprino alimentado con dietas mixtas

M.C. López
C. Fernández

*Instituto de Ciencia y Tecnología Animal. Universidad
Politécnica de Valencia. España*

La ganadería es responsable de cerca del 23% de las emisiones de CH₄ globales de origen antropogénico (Khalil, 2000), siendo los rumiantes la fuente más importante de emisión de CH₄, estos producen CH₄ en sus procesos digestivos como consecuencia de la fermentación de los alimentos por los microorganismos, fundamentalmente en el rumen pero también en el intestino grueso.

El CH₄ es un producto de desecho nutricional (Lana *et al.*, 1998) y representa una pérdida significativa de la energía de la dieta, que se supone que varía entre el 2 y 11% de la energía bruta consumida por el rumiante (Johnson y Johnson, 1995). La cantidad producida varía según diversos factores como son la especie, el estado fisiológico, el tipo o calidad y cantidad de alimento, etc. Desde el comienzo de la Era Industrial la concentración de metano (CH₄) en la atmósfera ha aumentado rápidamente y se ha multiplicado por dos (Wuebbles y Hayhoe, 2002), siendo uno de los gases de efecto invernadero más importantes que se emiten a la atmósfera debido a las actividades antropogénicas, des-

pués del dióxido de carbono (CO₂).

España tiene que cuantificar obligatoriamente estas emisiones de CH₄ en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, al igual que los demás países que han ratificado el Protocolo de Kyoto, siguiendo las directrices que propone el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC).

PRODUCCIÓN DE CH₄

Según estas directrices es necesario calcular el factor de emisión de CH₄ (FE), que depende de la ingestión de energía bruta (EB) y del factor de conversión de CH₄ (Ym, frac-

ción de la EB del alimento que se transforma en CH₄):

$$FE = \frac{EB \times Ym \times 365 \text{ días / año}}{55,65 \text{ MJ / kg CH}_4}$$

Según Dong *et al.* (2004) y Neftel *et al.* (2006) las estimaciones de producción de CH₄ recogidas en el Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España están sujetas a un alto grado de incertidumbre, asociado a los parámetros utilizados en el cálculo del factor de emisión. Dado que el Ym es una variable que afecta directamente al cálculo del factor de emisión, es importante tratar de refinar el valor de este parámetro.



Es por ello necesario hacer un esfuerzo en conocer la influencia que tienen los factores que afectan a la producción de CH₄, lo que podría contribuir a obtener estrategias de gestión para reducir la producción de CH₄ y con ello mejorar la eficiencia del alimento. Con respecto a los Inventarios de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero la mejor opción es obtener experimentalmente

TABLA 1 / Ingredientes y composición química de las dietas experimentales

Ingredientes, g/kg	Dietas					
	A-CHG	A-CG	A-MHG	A-MG	P-G	P-S
Heno alfalfa	629	648	629	648	-	-
Paja de cebada	-	-	-	-	576	576
Cebada	213	170	-	-	-	-
Maíz	-	-	213	170	-	-
Harina girasol, pellet	145	-	145	-	-	-
Guisantes	-	169	-	169	411	-
Harina de soja	-	-	-	-	-	411
Bloque vit-mineral ¹	13	13	13	13	13	13
Composición química, % MS	A-CHG	A-CG	A-MHG	A-MG	P-G	P-S
MS (%)	90,7	89,5	89,7	89,3	87,5	86,9
PB	18,8	19,0	17,8	17,1	9,3	22,2
FND	41,4	36,6	42,5	39,6	55,8	51,1
Energía bruta, MJ/kg MS	18,71	18,83	19,11	18,84	18,45	18,43

¹Composición (g/kg): NaCl, 970; Na, 385; Mg, 2; Zn, 0,81; Cu, 0,22; I, 0,1; Co, 0,018; Se, 0,01; vitamina A, 600000 UI; vitamina D₃, 120000 UI; vitamina E, 1300 UI.



▲ Foto 1. Disposición de las jaulas metabólicas en la Granja Experimental



► Foto 2. Detalle de las jaulas metabólicas; comedero, bebedero, bandejas colectoras.

valores de Y_m mediante medición directa de la emisión de CH_4 y transferir los resultados a los Inventarios nacionales.

EL CASO DE ESPAÑA

En España apenas se han desarrollado trabajos en este ámbito, y en menor medida en pequeños rumiantes. La mayor parte de estos trabajos se han realizado mediante técnicas *in vitro* y con fermentadores continuos. En ganado ovino prácticamente no existe ningún trabajo *in vivo* donde se determine la producción de CH_4 , sin embargo en caprino, aunque la información también es escasa, encontramos determinaciones directas realizadas con cámaras respiratorias (ver revisión de Aguilera, 2001). Se trata, pues, de obtener valores de Y_m concordantes con el sistema productivo español que se basa en el empleo de una elevada proporción de concentrado (FEDNA,

// PARA LAS MEDIDAS DE PRODUCCIÓN DE CH_4 SE SUELEN EMPLEAR ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA, QUE NO SE AJUSTAN A LAS CONDICIONES DE PRODUCCIÓN Y ALIMENTACIÓN DE CADA PAÍS O ZONA GEOGRÁFICA //

2009), en lugar de una ración basada únicamente en forraje, como ocurre en otros países. Como consecuencia de todo ello, se realizaron una serie de pruebas con ganado caprino y dietas mixtas, con el objeto de calcular un valor de Y_m para ganado caprino y dietas con alta cantidad de concentrados utilizadas en España.

SITUACIÓN DE PARTIDA

Las pruebas se realizaron en la Granja Experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal de la Universidad Politécnica de Valencia. Se seleccionaron 24 cabras de

raza Murciano-Granadina de dos años de edad, en estado de mantenimiento y con un peso vivo medio de 39,2 kg.

Las dietas experimentales que recibieron las cabras se formularon siguiendo las recomendaciones de Lachica y Aguilera (2003) y FEDNA (2009). Como software se utilizó el programa CAPRA v1 y las materias primas que se incluyeron fueron heno de alfalfa, paja, cebada, maíz, harina de girasol, guisantes, harina de soja y bloque mineral. Mediante la combinación de estas materias primas se formularon seis dietas mixtas cuya composición en ingredientes

se muestra en la **Tabla 1**. La composición media de las dietas en MS, EB, Proteína Bruta y Fibra Neutro Detergente fue 88,9%, 18,4%, 17,4% y 44,5%, respectivamente. Estas dietas utilizadas son representativas de las dietas españolas (los ingredientes son los comúnmente usados en el centro y sureste de España), ya que el maíz y la cebada son los granos de cereal básicos en la alimentación de los rumiantes y el girasol y los guisantes son alternativas a los altos precios de la soja.

ALOJAMIENTO Y MEDICIONES

Las cabras se mantuvieron alojadas en jaulas metabólicas individuales (**Fotos 1 y 2**) durante un periodo de adaptación de 10 días, seguido de una fase experimental de cinco días, pesándose los animales al principio y al final de esta segunda fase. Además, diaria-

mente durante la fase experimental se controló el consumo y la producción de heces y orina individual y se calculó la digestibilidad de cada dieta.

Las medidas respirométricas se llevaron a cabo mediante un equipo diseñado por la Unidad de Alimentación Animal del Instituto de Ciencia y Tecnología Animal (**Foto 3**). Para realizar las medidas se utilizó una máscara adaptada a pequeños rumiantes conectada a un calorímetro indirecto de circuito abierto, con la que se determinó indirectamente la producción de calor de las cabras, y de forma directa se midió la producción de CH_4 . A cada cabra se le realizaron cuatro mediciones a lo largo de la misma mañana. El aire espirado por cada animal se recogía durante 10 minutos en una bolsa-balón de cierre hermético especial para la recogida de gases, que posteriormente se conectaba a un analizador de gases para medir concentraciones de oxígeno, CO_2 y CH_4 .

DETERMINACIÓN *IN VIVO* DEL Ym

La ingestión media de materia seca (MS) fue de 775,7 g/cabra y día. En la **Tabla 2** se observan los coeficientes de digestibilidad medios obtenidos para la MS y la EB que fueron de 67,6% y 64,9%, respectivamente. Estos valores son similares a los obtenidos por otros autores como Prieto *et al.* (1990) con machos castrados de raza Granadina en mantenimiento, alimentados con alfalfa peletizada y cebada (63,9% y 62,2%, respectivamente), y Bhatta *et al.* (2008) con cabras Japonesas en mantenimiento alimentadas con 19 raciones mixtas (65,0% y 66,8%, respectivamente).

El valor medio de producción de CH_4 que se obtuvo fue de 18,0 l/cabra y día para cabras en mantenimiento y dietas mixtas. A nivel práctico las

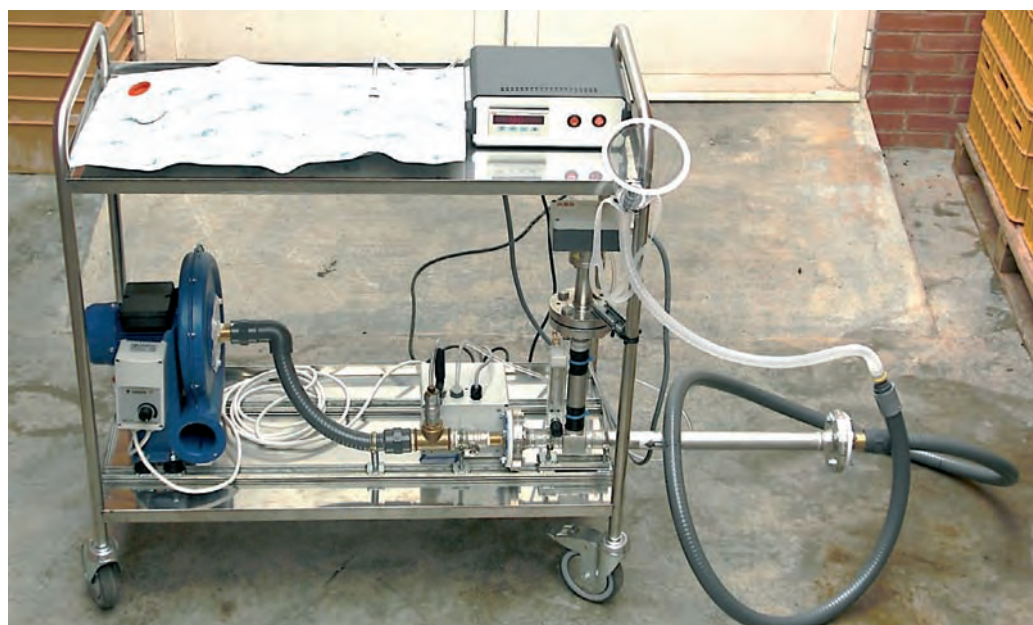


Foto 2. Equipo respirométrico móvil

TABLA 2 / Determinación de los coeficientes de digestibilidad (CD), producción de metano y factor de conversión en dietas mixtas

	Dietas					
	A-CHG	A-CG	A-MHG	A-MHG	P-G	P-S
CD MS	65,06	71,73	67,43	71,78	66,06	63,48
CD EB	65,41	72,58	70,73	72,69	66,04	63,66
Producción CH_4 , l/cabra y día	19,04	17,10	17,73	22,03	13,68	18,42
Ym	4,2	4,2	4,3	5,8	3,9	4,9

pérdidas de CH_4 se expresan normalmente como fracción de la EB ingerida (Ym), parámetro esencial para cuantificar las emisiones de metano en el Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero, siguiendo las directrices propuestas por el IPCC (2007). Y pese a que estas cuantificaciones deben ser lo más precisas posible, hay una carencia de información para el ganado caprino. Es decir, puesto que las medidas de producción de CH_4 en animales requieren equipos complejos y costosos, se suelen emplear ecuaciones de predicción de la bibliografía, que suelen ser relaciones empíricas que no se ajustan, en general, a las condiciones de producción y alimentación de cada país o zona geográfica. Por ello, el in-

terés de obtener medidas directas *in vivo*.

La revisión de Johnson y Johnson (1995) en ganado vacuno de carne y vacas lecheras para un conjunto de dietas, situó el valor de Ym entre los valores de 2%, para dietas a base de concentrado, y 11%, para dietas estrictamente forrajeras. El IPCC (2007) sugirió valores de Ym para rumiantes en torno al 6,5%. Como se observa a continuación, diferentes autores para diferentes sistemas de alimentación encuentran variaciones en dicho valor, de ahí las recomendaciones en cuanto a obtener valores reales. Beauchemin y McGinn (2005) en terneros en cebo sugirieron valores por debajo del 4% con dietas concentradas respecto al 6,5% o superior, común en animales ali-

mentados totalmente a base de forraje. Kebreab *et al.* (2008) encontraron un valor medio de Ym para vacuno lechero de 5,63% (rango entre 3,78 y 7,43%), y para vacuno de carne el Ym medio fue de 3,88% (rango entre 3,36 y 4,56%). Bhatta *et al.* (2008) observaron con cabras Japonesas y 19 raciones mixtas un rango para Ym de 5,0 a 8,2%. Aguilera *et al.* (1990) obtuvieron en cabras Granadinas en lactación alimentadas a base de heno de alfalfa peletizada y cebada un valor medio de Ym de 6,9%.

CONCLUSIONES

El valor medio de Ym obtenido para ganado caprino en mantenimiento alimentado con dietas mixtas fue de 4,6% encontrándose dentro del rango de valores mostrados en la bibliografía. Aunque dicha información es esencial para elaborar los inventarios de emisiones de gases por la ganadería, son necesarios más estudios en donde podamos evaluar factores ligados al animal, a los alimentos, al empleo de aditivos y a las condiciones medioambientales.