

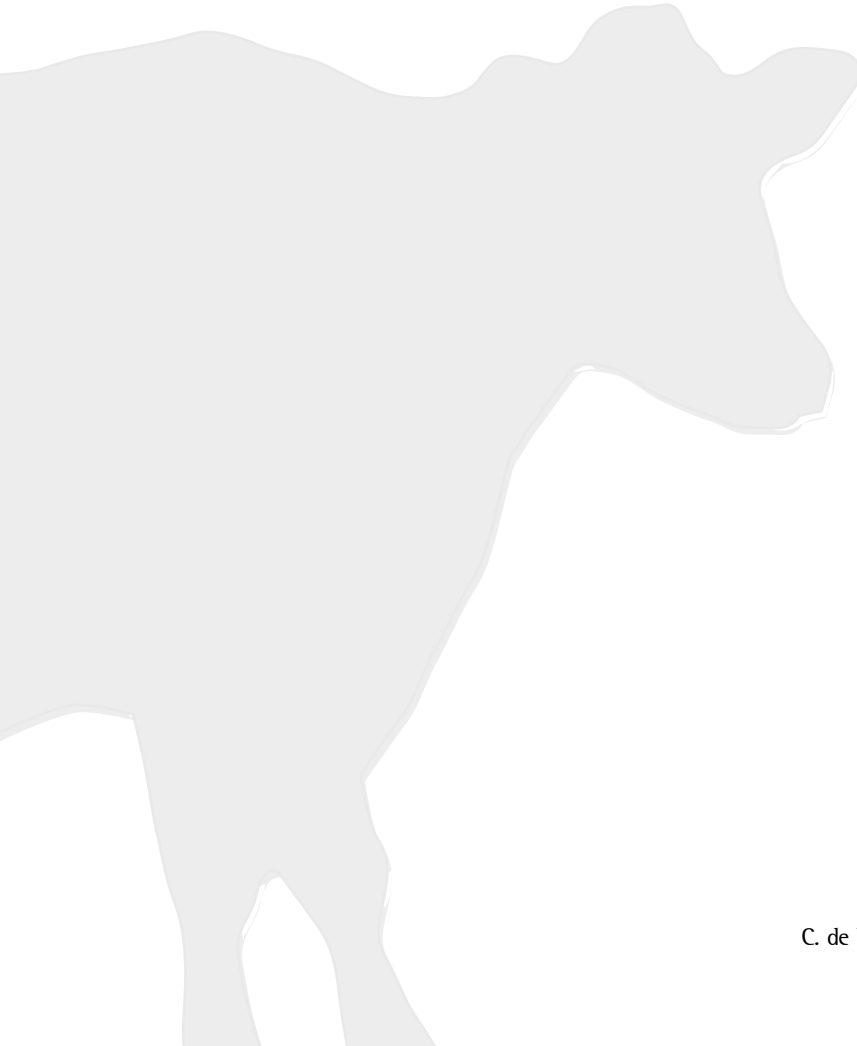


EL CEBO DE TERNEROS EN ESPAÑA, UNA ACTIVIDAD RESPETUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE



C. de Blas, P. García-Rebollar, M. Cambra-López y A.G. Torres

**Estudio de la repercusión de la producción
de vacuno de carne en la emisión de gases
con efecto invernadero**



EL CEBO DE TERNEROS EN ESPAÑA, UNA ACTIVIDAD RESPETUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE

C. de Blas¹, P. García-Rebollar¹, M. Cambra-López² y A.G. Torres²

¹Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid.
ETS Ingenieros Agrónomos, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid.

²Instituto de Ciencia y Tecnología Animal, Universidad Politécnica de Valencia.
ETS Ingenieros Agrónomos, Camino de Vera s/n, 46020, Valencia.

**Estudio de la repercusión de la producción
de vacuno de carne en la emisión de gases
con efecto invernadero**

EL CEBO DE TERNEROS EN ESPAÑA, UNA ACTIVIDAD
RESPECTUOSA CON EL MEDIO AMBIENTE





Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero



Índice

Prólogo.....	07
Introducción	09
Efecto invernadero. El balance del carbono.....	10
La agricultura y la ganadería como origen de gases con efecto invernadero	12
Fisiología de la producción de metano en el aparato digestivo de los rumiantes....	14
Factores que determinan la producción de metano en el aparato digestivo.....	17
Modelos de predicción de las emisiones de metano en rumiantes.....	24
Sistemas de alimentación para cebo de terneros en España: aproximación a dietas prácticas	26
Propuesta de valores de referencia para la ganadería de vacuno de carne en España según el sistema de producción ..	29
Conclusiones	33
Referencias.....	35



Prólogo

07

La contaminación y el calentamiento del planeta es un tema que, sin duda, tiene gran repercusión social. Por ello, especialmente en los últimos meses, los medios de comunicación vienen abordando la emisión de gases con efecto invernadero desde distintos ángulos, poniendo en el punto de mira, en demasiadas ocasiones, a la ganadería en general y al vacuno en particular, como principal especie ganadera productora, vía fermentación entérica, de metano –gas con efecto invernadero–.

ASOPROVAC ha encargado la elaboración de este estudio independiente con el objetivo de aclarar y relativizar la contribución de la producción de vacuno de carne a la emisión de este tipo gases, basándonos en dos hechos fundamentales que se deducen del mismo:

- El metano no es, ni por su concentración atmosférica ni por su poder de calentamiento global (PRG), el principal causante del efecto invernadero.
- Los sectores agrario y ganadero son responsables en conjunto de tan sólo el 10,6% de de las emisiones (Metano+NO₂) totales de gases con efecto invernadero en España.

- La actividad de engorde de terneros para la producción de carne supone solamente el 0,36% de las emisiones de metano producidas por fermentación entérica de los animales (principal vía de generación de este gas).

En este estudio se dan a conocer una serie de hechos científicamente referenciados que ponen de manifiesto que el sistema de cebo de terneros en España, por peculiaridades relacionadas principalmente con el tipo de animales, su alimentación y la edad de sacrificio, es perfectamente sostenible desde el punto de vista medioambiental. Además, lo es en mayor medida que otros sistemas que producen carne a partir de la utilización de pastos, propios de otras áreas productivas del mundo, ya que, al contrario que en estos últimos, en nuestro sistema de producción:

- Se explotan razas muy especializadas, con altos consumos y que se sacrifican a edades tempranas (9-14 meses de vida y 400-550 kg de peso vivo).
- En la alimentación de los animales se emplea una baja proporción de fibra fermentable y la eficiencia de utilización de nutrientes para producir carne es muy elevada.

Alberto Juanola, presidente de ASOPROVAC



Introducción

09

La producción de carne de ganado vacuno en España en los últimos años ha sido del orden de 650.000 Tm/año, con un valor económico superior a los 4.000 millones de € y un comercio exterior equilibrado en cuanto a importaciones y exportaciones de carne (Anuario 2007, Págs. 29-203290, encuestas ganaderas del MAPA).

La mayor parte de la producción nacional de terneros, alrededor del 80%, corresponde a los denominados “carne rosada” (terneras) y “añojos” (machos). Estos sistemas son característicos del área mediterránea y se basan en el empleo de piensos ricos en cereales para adaptarse a las posibilidades productivas de estos países, cuya climatología reduce la disponibilidad y eleva los costes de producción de los forrajes. El uso de piensos con alta concentración energética conduce a una reducción paralela de la edad de su sacrificio hasta los 9-11 y 12-14 meses (para terneras y añojos, respectivamente), ya que de otra forma se produciría un excesivo engrasamiento de la canal (García-Rebollar et al., 2008).

En este contexto, los objetivos del presente trabajo son:

- Establecer la contribución del sector de producción de carne de vacuno a las emisiones de gases con efecto invernadero.
- Revisar sus principales factores de variación en función del método de producción y alimentación utilizado.
- Definir esas emisiones para el caso de los sistemas intensivos de producción de carne con relación a otros sistemas.

Efecto invernadero. El balance del carbono

La presencia en la atmósfera de algunos gases, como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), el óxido nitroso (N_2O) y los clorofluorcarbonados (CFC) implica un incremento de la temperatura del aire. Esto es debido a que estos gases permiten el paso de la radiación solar, pero absorben una parte de la irradiación infrarroja reemitida desde la Tierra. Aunque sólo constituyen una pequeña proporción (< 1%) de los gases de la atmósfera, la existencia de gases invernadero de origen natural ha favorecido el desarrollo de vida en la Tierra, ya que se estima que en su ausencia la temperatura media descendería desde los $+15^\circ\text{C}$ actuales hasta los -18°C , donde la vida no sería posible. Sin embargo, el aumento de emisiones ligado a la actividad humana (agricultura, industria, transporte, etc.) ha supuesto un incremento sustancial de las emisiones totales, especialmente en los últimos años, y la consiguiente alarma sobre las consecuencias de un calentamiento global. Así, la concentración de CH_4 atrapada en los hielos polares permaneció estable hasta hace unos 100 años (≈ 750 ppb), momento en el que empezó a aumentar hasta alcanzar los niveles actuales de 1.800 ppb (Khalil et al., 1993; Johnson y Johnson, 1995).

El poder de captación de la radiación varía de unos gases a otros (ver cuadro 1), de forma que aunque el CH_4 , N_2O y CFC se encuentran en la atmósfera a concentraciones muy inferiores al CO_2 (200 veces menor en el caso del CH_4), su contribución al efecto invernadero alcanza niveles muy significativos: 18, 6 y 14%, respectivamente, frente al 49% del CO_2 (Rhode, 1990).

CUADRO 1

Poder de calentamiento global (PRG) de diferentes gases con efecto invernadero en base a equivalentes- CO_2 (Hacala, 2006)

Gas	PRG
Dióxido de carbono (CO_2)	1
Metano (CH_4)	21
Óxido nitroso (N_2O)	310
Clorofluorcarbonados (CFC)	140-11.700

Existen también diferencias notables entre estos gases en cuanto a su vida media en la atmósfera (Van Soest, 1994; Chatelier y Verité, 2003), que es notablemente más corta para el metano (10-20 años) que para el CO_2 (50-200 años) y el óxido nitroso (100-150 años). Como consecuencia, el acuerdo de Kyoto ha

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

11

enfaticado el interés en priorizar la actuación sobre las emisiones de metano, por tener una repercusión más rápida en la reducción del efecto invernadero.

Es importante tener en cuenta que en el protocolo de Kyoto, los inventarios de emisiones de dióxido de carbono sólo contabilizan el CO_2 que procede de combustibles de origen fósil (petróleo, carbón, gas natural). En cambio, no se considera el CO_2 que se emite a partir de fuentes de carbono renovables (como el que se produce en la combustión aerobia de alimentos en los animales), puesto que ese carbono fue fijado previamente por fotosíntesis a partir de CO_2 atmosférico. También se contabiliza la conversión de CO_2 en CH_4 en procesos fermentativos microbianos, como los que ocurren en el aparato digestivo de los animales, en el suelo o en zonas pantanosas, puesto que, a igualdad de contenido en carbono, cada molécula de CH_4 tiene un valor PRG 21 veces superior al CO_2 (cuadro 1), o la emisión de N_2O desde el suelo a partir de compuestos nitrogenados (NH_3 , NO_3^-) añadidos en forma de fertilizantes orgánicos (estiércol) o inorgánicos.

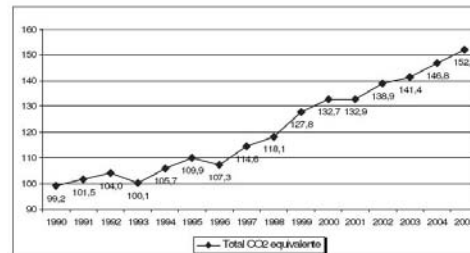
Por contra, determinados aprovechamientos agrícolas, como las praderas, permiten secuestrar carbono en la materia orgánica del suelo (del orden de 0,5 Tm de carbono/ha y año; Soussana et al., 2004) reduciendo la presencia de CO_2 en la atmósfera, con la disminución consiguiente del efecto invernadero.

El aumento de las emisiones totales de gases con efecto invernadero y su evolución para España, expresada en unidades de CO_2 equivalente, se

muestra en la figura 1, donde de igual modo se deduce cómo desde 1996 la tendencia creciente ha ido incrementándose.

Desde el año base de referencia (1990), las emisiones de gases con efecto invernadero han aumentado una media de un 4% anual.

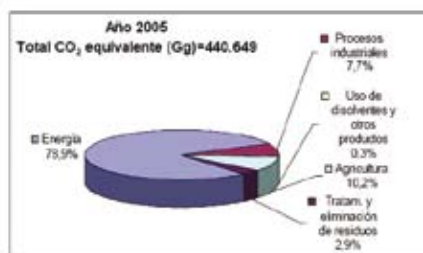
FIGURA 1
Evolución de las emisiones de gases con efecto invernadero (CO_2 equivalentes) en España, expresadas en Gigagramos de CO_2 equivalentes (Ministerio de Medio Ambiente, 2007b)



La agricultura y la ganadería como origen de gases con efecto invernadero

La contribución media de las diferentes fuentes al efecto invernadero se muestra en la figura 2. El sector agrario en su conjunto supone en España alrededor de un 10% del total, mientras que casi un 80% procede de los procesos de obtención de energía.

FIGURA 2
Contribución proporcional de las principales fuentes del efecto invernadero en España (Ministerio de Medio Ambiente, 2007a)



El óxido nitroso (N_2O) se forma en los procesos microbianos de nitrificación: oxidación de N-amoniaco (NH_4^+) a nitratos (NO_3^-) y de desnitrificación: reducción de NO_3^- y NO_2^- hasta N molecular (N_2) y procede en su mayor parte del abonado químico de los cultivos y en una menor proporción de la fertilización orgánica (estiércol y purines). Las emisiones de N_2O

aumentan en proporción a los aportes de nitrógeno al terreno, y dependen de numerosos factores, tales como la aireación del suelo (el proceso sólo se produce en condiciones aerobias), la temperatura, el pH y la humedad del suelo (Sánchez, 2008). Al efecto contaminante del N_2O como gas con efecto invernadero debe añadirse además el hecho que participa de forma activa en la destrucción de la capa de ozono.

El metano se forma en procesos de fermentación anaerobia que tienen lugar en los animales (fermentación entérica) y en el estiércol, pero también de la fermentación de material celulósico en arrozales y terrenos pantanosos, o se libera por fugas en los yacimientos de energía fósil (gas natural, gas grisú). La contribución relativa de las principales fuentes de metano se presenta en el cuadro 2. Como puede apreciarse, la ganadería es responsable en España de una parte significativa de las emisiones de CH_4 (del orden de un 60% del total incluyendo tanto la fermentación entérica como la gestión del estiércol).

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

13

CUADRO 2

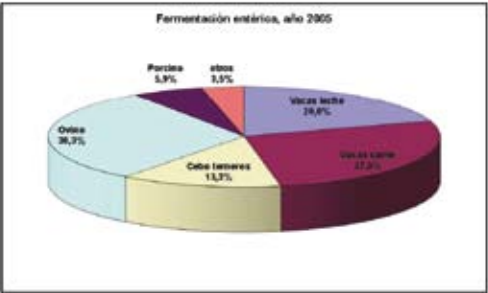
Componentes de las emisiones de metano a la atmósfera (%; Ministerio de Medio Ambiente, 2007a)

Fermentación entérica	36,2
Vertederos, tratamiento de aguas residuales y otros residuos	31,0
Gestión del estiércol	23,8
Fugas de los combustibles	5,0
Actividades de combustión energética	2,9
Arrozales	0,8

La mayor parte de las emisiones de CH₄ por fermentación entérica procede de los animales de especies herbívoras, especialmente de los rumiantes y en particular del ganado vacuno, que por su censo y tamaño relativo supone del orden del 60-75% del total de rumiantes (Van Soest, 1994; Vermorel, 1995; Johnson y Johnson, 1995; Ministerio del Medio Ambiente, 2007a; figura 3).

FIGURA 3

Contribución de las diferentes producciones ganaderas a las emisiones de metano (Ministerio de Medio Ambiente, 2007a)



Sin embargo, los terneros de cebo contribuyen en un 13,3% a la emisión de metano vía fermentación entérica, es decir en una menor proporción que el ovino, las vacas de leche y el vacuno de carne alimentado con pastos (figura 3). Si consideramos exclusivamente la especie bovina, una estimación del reparto de esta cantidad entre los distintos tipos de bovinos en España se muestra en el cuadro 3.

CUADRO 3

Estimación de la contribución proporcional (%) de distintos tipos de bovinos a las emisiones totales de CH₄ por el ganado vacuno en España (UPV, 2006)

Vacas reproductoras de carne	39
Vacas de ordeño	26
Terneros de cebo	21
Animales de recría	12
Sementales	2

En la figura 4 se presenta un resumen de la importancia relativa de la contribución de la ganadería a las emisiones de gases con efecto invernadero en España. Como puede apreciarse, la proporción correspondiente a la ganadería de rumiantes (fundamentalmente a través de la fermentación entérica) y de monogástricos (principalmente vía formación de metano a partir de la gestión del estiércol y emisiones de N₂O), se estima en alrededor de un 3 y un 2% de las emisiones totales, respectivamente. Del 3% correspondiente a los rumiantes, tan sólo un 0,36% es atribuible al cebo de terneros.

Fisiología de la producción de metano en el aparato digestivo de los rumiantes

De acuerdo con lo expuesto en párrafos anteriores, la producción ganadera es responsable directa o indirectamente (a través del estiércol) de una proporción relevante de las emisiones de metano y, a través de ello, de las emisiones de gases con efecto invernadero.

El metano se forma como resultado de la fermentación de una parte del alimento por parte de la flora microbiana residente en el aparato digestivo de los animales. De esa fermentación los microorganismos obtienen la energía que precisan para sus funciones vitales, y el huésped la posibilidad de acceder a una parte de los nutrientes del alimento, que de otra forma resultarían indigestibles.

El sustrato para estos procesos fermentativos son cadenas carbonadas procedentes principalmente de la hidrólisis de los hidratos de carbono del alimento. Los microorganismos disponen de enzimas capaces de actuar no sólo sobre los carbohidratos de reserva (almidón), sino también sobre los hidratos de carbono estructurales que forman parte de la pared celular de las plantas (fracción fibrosa). El resultado de la hidrólisis de estos polisacáridos son sus azúcares constituyentes, de forma que tanto el

almidón como la celulosa dan lugar a la liberación de glucosa como resultado final de este proceso.

Análogamente, la hidrólisis de hemicelulosas, pectinas y fructanos dan lugar respectivamente a la formación de pentosas, ácidos urónicos o fructosa. No todos los componentes hidrocarbonados del alimento son igualmente hidrolizables. Los principales factores que condicionan la eficacia del proceso son el grado de lignificación de la fibra, que dificulta la actuación de los microorganismos, y el tiempo de que dispongan éstos para realizar la digestión.

En una segunda etapa, la flora digestiva fermenta los azúcares liberados (figura 5) dando lugar como producto final a la formación de ácidos grasos volátiles (AGV), CO_2 , CH_4 y calor, así como al crecimiento y proliferación de los propios microorganismos. Tanto los AGV como los microorganismos son nutrientes o fuentes de nutrientes fácilmente disponibles para el animal huésped. El metano producido (alrededor de 50 a 400 l/día en ovino y vacuno adulto, respectivamente) resulta inerte tanto para la flora como para el huésped, siendo excretado en el eructo y en el aire expirado (figura 6).

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

15

FIGURA 4

Contribución de la ganadería de rumiantes al efecto invernadero en España (% de las emisiones totales en CO₂ equivalente)

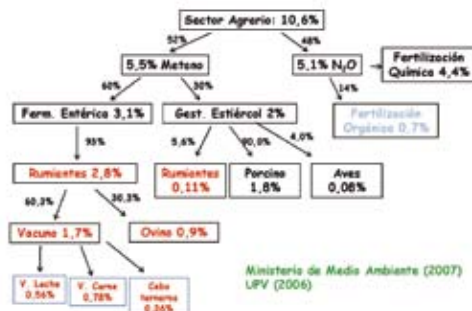
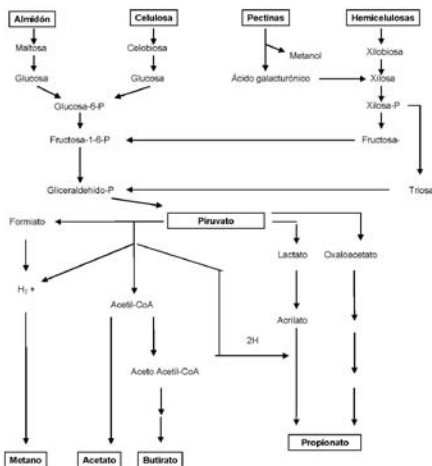


FIGURA 5

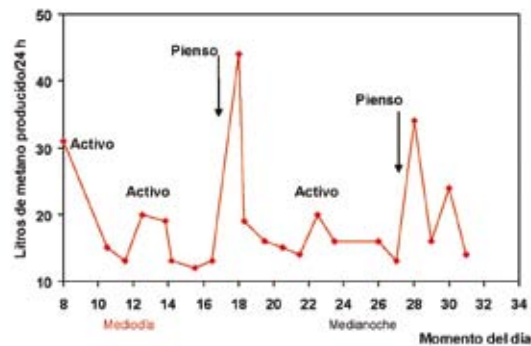
Fermentación de los constituyentes del alimento en los compartimentos digestivos de los rumiantes, dando lugar a la formación de metano (según Czerkawski, 1986)



La flora microbiana responsable de los procesos fermentativos alcanza concentraciones muy elevadas (10¹¹-10¹²/g contenido digestivo), tanto en el rumen como en el

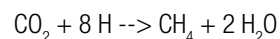
FIGURA 6

Variación típica en la producción de CH₄ de una oveja durante un período de 24 horas. Nótese los picos de producción asociados con la comida y con la actividad física del animal (según Blaxter, 1964)



intestino grueso. La flora es por otra parte extremadamente compleja, estando constituida por un gran número de especies y géneros protozoos y bacterias que interaccionan entre sí y cuyo crecimiento se estimula o se inhibe en función del sustrato fermentado y de las condiciones del medio (principalmente acidez y velocidad de renovación).

Dentro de esta complejidad, se establecen grandes grupos de microorganismos en función del tipo de sustrato que fermentan (p.e.: “amilolíticos” o “celulolíticos”). Un grupo de microorganismos anaerobios estrictos denominado “metanogénicos” constituido por diferentes especies pertenecientes al subgrupo Archae (Van Soest, 1994) es capaz de obtener energía reduciendo H₂ del gas del rumen y generando CH₄ como producto final:





Factores que determinan la producción de metano en el aparato digestivo

I. Factores ligados al animal

1.1.- Especie animal

La formación de CH_4 depende del tamaño y situación de la zona fermentativa, así como de la existencia de mecanismos que favorezcan la retención del alimento y que prolonguen, por tanto, el tiempo de actuación de los microorganismos. El gran volumen relativo del rumen, unido a su localización al principio del aparato digestivo y a la presencia del omaso, que dificulta la salida de partículas gruesas de alimento, favorece la existencia de una densa población microbiana (del orden de 2 kg de bacterias en un vacuno adulto; INRA, 1978). Se estima que, como media, un 80% de la materia orgánica del alimento (incluyendo no sólo la fracción fibrosa sino también gran parte de los componentes del contenido celular) es fermentada en el rumen (INRA, 1988; NRC, 2001).

En el ciego y colon de los rumiantes y también en otras especies animales, especialmente las herbívoras (caballos, conejos) y en menor grado las omnívoras (porcino), ocurre también fermentación de nutrientes. Sin embargo, en estas zonas los microorganismos sólo pueden actuar sobre la

fracción del alimento no digerida en el intestino delgado (constituyentes fibrosos principalmente). Además, el tiempo de retención del residuo alimenticio es mucho más limitado que en el rumen, por lo que su importancia cuantitativa es inferior.

1.2.- Peso/edad

El rumen y los procesos fermentativos se desarrollan con la edad, de forma que son mínimos en rumiantes lactantes, en los que la leche pasa directamente al abomaso sin fermentar, y pasan a alcanzar después del destete una tasa proporcional a su tamaño (a la misma escala que en animales adultos).

Un análisis realizado en Nueva Zelanda (Machmüller y Clark, 2006) sobre resultados de producción de metano en rumiantes (vacuno y ovino) en pastoreo, muestra que la producción diaria de metano aumenta con la edad y se incrementa de forma lineal con el peso del animal expresado sobre peso metabólico ($\text{PM} = \text{peso vivo}^{0.75}$):

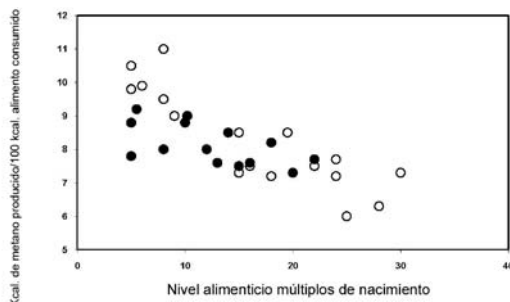
$$\text{CH}_4 \text{ (g/d)} = 3,58 \text{ PM} - 35,8; \text{ R}^2 = 0,83; \text{ N} = 1.025$$

1.3.- Nivel de producción

Un incremento del nivel de ingestión de alimento en animales altamente productivos implica un incremento de la velocidad de tránsito por el rumen y, como consecuencia, un menor tiempo de actuación de los microorganismos, una menor digestión fermentativa y una menor formación de metano en términos relativos (Blaxter, 1964; ver figura 7). Este mismo autor estima que un incremento del nivel de alimentación desde el mantenimiento a dos veces este valor, implica un descenso de la producción relativa de CH_4 de 1-1,5 kcal/100 kcal energía bruta ingerida.

FIGURA 7

Producción de metano de ovinos y bovinos en relación al nivel alimenticio. Ambas especies recibieron cantidades diferentes de las mismas raciones y ambas muestran disminuciones comparables en la producción de metano con el aumento de la ingestión de alimentos (Blaxter, 1964)



Una revisión realizada por Vermorel (1995) muestra que la cantidad de CH_4 producida por litro de leche en vacas se reduce al aumentar el nivel de producción según la siguiente ecuación:

$$\text{CH}_4/\text{P. leche (l/l)} = 6,86 + 317/\text{P. leche (l/día)}$$

De la particularización de esta ecuación se deduce que la relación $\text{CH}_4/\text{P. leche}$ disminuye desde 41,1 l/l en vacas de 3.400 l/año hasta 24,8 l/l en vacas de mayor capacidad productiva (6.500 l/año). Una relación curvilínea similar ha sido obtenida por Holter y Young (1992); Kirchgessner et al. (1994) y Machmüller y Clark (2006).

De igual forma, Vermorel (1995) observa que la producción de metano (m^3/kg canal) es inferior (del orden de la tercera parte) en animales de razas lecheras sacrificados a edades jóvenes que en los sistemas más extensivos (animales de razas de carne sacrificados a 40 meses de edad).

2. Factores ligados a la alimentación

2.1.- Relación de concentrado a forraje en la ración

La alimentación de rumiantes con raciones que contienen altas cantidades de concentrado en relación al forraje da lugar a una disminución del pH del contenido ruminal. Este efecto es consecuencia por una parte de la mayor velocidad de fermentación del concentrado y por otra de la disminución del poder tampón asociado al consumo de forraje de forma directa (capacidad buffer de las pectinas o la lignina), o indirecta (a través de la inducción de la rumiación y de la entrada en el rumen de tampón fosfato y bicarbonato contenido en la saliva).

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

19

La acidificación del contenido ruminal supone cambios en la composición de la flora microbiana, que incluyen una disminución de la densidad de flora celulolítica y un aumento de la flora amilolítica. Como consecuencia, se reduce la digestión de la fibra y se altera el tipo de fermentación hacia la formación de una menor cantidad de ácido acético y mayor de ácido propiónico (cuadro 4). El tipo de ácidos grasos producido en la fermentación tiene un efecto directo sobre la cantidad de H y CH₄ liberados, ya que, como se aprecia en la figura 8, la formación de ácido acético es paralela a la de H (4 moles de H/mol acético), mientras que la de ácido propiónico implica captura de H (2 moles de H/mol propiónico). De esta forma, las emisiones de CH₄ aumentan en paralelo a la relación [acético + butírico]/propiónico formado en el rumen (Moss et al., 2000; ver figura 9).

CUADRO 4
Proporciones molares de AGV y pH del líquido ruminal de ovejas alimentadas con dietas basadas en urea y paja de cereales o grano de cebada (según Oldham et al., 1977)

Dieta	pH	% acético	% propiónico	% butírico
Paja de cebada	5,9	68	17	14
Grano de cebada	4,9	53	32	13

FIGURA 8
Balance de la fermentación de azúcares en el rumen según el tipo de ácido graso volátil producido (Van Soest, 1994)

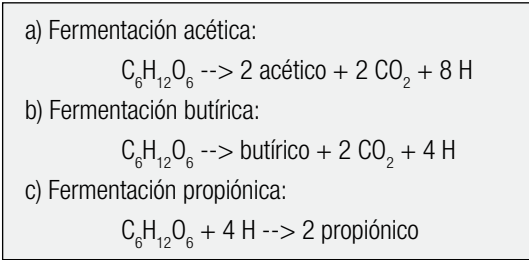
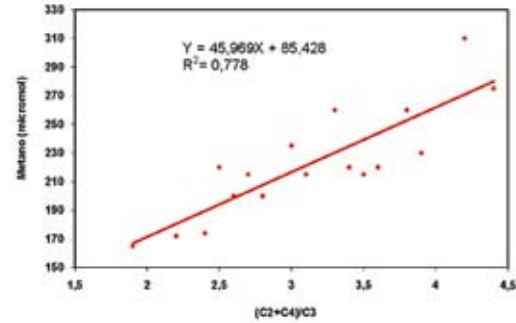


FIGURA 9
Efecto del perfil de ácidos grasos volátiles producido en el rumen sobre las pérdidas de metano (según Moss et al., 2000)



El resultado final del proceso es que un aumento de la proporción de concentrado en la ración supone un descenso considerable de la concentración de hidrógeno, de bacterias metanogénicas y de la producción de metano (Van Soest, 1994; Lana et al., 1998). Un ensayo realizado en Australia (Harper et al., 1999) mostró que la producción de energía en forma de metano de novillas en pastoreo alimentadas con forrajes de baja calidad

alcanzaba entre un 7,7 y un 8,4% de la energía bruta ingerida, mientras que cuando los mismos animales recibían una ración rica en grano (80% de avena), las emisiones de energía en forma de metano disminuían hasta un 1,9-2,2% de la energía bruta ingerida, es decir a un nivel de alrededor de cuatro veces inferior.

2.2.- Tipo de concentrado

Los granos de cereales con una alta proporción de endospermo harinoso (trigo, cebada, avena), así como la mandioca son más fácil y rápidamente fermentados en el rumen que los que contienen una proporción similar de endospermo harinoso y endospermo córneo (maíz, sorgo) (cuadro 5). Como consecuencia, el tipo de concentrado incluido en la ración implica cambios en la acidez ruminal y en el tipo de fermentación (acética/propiónica) resultante, y, previsiblemente, en la cantidad de CH_4 producido. En concordancia con ello, un trabajo reciente (Beauchemin y McGinn, 2005) muestra que la sustitución de grano de cebada por maíz grano reduce las emisiones de metano desde un

CUADRO 5

Efecto del tipo de grano de cereal sobre la proporción de almidón soluble y degradable en el rumen (Sauvant et al., 2004)

Cereal	% almidón	
	Soluble	Degradable
Maíz	23	60
Trigo blando	58	94
Cebada	52	89

4,03 hasta un 2,81% de la energía bruta ingerida en raciones concentradas para terneros en cebo intensivo (sistema feedlot).

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que el procesado térmico del maíz y el sorgo implica un incremento de su digestibilidad ruminal y, como consecuencia, un comportamiento más similar al del resto de los granos de cereales.

2.3.- Tipo de forraje

El uso de fuentes de fibra poco lignificadas (como la pulpa de remolacha, la cascarilla de soja o forrajes jóvenes de alta calidad) implica una mayor tasa de fermentación y de producción de metano que la de forrajes maduros o subproductos altamente lignificados (como la paja de cereal, común en las raciones de vacuno de cebo en España). Así, los resultados del cuadro 6 muestran una relación positiva entre la digestibilidad aparente del forraje y la cantidad relativa de CH_4 producida. De hecho, el uso de fuentes de fibra lignificadas se ha sugerido como forma de reducir las emisiones de metano (Kreuzer y Hindrichsen, 2006).

De los resultados del cuadro 6 puede también deducirse que la molienda y posterior granulación de los forrajes supone un descenso de las emisiones de metano, especialmente cuando los forrajes son de buena calidad. El procesado de los forrajes supone una disminución del tamaño de sus partículas y, por ello, una mayor facilidad de salida, un menor tiempo

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

21

de permanencia en el rumen y una menor tasa de fermentación, especialmente notable en los forrajes de mayor calidad, potencialmente más fermentables. Por otra parte, la molienda del forraje da lugar a un menor tiempo de rumia, una acidificación del contenido ruminal y una reducción de la relación acético/propiónico, lo que resulta en un efecto adicional sobre la disminución de la producción de metano.

CUADRO 6
PRODUCCIÓN DE METANO AL NIVEL ALIMENTICIO DE MANTENIMIENTO (KCAL DE CH₄/100 KCAL DE ALIMENTO SUMINISTRADO) EN RELACIÓN CON LA DIGESTIBILIDAD APARENTE DEL FORRAJE Y DE SU TAMAÑO DE MOLIENDA (BLAXTER, 1964)

Ración	Digestibilidad aparente de la energía (%)				Desviación típica de un ensayo aislado
	50	60	70	80	
Groseros	7,2	7,8	8,4	9,0	± 4,07
Granulados	7,0	7,3	7,5	7,7	± 0,53

2.4.- Suplementación con grasa insaturada y de cadena media

Varios autores han señalado que la adición de grasa, especialmente grasa insaturada (Zhang et al., 2008) y de cadena media (Lovett et al., 2003; Jordan et al., 2006b; Beauchemin y McGinn, 2006b) a la ración, implica alteraciones de la composición de la flora microbiana que se traducen en una disminución de la digestión de la fibra y favorecen la formación

de propiónico y una menor producción de metano (Demeyer et al., 1969; Van Soest, 1994; Johnson y Johnson, 1995).

De una revisión de Giger-Reverdin et al. (2003) sobre resultados obtenidos con 37 raciones en 7 trabajos se dedujo la siguiente ecuación de regresión:

$$\text{CH}_4 \text{ (l/kg MSi)} = 47,3 - 0,0212 \text{ MSi}^2 - 0,680 \text{ Ext. etéreo (\% MS)};$$
$$\text{R}^2 = 0,76 ; \text{RSD} = \pm 2,62$$

La precisión de la ecuación aumentaba (hasta $\text{R}^2 = 0,84$; $\text{RSD} = \pm 2,16$), cuando se incluían adicionalmente el nivel de insaturación y la longitud de la cadena de los ácidos grasos como variables predictoras.

Las hipótesis para explicar esta relación incluyen: I) la competencia por el hidrógeno generado en el rumen para la saturación de los ácidos grasos, reduciendo su disponibilidad para la formación de CH₄ por las bacterias metanogénicas, II) un efecto tóxico directo de los ácidos grasos o de sus derivados metabólicos en el rumen sobre la flora metanogénica y celulolítica, y III) la disminución de la digestibilidad ruminal del sustrato potencialmente fermentable (especialmente fibra) que reduciría la producción de acético, butírico e hidrógeno.

Debe también tenerse en cuenta que los efectos de reducción de la producción de metano por una menor digestión de la fibra (a través de la suplementación

con grasa o la disminución del tamaño de partículas) se compensan en mayor o menor grado por una mayor excreción en heces de fibra fermentable y, por tanto, con unas mayores emisiones por la fermentación anaerobia del estiércol.

2.5.- Suplementación con aditivos

Según numerosos autores (Van Soest, 1994; Johnson et al., 1994; Johnson y Johnson, 1995; Sauer et al., 1998; McGinn et al., 2004; Beauchemin y McGinn, 2006a), el uso de antibióticos ionóforos, como la monensina, la rumensina o el lasolacid, reducen el consumo de alimento, la concentración de flora Gram positiva, la relación acético:propiónico, la formación de hidrógeno y la de metano (hasta un 25%). Sin embargo, el uso de este tipo de aditivos no se encuentra actualmente autorizado en los países de la UE. Por ello, en los últimos años se ha investigado el uso de diversos aditivos naturales por su efecto antimetanogénico.

Así, se ha determinado que algunos ácidos orgánicos, como el ácido málico y el ácido fumárico compiten por el hidrógeno del gas del rumen con diversas bacterias metanogénicas (*Fibrobacter succinogenes*, *Selenomonas ruminantium*, *Veillonella parvula* y *Wollinella succinogenes*), resultando en reducciones de las emisiones de CH₄ comprendidas entre un 3 y un 17%, que no siempre alcanzaban significación estadística (Carro et al., 1999; Asamuna et al., 1999; Carro et al., 2003; Caja et al., 2003; McGinn et al., 2004; Beauchemin y McGinn, 2006a).

Igualmente varios estudios han mostrado que el uso de taninos condensados procedentes de diferentes especies (Lespedeza, Acacia, Calliandra, Sorgo) es efectivo a dosis bajas o moderadas en la reducción de emisiones de metano en ganado ovino (Hess et al., 2003; Carulla et al., 2005; Puchala et al., 2005; Animut et al., 2008 a,b). Otros autores (Calsamiglia et al., 2005) han detectado un efecto inhibitor en condiciones in vitro de la producción de metano de diversos extractos de plantas, tales como *Equisetum arvense*, *Salvia officinalis*, *Armoracia rusticana*, *Allium sativa* y *Origanum vulgare*. No obstante, el valor de estos productos a nivel práctico no está todavía plenamente establecido.



23

Modelos de predicción de las emisiones de metano en rumiantes

El primer modelo para la estimación de la producción de CH_4 (Y_m , kcal $\text{CH}_4/100$ kcal EBi) en rumiantes fue establecido por Blaxter y Clapperton (1965), a partir de datos obtenidos en ganado ovino adulto consumiendo forrajes y utilizando como predictores la digestibilidad de la energía de la ración (dE, %) y el nivel de alimentación (L, en múltiplos del nivel de mantenimiento, $L = 1$):

$$Y_m = 1,30 + 0,112 \text{ dE} + L (2,37 - 0,05 \text{ dE})$$

La particularización de la ecuación muestra un efecto positivo de la dE del forraje y negativo del L sobre Y_m . No obstante, la extrapolación de estos resultados a dietas prácticas debe hacerse con precaución al no haberse incluido información procedente de raciones mixtas con concentrado en animales de alta producción. Así, el rango de valores de Y_m predicho por la ecuación en un intervalo de dE y L correspondiente a dietas prácticas se encuentra entre un 6 y un 8%, cuando los valores obtenidos in vivo tienen una variación considerablemente superior (2-11%, Johnson y Johnson, 1995; Harper et al., 1999).

Una aproximación alternativa para estimar las emisiones de metano (CH_4 , Mcal/día) en rumiantes fue propuesta por Moe y Tyrrell (1979) a partir de 404 balances de energía en vacuno adulto y utilizando como predictores las ingestiones de nutrientes brutos o digestibles (kg/día). Las ecuaciones fueron calculadas mediante una selección de variables (método stepwise), y fueron las siguientes:

nutrientes brutos

$$\text{CH}_4 = 0,814 + 0,122 \times \text{CNF (carbohidratos no fibrosos, fundamentalmente almidón) + 0,415 HEL (hemicelulosa) + 0,633 CEL (celulosa); } R^2 = 0,67$$

nutrientes digestibles

$$\text{CH}_4 = 0,439 + 0,273 \times \text{CNF} + 0,512 \text{ HEL} + 1,393 \text{ CEL; } R^2 = 0,73$$

Los resultados reflejan que los precursores para la producción de metano son principalmente los hidratos de carbono y que existen diferencias notables debidas al tipo de carbohidrato: 6,5; 11,5 y 33,6 kcal $\text{CH}_4/100$ kcal de

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

25

CNF, HEL y CEL digestibles, respectivamente. También muestran que la precisión de la ecuación aumenta cuando se tienen en cuenta las diferencias en digestibilidad entre alimentos. Sin embargo, esta información no siempre está disponible ni es fácil de estimar.

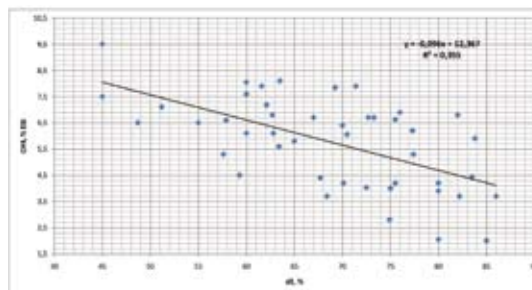
El rango de valores de Ym predichos por las ecuaciones de Moe y Tyrell se aproxima más a los valores determinados in vivo de Ym que la de Blaxter y Clapperton. Comparaciones realizadas por Wilkerson et al. (1995) y Ellis et al. (2007) entre varios modelos de predicción muestran que la ecuación de Moe y Tyrell es la que presenta menor error de predicción entre las diversas propuestas, aunque la precisión puede mejorarse ligeramente mediante modelos más complejos que incluyen como predictor variables ligadas a parámetros productivos (producción de leche, contenido de la leche en grasa y proteína; Holter y Young, 1992). No obstante, su particularización para raciones altamente concentradas suplementadas con paja, como las que se usan en España en el cebo intensivo de terneros, conduce a estimaciones de Ym en el entorno de un 7%, que es un valor superior al observado en ensayos in vivo (3-5%).

En la figura 10 se presenta una revisión de valores obtenidos en ensayos recientes (Holter y Young, 1992; Johnson et al., 1994; Vermorel et al., 1995; Kirkpatrick et al., 1997; Harper et al., 1999; Yan et al., 2000; Estermann et al., 2002; Lovett et al., 2003; Beauchemin & McGinn, 2004; McGinn et al., 2004; Lovett et al., 2005; Beauchemin y McGinn, 2006b; Nkrumah et al., 2006; IPCC, 2006; Jordan et al., 2006a; Jordan et al., 2006b; Lassey, 2007) sobre la

correlación existente entre la digestibilidad de la energía de la ración y las pérdidas de energía en forma de metano, expresadas como proporción de la energía bruta ingerida.

Los resultados muestran que en los sistemas actuales de producción sigue existiendo una correlación negativa entre la concentración energética de la ración y las emisiones de metano en rumiantes, de forma que los valores medios se reducen desde alrededor de un 6,5-7,5% en raciones extensivas, hasta un 4,0-4,5% en raciones concentradas. También se aprecia que las variables independientes (digestibilidad y consumo de alimento) sólo explican un 36% de la variación de la producción de energía en forma de metano. En este mismo sentido, en la figura puede observarse la existencia de una elevada dispersión de los datos de emisión de CH₄ para cada valor de digestibilidad, lo que demuestra que otros factores implicados en la formación del metano descritos en apartados anteriores tienen una elevada influencia.

FIGURA 10
Efecto de la digestibilidad de la energía de la ración (dE, %) sobre las emisiones de metano (CH₄, %EBi) según revisión de trabajos recientes



Sistemas de alimentación para cebo de terneros en España: aproximación a dietas prácticas

En la actualidad existen en España básicamente dos tipos de producción de terneros de cebo. Los denominados terneros ‘mamones’ proceden de razas lecheras (fundamentalmente frisones) y entran en cebo con 60-80 kg de peso y 4 semanas de edad, después de seguir programas de lactancia artificial. Durante su primera etapa en el cebadero, estos terneros reciben un pienso de ‘iniciación’ relativamente rico en proteína (18-20%) y no excesivamente concentrado en energía (alrededor de 1 UFc/kg) hasta que alcanzan los 150-200 kg de peso (cuadro 7).

Los denominados terneros ‘pasteros’ proceden de rebaños extensivos de vacas autóctonas de carne y entran en cebo después de una lactancia natural a los 5-7 meses de edad con unos 180-200 kg de peso. Los terneros pasteros reciben al llegar al cebadero un pienso de ‘adaptación’ durante 2-3 semanas para limitar el efecto del estrés de entrada, reducir los problemas de paraqueratosis y suavizar el cambio al tipo de alimentación que van a recibir en el periodo de cebo. La formulación del pienso de adaptación (cuadro 7) incluye restricciones para equilibrar los aportes

de ingredientes concentrados y fibrosos. Los primeros garantizan una alta fermentabilidad y una elevada producción de ácidos grasos volátiles para estimular el crecimiento de las papilas ruminales, mientras que el aporte de los segundos sirve de estímulo táctil para promover la motilidad ruminal y la absorción.

Durante el periodo de cebo propiamente dicho los terneros procedentes de ambos sistemas de producción reciben un pienso de ‘crecimiento’ hasta los 300-350 kg de peso vivo. Posteriormente, los animales son alimentados con un pienso de ‘acabado’ hasta alcanzar el peso de sacrificio (350-400 kg para ternera rosada y 450-500 kg para los añojos). Ambos piensos se ofrecen junto con paja a voluntad para estimular la motilidad ruminal y controlar la incidencia de problemas digestivos. El consumo diario de paja se estima que aumenta con la edad desde 0,3-0,6 kg/día en el periodo entre 100 y 300 kg, hasta 0,8-1,8 kg/día en el periodo entre 300 y 420 kg de peso vivo (Bacha et al., 2005). Con respecto a los piensos de iniciación, la concentración energética de los piensos de crecimiento y acabado va

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

27

aumentando con la edad, mientras que la concentración proteica sigue la tendencia contraria (cuadro 7).

Todos los piensos de cebo intensivo de terneros están basados en el uso de cereales que constituyen habitualmente más del 60% del total de ingredientes. En la práctica se recomienda combinar el uso de almidón fácilmente fermentable (cebada, trigo, centeno) con almidón de fermentación más lenta (maíz), al objeto de reducir la incidencia de problemas de acidosis y meteorismo,

especialmente desde la prohibición del uso de antibióticos de tipo ionóforo en la UE. Para la elaboración de los piensos se recurre también a harina de soja, subproductos de cereales (salvado de trigo, gluten de maíz, harina de galletas), subproductos de leguminosas (cascarilla de soja, garrofa) y grasas. Según las zonas se emplea pulpa de remolacha, guisantes y harinas de girasol o de palmiste.

CUADRO 7
Composición química, valor nutritivo y contenido en ingredientes de piensos para la producción de carne rosada (Bacha, 1999; Bacha et al., 2005 y García-Rebollar et al., 2008)

	Tipo de pienso			
	Iniciación mamones (<200 kg)	Adaptación pasteros (14-21 d)	Crecimiento (200-350 kg)	Acabado (> 350 kg)
UF carne/kg	0,99-1,00	0,95-0,98	1,00-1,02	1,02-1,05
Proteína, %	18-20	12-15	15-16	14-15
Almidón, %	30-35	25-30	30-40	35-45
Grasa, %	3-5	3-5	3-6	3-6
FND, %	10-15	30-35	15-25	15-25
Ingredientes (%)				
Cebada	25-35	25-30	35-45	35-45
Maíz	25-35	8-15	20-30	20-30
Soja 44	18-22	5-10	14-18	12-16
Subproductos*	15-20	40-60	12-20	12-20
Grasas	1-2	0-1	1-2	2-3
*Salvado de trigo, gluten-20, cascarilla de soja, pulpas				



Propuesta de valores de referencia para la ganadería de vacuno de carne en España según el sistema de producción

La ecuación de predicción de las pérdidas de metano, determinada a partir de la revisión bibliográfica realizada en este trabajo (Figura 9) ha sido utilizada para estimar los valores correspondientes a los sistemas de alimentación que se emplean en España. En el cuadro 8 se presenta un ejemplo de cálculo para las principales etapas del periodo de cebo de terneros. Los valores de energía bruta (EB), digestibilidad de la energía (dE) y energía digestible (ED) de los diferentes ingredientes se han obtenido de las tablas del INRA (2007) y se han ponderado para una composición típica de piensos de iniciación, crecimiento y acabado, asumiendo además que las raciones están constituidas por un 90% de pienso y un 10% de paja de cereales. Como puede apreciarse, los valores estimados por la ecuación son similares en todos los casos, encontrándose en el entorno de un 4,7% de la EB ingerida.

Esta estimación podría todavía reducirse si se aceptan los resultados de Beauchemin y Mc Ginn (2005), según los cuales la sustitución completa de grano de cebada por grano de maíz en piensos de cebo reduce la producción

de metano en alrededor de un 30% como consecuencia de su menor degradabilidad en el rumen. Aplicando estas correcciones a una tasa característica de sustitución de cebada por maíz de alrededor de un tercio en los sistemas de alimentación utilizados en España (cuadro 7), resultaría una estimación final de la producción de metano de alrededor de un 4,2% de la EB ingerida. Además, los piensos de cebo españoles suelen estar suplementados con grasa (generalmente manteca, con un 56% de ácidos grasos insaturados), lo que implica según se ha mencionado anteriormente un efecto adicional sobre la reducción de la digestión de la fibra y la formación de metano.

Esta estimación coincide apreciablemente con los valores determinados experimentalmente con sistemas intensivos similares para el periodo de acabado (sistemas feedlot) en Estados Unidos (4,2%; Johnson et al., 1994), Canadá (3,2-4,2%; Nkrumah et al., 2006) e Irlanda (3,9%; Jordan et al., 2006a; Jordan et al., 2006b). Valores inferiores (en torno a un 3%) han sido obtenidos con piensos concentrados de acabado en base a maíz (Beauchemin y Mc Ginn, 2005)

o avena (Harper et al., 1999) y son también los propuestos por el IPCC (2006) para estimar emisiones de terneros alimentados con sistemas feedlot.

Los valores de emisiones de metano obtenidos con raciones concentradas contrastan con los determinados en terneros alimentados con raciones extensivas en base a forrajes. Así, si la ecuación de la figura 10 se aplica a una dieta mixta constituida por un 90% de forrajes ($dE = 60\%$) y un 10% de concentrados ($dE = 75\%$), el valor predicho para la proporción de EB ingerida que se pierde en forma de metano aumenta hasta un 6,5%. Esta estimación coincide con el valor propuesto por el IPCC (2006) para estimar las emisiones de terneros en cebo extensivo y es incluso inferior a algunas determinaciones realizadas con raciones forrajeras basadas en heno de bromo (7,6%; Johnson et al., 1994), silo de hierba (8%; Kirkpatrick et al., 1997; Jordan et al., 2006), hierba (7,7-8,4%; Harper et al., 1999) y silo de cebada (6,5-7,9%; Beauchemin y Mc Ginn, 2006b).

La comparación de emisiones de metano entre sistemas de producción debe, además, tener en cuenta que los consumos de materia seca y energía bruta son sensiblemente superiores en los sistemas extensivos que en los intensivos, como consecuencia de la peor eficacia de conversión del alimento (cuadro 9). Si se acepta una concentración media de 4,42 Mcal de EB/kg MS tanto para alimentos concentrados como para forrajes (INRA, 2007), resultan las estimaciones de consumo de energía y de producción de metano que se muestran en el cuadro 10 para sistemas de cebo basados en cereales, hierba o silo

de maíz. De estos cálculos se deduce que los valores de emisiones totales de metano por ternero en un sistema cereal/paja se reduce a 325 Mcal de CH_4 /ternero con respecto a los correspondientes a terneros alimentados en base a hierba (853 Mcal de CH_4 /ternero) y en sistemas intermedios basados en silo de maíz (491 Mcal de CH_4 /ternero).

CUADRO 8

Estimación de la producción de metano en terneros en cebo alimentados con dietas intensivas

Pienso iniciación

Ingrediente	%	EB, Mcal/kg	dE, %	ED, Mcal/kg
Maíz	30	3,86	86	3,32
Cebada	30	3,81	81	3,08
Soja 44	20	4,08	92	3,75
Cascarilla soja	10	3,89	80	3,11
Salvado	6,5	4	76	3,04
Manteca	1,5	9,4	80	7,52
Corrector vitamínico mineral	2	0		0
Total pienso		3,77	84,5	3,18
Paja		4,04	41	1,66
90% pienso + 10%paja			80,1	
Ec. Fig 10	% CH_4 /EB	4,67		

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

31

Pienso crecimiento

Ingrediente	%	EB, Mcal/kg	dE, %	ED, Mcal/kg
Maíz	25,4	3,86	86	3,32
Cebada	40	3,81	81	3,09
Soja 44	16,5	4,08	92	3,75
Cascarilla soja	10	3,89	80	3,11
Salvado	4,3	4	76	3,04
Manteca	1,2	9,4	80	7,52
Corrector vitamínico mineral	2,6	0		0
Total pienso		3,74	84	3,14
Paja		4,04	41	1,66
90%pienso + 10% paja			79,7	
Ec. Fig 10	%CH ₄ /EB	4,71		

Pienso acabado

Ingrediente	%	EB, Mcal/kg	dE, %	ED, Mcal/kg
Maíz	24,8	3,86	86	3,32
Cebada	40	3,81	81	3,09
Soja 44	13,7	4,08	92	3,75
Cascarilla soja	10	3,89	80	3,11
Salvado	7	4	76	3,04
Manteca	2,3	9,4	80	7,52
Corrector vitamínico mineral	2,2	0		0
Total pienso		3,71	83,5	3,1
Paja		4,04	41	1,66
90% pienso + 10% paja			79,2	
Ec. Fig 10	%CH ₄ /EB	4,75		

CUADRO 9

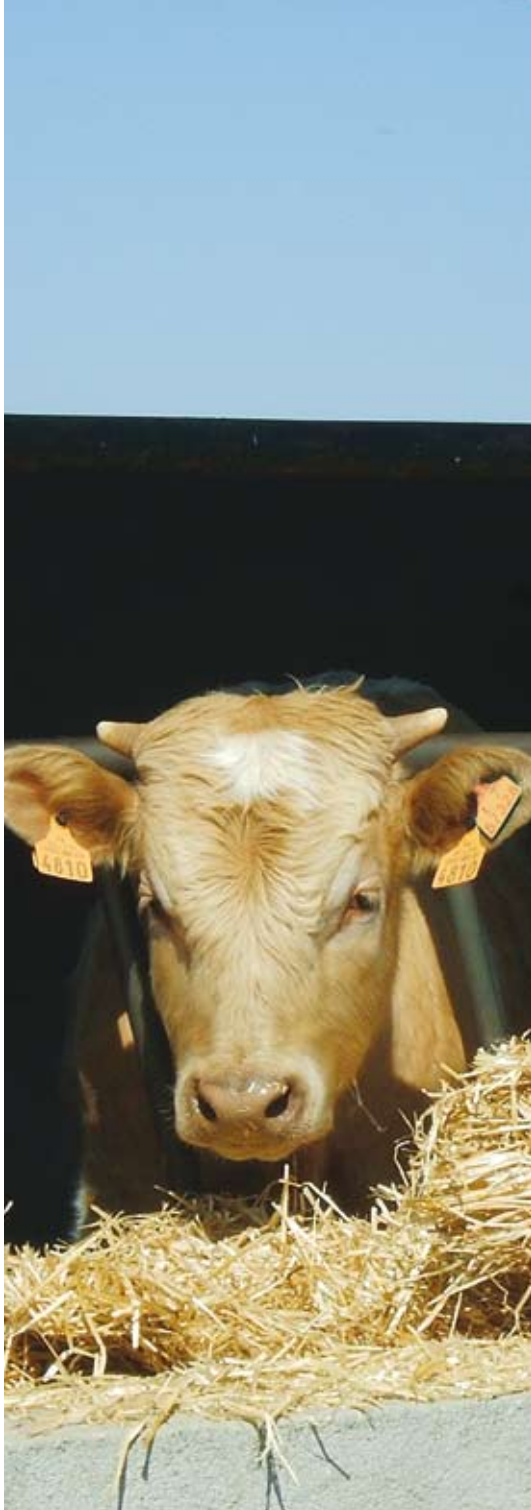
Efecto del sistema de producción de terneros de carne de raza frisona sobre el peso al sacrificio, el consumo de materia seca y la eficacia alimenticia durante el periodo de cebo (según Kay, 1979)

Sistema	Kg MS ingerida/ternero		Ganancia de peso (kg)	Índice conversión ⁽¹⁾
	Concentrado	Forraje		
Cereal	1578	175 ⁽²⁾	335	4,7
Hierba-18 meses	902	2070	380	7,8
Silo maíz	335	1800	395	5,4
¹ kg MS/kg ganancia peso				
² Paja de cereal				

CUADRO 10

Efecto del sistema de producción de terneros de carne de raza frisona sobre las emisiones de metano durante el periodo de cebo

Sistema	Ingestión/ternero		dE, %	CH ₄ /EBi, %	Mcal CH ₄ /ternero
	kg MS	Mcal EB			
Cereal-paja	1753	7748	80	4,2	325
Hierba-18 meses	2972	13136	67	6,5	853
Silo maíz	2135	9436	74	5,2	491



Conclusiones 33

La contribución media del sector agroganadero a la emisión de gases con efecto invernadero en España es de alrededor de un 10%, correspondiendo a partes iguales a la producción de metano y a la de N_2O (5% en cada caso). La ganadería en su conjunto es responsable tan sólo del 13,7% de las emisiones globales de N_2O . En cuanto a las emisiones de metano originadas en la actividad ganadera, un 60% proceden de la fermentación entérica de los alimentos en el aparato digestivo de los animales y el restante 40% de la gestión del estiércol en las granjas.

Los rumiantes son responsables de tan sólo un 5,5% de las emisiones de metano vía fermentación del estiércol, pero generan en cambio la mayor parte (un 93%) de la producción de metano vía fermentación entérica. **La actividad de engorde de terneros para producción de carne supone en su conjunto solamente un 0,36% de las emisiones totales de gases con efecto invernadero en España.**

Son varios los factores que explican la escasa contribución al incremento de las emisiones de CH_4 de los sistemas intensivos de cebo de terneros en España:

- La producción diaria de metano varía linealmente con el **peso metabólico del animal** (peso 0,75). De ahí que los sistemas intensivos, como es el caso

de la producción de terneros en nuestro país, en el que los animales se sacrifican a edades tempranas (9-14 meses), produzcan cerca de una tercera parte menos de metano (m^3/kg canal) que los sistemas que producen carne en base a pastos.

- Los terneros que se producen en nuestro país pertenecen a **razas altamente productivas**, lo que significa que consumen una mayor cantidad de alimento. Como resultado, aumenta la velocidad de tránsito de alimento en el aparato digestivo y éste permanece menos tiempo en contacto con los microorganismos ruminales, disminuye su fermentación, se reduce la relación acético/propiónico y, por consiguiente, las emisiones de metano por el animal.
- Otro factor a tener muy en cuenta es la **relación forraje/concentrado de las raciones alimenticias**. Los terneros de engorde en el sistema de producción español reciben una dieta rica en concentrados. El resultado final es un cambio en el pH ruminal que conlleva la disminución de la concentración de hidrógeno y de bacterias metanogénicas, con la consiguiente disminución de la producción de metano. Los valores medios de emisión de metano con raciones ricas en concentrado se encuentran entre un tercio y la mitad de las que se observan con raciones forrajeras.

- También el **tipo de concentrado** que se emplee en la ración es importante. Los sistemas de cebo intensivo en nuestro país se basan en el uso de cereales, que suponen hasta un 60% de los ingredientes de la ración. El maíz se encuentra en cantidades apreciables en el pienso y se ha comprobado que, al tener una relación similar de endospermo harinoso y córneo, disminuye su fermentación en el rumen y, por tanto, las emisiones de metano con respecto a los granos con predominio del endospermo harinoso (trigo/cebada). Existen estudios que demuestran que la sustitución de cebada por maíz puede reducir hasta en un 30% la producción de metano.
- Igualmente influye la **calidad de los forrajes** empleados. Las fuentes de fibra muy lignificadas (como la paja, que se administra al ternero a razón de 0,5 - 1 kg/día, y supone un 10% de su ración diaria) implican una menor tasa de fermentación ruminal que el uso de fuentes de fibra poco lignificadas y más comunes en otras sistemas de producción (pulpa de remolacha, cascarilla de soja o forrajes jóvenes de alta calidad). El resultado es de nuevo una menor producción de metano por parte de los terneros en este tipo de producciones.



Referencias

35

Animut, G., Puchala, R., Goetsch, A.L., Patra, A.K., Sahl, T., Varel, V.H., Wells, J. 2008a. Methane emission by goats consuming diets with different levels of condensed tannins from lespedeza. *Animal Feed Science and Technology* 144, 212-227.

Animut, G., Puchala, R., Goetsch, A.L., Patra, A.K., Sahl, T., Varel, V.H., Wells, J. 2008b. Methane emission by goats consuming different sources of condensed tannins. *Animal Feed Science and Technology* 144, 228-241.

Asanuma, N., Iwamoto, M., Hino, T. 1999. Effect of the addition of fumarate on methane production by ruminal microorganism in vitro. *Journal Dairy Science* 82, 780-787.

Bacha, F. 1999. Nutrición del ternero neonato. En: XV Curso de Especialización FEDNA. pp. 279-301.

Bacha, F., Llanes, N., Bueno, E. 2005. Alimentación de terneros en ausencia de promotores de crecimiento de tipo antibiótico: control de timpanismo y acidosis. En: XXI Curso de Especialización FEDNA. pp. 133-158.

Beauchemin, K. A., McGinn, S. M. 2005. Methane emissions from feedlot cattle fed barley or corn diets. *Journal of Animal Science*, 83, 653-661.

Beauchemin, K. A., McGinn, S. M. 2006a. Effects of various feed additives on the methane emissions from beef cattle. *International Congress Series* 1293, 152-155.

Beauchemin, K. A., McGinn, S. M. 2006b. Methane emissions from beef cattle: Effects of fumaric acid, essential oil, and canola oil. *Journal Animal Science* 84, 1489-1496.

Blaxter, K. L. 1964. *Metabolismo Energético de los Rumiantes*. Ed. Acribia, Zaragoza. 314 pp.

Blaxter, K. L., Clapperton, J. L. 1965. Prediction of the amount of methane produced by ruminants. *British Journal of Nutrition*, 19, 511-522.

Caja, G., González, E., Flores, C., Carro, M.D., Albanell, E. 2003. Alternativas a los antibióticos de uso alimentario en rumiantes: probióticos, enzimas y ácidos orgánicos. XIX Curso de Especialización FEDNA. pp. 1183-214.

Calsamiglia, S., Castillejos, L., Busquet, M. 2005. Estrategias nutricionales para modificar la fermentación ruminal en vacuno lechero. XXI Curso de Especialización FEDNA. pp. 161-185.

Carro, M. D., López, S., Valdés, C., Ovejero, F. J. 1999. Effect of DL-malate on mixed ruminal microorganism fermentation using the rumen simulation technique (RUSITEC). *Animal Feed Science and Technology* 79, 279-288.

Carro, M. D., Ranilla, M. J. 2003. Effect of the addition of malate on in vitro rumen fermentation of cereal grains. *British Journal of Nutrition* 89, 181-188.

Carulla, J.E., Kreuzer, M., Machmuller, A., Hess, H.D. 2005. Supplementation of Acacia mearnsii tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Australian Journal of Agricultural Research* 56, 961-970.

Czerkawski, J.W. (1986) An introduction to rumen studies, 236 pp. Pergamon Press Ltd., Oxford.

Chatellier, V., Vérité, R. 2003. L'élevage bovin et l'environnement en France: le diagnostic justifie-t-il des alternatives techniques? *INRA Productions Animales*, 16, 231-249.

Demeyer, D. I., Van Nevel, C. J., Henderickx, H. K., Martin, J. 1969. The effect of unsaturated fatty acids upon methane and propionic acid in the rumen. In: *Energy Metabolism of Farm Animals*. K.L. Blaxter, J. Kielanowski, G. Thorbek (Eds). European Association for Animal Production. No. 12, 139-147.

Ellis, J. L., Kebreab, E., Odongo, N. E., McBride, B. W., Okine, E. K., France, J. 2007. Prediction of methane production from dairy and beef cattle. *Journal of Dairy Science*, 90, 3456-3466.

Estermann, B. L., Sutter, F., Schlegel, P. O., Erdin, D., Wettstein, H. R., Kreuzer, M. 2002. Effect of calf age and dam breed on intake, energy expenditure, and excretion of nitrogen, phosphorus, and methane of beef cows with calves. *Journal Animal Science* 80, 1124-1134.

García-Rebollar, P., Bacha, F. y Jimeno, V. 2008. Alimentación del ternero en sistemas intensivos de cebo. 'Producción de ganado vacuno de carne y tipos comerciales en España'. C. Sañudo, V. Jimeno, M. Cervino (ed) pp 75-88. Ed. Schering-Plough.

Giger-Reverdin, S., Morand-Fehr, P., Tran, G. 2003. Literature survey of the influence of dietary fat composition on methane production in dairy cattle. *Livestock Production Science* 82, 73-79.

Hacala. 2006. Les ruminants et le réchauffement climatique. Institut de l'Elevage Adame. Octobre. 141 pp.

Harper, L. A., Denmead, O. T., Freney, J. R., Byers, F. M. 1999. Direct measurements of methane emissions from grazing and feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 77, 1392-1401.

Hess, H.D., Monsalve, L.M., Lascano, C.E., Carulla, J.E., Diaz, T.E., Dreuzer, M. 2003. Supplementation of a tropical grass diet with forage legumes and Sapindus saponaria fruits: effects on in vitro ruminal nitrogen turnover and methanogenesis. *Australian Journal of Agricultural Research* 54, 703-713.

Holter, J. B., Young, J. 1992. Methane prediction in dry and lactating Holstein Cows, Nutrition, Feeding, and Calves. *Journal of Dairy Science*, 75, 2165-2175.

INRA. 1978. Alimentation des Ruminants. Ed. INRA Publications, Versailles, Francia. 597 pp.

INRA. 1981. Alimentación de los Rumiantes. Ed. Mundi Prensa, Madrid. 697 pp.

INRA. 2007. Alimentation des bovins, ovins et caprins. Ed. Quae, Versailles, 307 pp.

IPCC. 2006. Emissions from Livestock and Manure Management. In: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse gas Inventories. Volume 4: Agriculture, Forestry and other Land Use. Hayama (Kanagawa), Japan, pp. 87.

Johnson, D. E., Abo-Omar, J. S., Saa, C. F., Carmean, B. R. 1994. Persistence of methane suppression by propionate enhancers in cattle diets. In: *Energy metabolism of Farm Animals*. EAAP Publication 76, 339-342.

Estudio de la repercusión de la producción de vacuno de carne en la emisión de gases con efecto invernadero

37

Johnson, K. A., Johnson, D. E. 1995. Methane Emissions from Cattle. *Journal of Animal Science*, 73, 2483-2492.

Johnson, K. A., Johnson, D. E. 2006. Greenhouse gas inventories from animal agriculture for the United States. *International Congress Series* 1293, 21-28.

Jordan, E., Kenny, D., Hawkins, M., Malone, R., Lovett, D. K., O'Mara, F. P. 2006. Effect of refined soy oil or whole soybeans on intake, methane output, and performance of young bulls. *Journal Animal Science* 84, 2418-2425.

Jordan, E., Lovett, D. K., Monahan, F. J., Callan, J., Flynn, B., O'Mara, F. P. 2006. Effect of refined coconut oil or copra meal on methane output and on intake and performance of beef heifers. *Journal Animal Science* 84, 162-170.

Kay, M. (1979) Forages or cereals for economic beef production. En 'European Congress for improved beef productivity'.

Khalil, N. A. K., Rasmussen, R. A., Moraes, F. 1993. Atmospheric methane at Cape Meares: analysis of a high-resolution data base and its environmental implications. *J. Geophys. Res.* 98, 14753.

Kirchgeßner, M., Windisch, W., Müller, H. L. 1994. Methane release from dairy cows and pigs. In: *Energy metabolism of Farm Animals*. EAAP Publication 76, 399-402.

Kirkpatrick, D. E., Steen, R. W. J., Unsworth, E. F. 1997. The effect of differing forage: concentrate ratio and restricting feed intake on the energy and nitrogen utilization by beef cattle. *Livestock Production Science* 51, 151-164.

Kreuzer, M., Hindrichsen, I. K. 2006. Methane mitigation in ruminants by dietary means: The role of their methane emission from manure. *International Congress Series* 1293, 199-208.

Lana, R. P., Russell, J. B., Van Amburgh, M. E. 1998. The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia production. *Journal Animal Science* 76, 2190-2196.

Lassey, K. R. 2007. Livestock methane emission: From the individual grazing animal through national inventories to the global methane cycle. *Agricultural and Forest Micrometeorology*, 124, 120-132.

Lovett, D., Lovell, S., Stack, L., Callan, J., Finaly, M., Conolly, J., O'Mara, F. P. 2003. Effect of forage/concentrate ratio and dietary coconut oil level on methane output and performance of finishing beef heifers. *Livestock Production Science* 84, 135-146.

Lovett, D. K., Stack, L. J., Lovell, S., Callan, J., Flynn, B., Hawkins, M., O'Mara, F. P. 2004. Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. *Journal Dairy Science* 88, 2836-2842.

Lovett, D. K., Stack, L. J., Lovell, S., Callan, J., Flynn, B., Hawkins, M., O'Mara, F. P. 2005. Manipulating enteric methane emissions and animal performance of late-lactation dairy cows through concentrate supplementation at pasture. *Journal Dairy Science* 88, 2836-2842.

Machmüller, A., Clark, H. 2006. First results of a meta-analysis of the methane emission data of New Zealand ruminants. *International Congress Series* 1293, 54-57.

Martin, S., Seeland, G. 1999. Effects of specialisation in cattle production on ecologically harmful emissions. *Livestock Production Science* 61, 171-178.

McGinn, S. M., Beauchemin, K. A., Coates, T., Colombatto, D. 2004. Methane emissions from beef cattle: effects of monensin, sunflower oil, enzymes, yeast, and fumaric acid. *Journal Animal Science* 82, 3346-3356.

Ministerio de Medio Ambiente. (2007a). Inventario de emisiones de gases de efecto invernadero de España. Años 1990-2005. Comunicación a la Comisión Europea. Decisiones 280/2004/CE y 2005/166/CE. Ministerio de Medio Ambiente. pp. 330. Madrid, Spain.

Ministerio de Medio Ambiente. (2007b). Inventario de gases de efecto invernadero de España. Edición 2007 (Serie 1990-2005). Sumario de resultados. Ministerio de Medio Ambiente. pp. 30. Madrid, Spain.

Moe, P. W., Tyrrell, H. F. 1979. Methane Production in Dairy-Cows. *Journal of Dairy Science* 62, 1583-1586.

Moss, A. R., Givens, D. I., Garnsworthy, P. C. 1995. The effect of supplementing grass silage with barley on digestibility, in sacco degradability, rumen fermentation and methane production in sheep at two levels on intake. *Animal Feed Science and Technology* 55, 9-33.

Moss, A. R., Jouany, J. P., Newbold, J. 2000. Methane production by ruminants: its contribution to global warming. *Annales de Zootechnie*, 49, 231-253.

Nkrumah, J. D., Okine, E. K., Mathison, G. W., Schmid, K., Li, C., Basarab, J. A., Price, M. A., Wang, Z., Moore, S. S. 2006. Relationships of feedlot feed efficiency, performance, and feeding behaviour with metabolic rate, methane production, and energy partitioning in beef cattle. *Journal Animal Science* 84, 145-153.

NRC 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy Press. Washington, D.C. 381 pp.

Oldham, J. D., Buttery, P. J., Swan, H., Lewis, D. 1977. Interactions between dietary carbohydrate and nitrogen and digestion in sheep. *Journal Agricultural Science* 89, 467.

Puchala, R., Min, B.R., Goetsch, A.L., Sahl, T. 2005. The effect of a condensed tannin-containing forage on methane emission by goats. *Journal of Animal Science* 83, 182-186.

Rhode, H. 1990. A comparison of the contribution of various gases to the greenhouse effect. *Science*, 249, 1217.

Sauer, F. D., Fellner, V., Kinsman, R., Kramer, J. K. G., Jackson, H. A., Lee, A. J., Chen, S. 1998. Methane output and lactation response in Holstein cattle with monensin or unsaturated fat added to the diet. *Journal Animal Science* 76, 906-914.

Sauvant, D., Perez, J. M., Tran, G. 2004. Tablas de composición y de valor nutritivo de las materias primas destinadas a los animales de interés ganadero. INRA. Ediciones Mundi Prensa, Madrid. 310 pp.

Soussana, J. F., Loiseau, P., Vuichard, N., Ceschia, E., Balesdent, J., Chevallier, T., Arrouays, D. 2004. Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. *Soil Use and Management* 20, 219-230.

UPV (2006). Metodología para la estimación de las emisiones a la atmósfera del sector agrario para el Inventario Nacional de Emisiones. Ministerio de Medio Ambiente. 132 pp.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. 2ª Ed. Comstock. Cornell University Press. 476 pp.

Vermorel, M. 1995. Emissions annuelles de méthane d'origine digestive par les bovins en France. Variations selon le type d'animal et le niveau de production. *INRA Productions Animales*, 8 (4), 265-272.

Wilkerson, V. A., Casper, D. P., Mertens, D. R. 1995. The prediction of methane production of Holstein cows by several equations. *Journal of Dairy Science*, 78, 2402-2414.

Yan, T., Agnew, R. E., Gordon, F. J., Porter, M. G. 2000. Prediction of methane energy output in dairy and beef cattle offered grass silage-based diets. *Livestock Production Science*, 64, 253-263.

Zhang, C. M., Guo, Y. Q., Yuan, Z. P., Wu, Y. M., Wang, J. K., Liu, J. X., Zhu, W. Y. 2008. Effect of octadeca carbon fatty acids on microbial fermentation, methanogenesis and microbial flora in vitro. *Animal Feed Science and Technology*, doi: 10.1016/j.anifeedsci.2008.01.005.



Con la colaboración de:



Salud Animal

